



ANALISIS VARIASI *SIDE RAKE ANGLE* DAN *SIDE CLEARANCE ANGLE* TERHADAP UMUR PAHAT HSS PADA PROSES BUBUT BAJA ST 42

SKRIPSI

Oleh

Arif Setia Pamuji

NIM 131910101006

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018



ANALISIS VARIASI *SIDE RAKE ANGLE* DAN *SIDE CLEARANCE ANGLE* TERHADAP UMUR PAHAT HSS PADA PROSES BUBUT BAJA ST 42

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Mesin dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Arif Setia Pamuji

NIM 131910101006

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

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap 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. Ibu dan ayah yang telah memberikan segalanya, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dan semoga kelak saya dapat menggantikannya dengan kebahagiaan.
2. Seluruh anggota keluarga yang sudah membantu dan mendoakan sampai tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Guru-guru dan teman-temanku mulai dari TK, SD, SMP, SMK, dan Dosen Perguruan Tinggi atas semua ilmu yang telah diberikan.
4. Para sahabat yang telah menjadi salah satu alasan untuk mencapai semua ini.
5. Rekan-rekan di Jurusan Teknik Mesin terutama angkatan 2013 yang telah memberikan motivasi, dukungan, kritikan dan doa'nya. "Solidarity Forever".

MOTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa yang ada pada diri mereka.”

(terjemahan Surat Ar-Ra'd ayat 11)

“Selalu berusaha, kerjakan apa yang menjadi bagianmu, dan jangan ikut campur dengan apa yang menjadi bagian tuhanmu”

“Banyak orang yang kurang beruntung diluar sana, jika menyerah menghentikan langkah ini, maka kita adalah seorang pengecut yang tidak lebih baik dari mereka”

“Jika kita mempunyai keinginan yang kuat dari dalam hati maka seluruh semesta akan bahu-membahu untuk mewujudkannya”

(Ir. Soekarno)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arif Setia Pamuji

NIM : 131910101006

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Variasi *Side Rake Angle* dan *Side Clearance Angle* Terhadap Umur Pahat HSS Pada Proses Bubut Baja ST 42” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 06 Februari 2018
Yang Menyatakan,

Arif Setia Pamuji
NIM 131910101006

SKRIPSI

**ANALISIS VARIASI *SIDE RAKE ANGLE* DAN *SIDE CLEARANCE ANGLE* TERHADAP UMUR PAHAT
HSS PADA PROSES BUBUT BAJA ST 42**

Oleh

Arif Setia Pamuji
NIM 131910101006

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Ahmad Syuhri, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Gaguk Jatisukanto, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Variasi *Side Rake Angle* dan *Side Clearance Angle* Terhadap Umur Pahat HSS Pada Proses Bubut Baja St 42” karya Arif Setia Pamuji telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 01 Februari 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.

NIP 19670123 199702 1 001

Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T.

NIP 19690209 199802 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

NIP 19681207 199512 1 002

Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T.

NIP 19670924 199412 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M

NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

ANALISIS VARIASI *SIDE RAKE ANGLE* DAN *SIDE CLEARANCE ANGLE* TERHADAP UMUR PAHAT HSS PADA PROSES BUBUT BAJA ST 42

Arif Setia Pamuji, 131910101006; 2018; 49 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Proses pemesinan bubut merupakan proses pengurangan diameter benda kerja dengan menggunakan pahat potong untuk menghasilkan bentuk benda kerja pada mesin bubut, terdapat berbagai macam jenis pahat potong pada pemesinan bubut diantaranya adalah pahat bubut jenis karbida, keramik, CBN, dan *insert*. Selain itu juga terdapat jenis pahat konvensional lainnya pada proses bubut, salah satunya adalah pahat jenis *high speed steel* (HSS), pahat ini banyak digunakan pada proses produksi konvensional karena selain harganya murah juga mudah dalam pengasahan.

Geometri pada pahat harus dipilih dengan benar disesuaikan dengan jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi pemotongan, sehingga satu atau beberapa target pemesinan dapat tercapai. Beberapa tujuan ini antara lain, tingginya umur pahat, rendahnya gaya atau daya pemotongan, halusnya permukaan dan geometri ketelitian produk.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui umur pahat yang optimum yang diperoleh dari jenis pahat dan geometri sudut pahat yang sesuai dengan karakteristik benda kerja pada saat proses pemesinan, setiap material benda kerja memiliki tingkat kekerasan yang berbeda-beda, oleh karena itu dibutuhkan pemilihan jenis pahat yang sesuai dengan benda kerja, variasi geometri pahat juga dibutuhkan untuk mengoptimalkan umur pada pahat, karena dengan menentukan geometri sudut pahat yang sesuai dengan benda kerja akan mengurangi tingginya temperatur pada saat proses pemesinan berlangsung, sudut pahat yang kurang diperhatikan pada proses pembubutan menjadi salah satu penyebab pendeknya umur pahat dan menyebabkan waktu pembubutan yang tidak efektif.

Hasil analisis umur pahat menunjukkan bahwa umur pahat tertinggi terdapat pada variasi *side rake angle* 25° dan *side clearance angle* 12° sebesar 457,088 menit, sedangkan untuk umur pahat terendah terletak pada variasi *side rake angle* 18° dan *side clearance* 8° sebesar 41,687 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa besar *side rake angle* dan *side clearance angle* mempengaruhi umur pahat. Semakin besar *side rake angle* dan *side clearance angle* maka umur pahat akan semakin tinggi.



SUMMARY

ANALYSIS OF SIDE RAKE ANGLE AND SIDE CLEARANCE ANGLE VARIATION TOWARD HSS TOOL LIFE IN STEEL ST 42 TURN MACHINERY

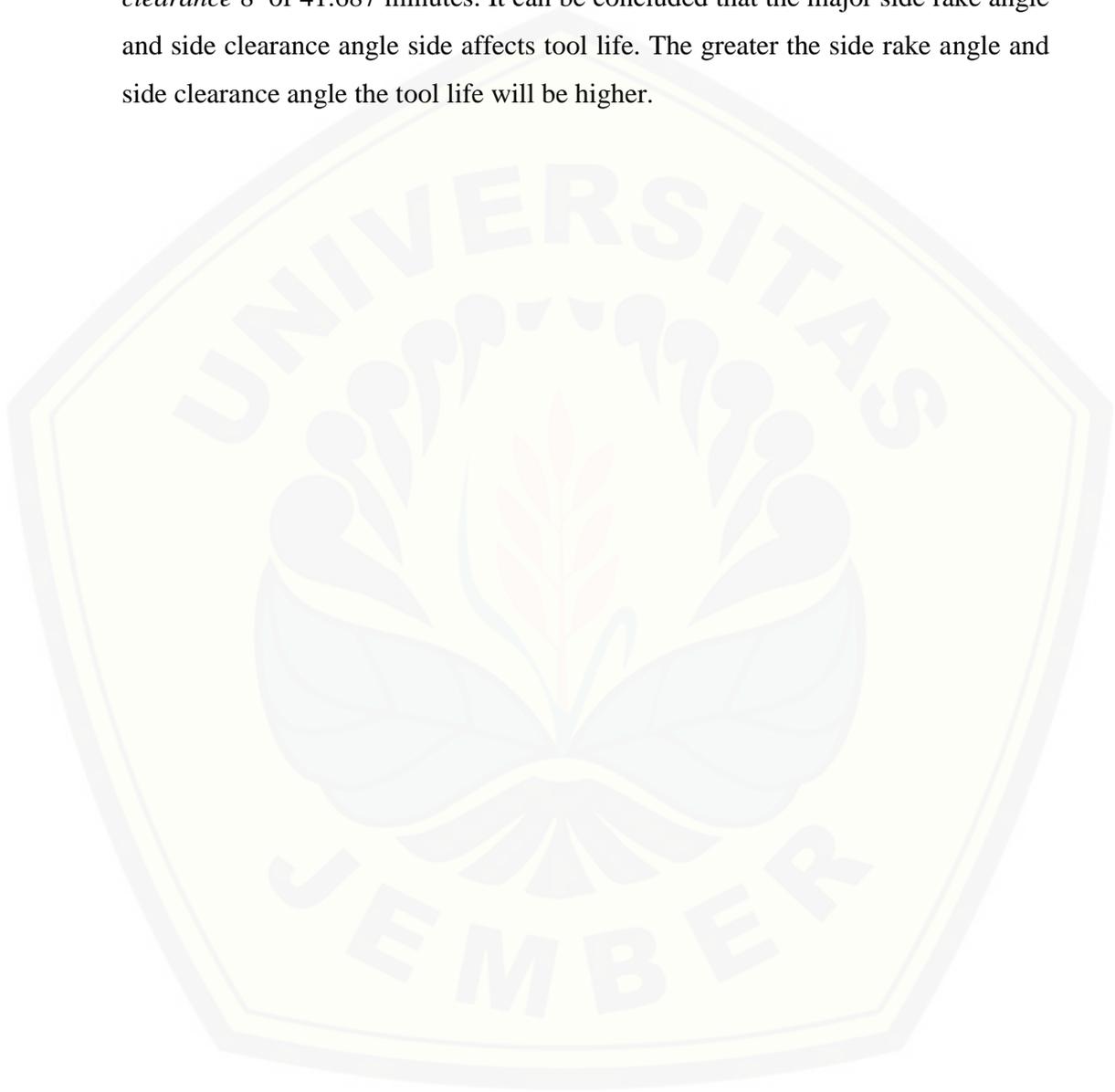
Arif Setia Pamuji, 131910101006; 2018; 49 pages; Departmen of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

Turning machining process is a process workpiece diameter reduction by using a chisel cut to produce the shape of the workpiece on a turning, there are various types of machining turning chisel pieces on the turning chisel types include carbide, ceramic, CBN, and *insert*. There are also other types of conventional chisel on a turning process, one of which is a turning type of *high speed steel* (HSS), the turning is widely used in conventional production processes for other than low cost is also easy to grinding.

Geometry on the chisel must have correctly adjusted to the type of workpiece material, cutting tool material and cutting conditions, so that one or more of the target machining can be achieved. Some of these objectives, among others, high tool life, low force or power cuts, smooth surface and geometry precision products.

The purpose of this study was to determine the tool life optimum derived from the type of cutting tool geometry and angle cutting tool in accordance with the characteristics of the workpiece during the machining process, each workpiece material hardness level that is different, hence the importance of choosing the type of chisel in accordance with the workpiece, the variation in the geometry of the chisel is also needed to optimize the life of the chisel, because they to define the geometry of the corner cutting tool in accordance with the work piece will reduce the high temperatures during the machining process progresses, corner chisel rather overlooked in the process of turning into one of the causes in short tool life and cause a turning ineffective.

The results of tool life analysis showed that the tool life is highest in the variation of *side rake angle* 25° and *side clearance angle* 12° of 457.088 minutes, while the lowest tool life lies in the variation of *side rake angle* 18° and *side clearance* 8° of 41.687 minutes. It can be concluded that the major side rake angle and side clearance angle side affects tool life. The greater the side rake angle and side clearance angle the tool life will be higher.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian sekaligus penyusunan skripsi yang berjudul “Analisis Variasi *Side Rake Angle* dan *Side Clearance Angle* Terhadap Umur Pahat HSS Pada Proses Bubut Baja St 42”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam penyelesaian pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam penulisan skripsi ini tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat, karunia dan hidayah-Nya dan Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun umat-Nya kejalan yang terang.
2. Orang tua tercinta, Ibu Paniti dan Ayahanda Kapiyani yang tidak pernah lelah berjuang dan memberikan semangat maupun nasehat untuk saya dapat menyelesaikan studi S1.
3. Keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan dan doa untuk saya.
4. Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. dan Bapak Dr. Gaguk Jatisukanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan kritik dan saran dalam proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. dan Bapak Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. yang telah memberikan kritik dan saran dalam proses penyusunan skripsi.
6. Seluruh dosen dan staf pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang telah memberikan ilmunya selama saya menempuh pendidikan. Semoga ilmu yang telah Bapak atau Ibu berikan menjadi manfaat bagi saya dan orang lain.

7. Teman satu penelitian “Umur Pahat” saya Dicki Yulian W, Akbar Eka P dan Ahmad Khoirul A yang saling percaya dan saling bahu-membahu dalam penelitian ini.
8. Teman-teman di Jurusan Teknik Mesin terutama angkatan 2013 yang telah memberikan motivasi, dukungan dan doa’nya.
9. Sahabat yang telah menemani hingga saat ini saya dapat menyelesaikan pendidikan S1 dan semoga persahabatan kita akan terus memberikan ukiran dalam hidup saya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena sempurna hanya milik Allah SWT. Harapan penulis adalah supaya informasi dari skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, 06 Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Proses Bubut	5
2.1.1 Bagian-Bagian Mesin Bubut.....	6
2.1.2 Gerakan Pada Mesin Bubut.....	8
2.1.3 Macam-Macam Pengerjaan	8

2.1.4 Parameter Yang Terdapat Pada Mesin Bubut	9
2.2 Pahat Bubut	10
2.2.1 Geometri Pahat Bubut	10
2.2.2 Optimasi Sudut Pahat Bubut	11
2.2.3 Material Pahat.....	12
2.2.4 Material St 42	13
2.3 Umur Pahat.....	14
2.3.1 Bidang Aktif Pahat Yang Mengalami Kerusakan Atau Keausan	14
2.3.2 Faktor yang Berpengaruh Terhadap Keausan	16
2.3.3 Mekanisme Keausan dan Kerusakan Pahat	17
2.3.4 Pertumbuhan Keausan.....	19
2.3.5 Umur Pahat.....	20
2.4 Hipotesis	24
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.2.1 Alat	23
3.2.2 Bahan.....	26
3.3 Variabel Penelitian	26
3.3.1 Variabel Bebas	26
3.3.1 Variabel Terikat.....	27
3.4 Langkah Penelitian.....	27
3.4.1 Objek Penelitian	27
3.4.2 Pengambilan Data	27
3.4.3 Pengujian Umur Pahat.....	29
3.4.4 Pengolahan Data.....	29
3.5 Diagram Alir	31
3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian	32

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	33
4.1.1 Bentuk Keausan Pahat.....	34
4.1.2 Perhitungan Umur Pahat	35
4.1.3 Analisis Umur Pahat.....	39
4.1.4 Analisis Umur Pahat Pada Side Clearance Angle dan Side Rake Angle.....	42
4.2 Pembahasan Umur Pahat	43
4.2.1 Pengaruh Side Rake Angle Terhadap Umur Pahat	43
4.2.2 Pengaruh Side Clearance Angle Terhadap Umur Pahat...	44
4.2.3 Pengaruh Side Clearance Angle dan Side Rake Angle Terhadap Umur Pahat.....	44

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan	46
5.1 Saran	47

DAFTAR PUSTAKA	48
-----------------------------	----

LAMPIRAN	50
-----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

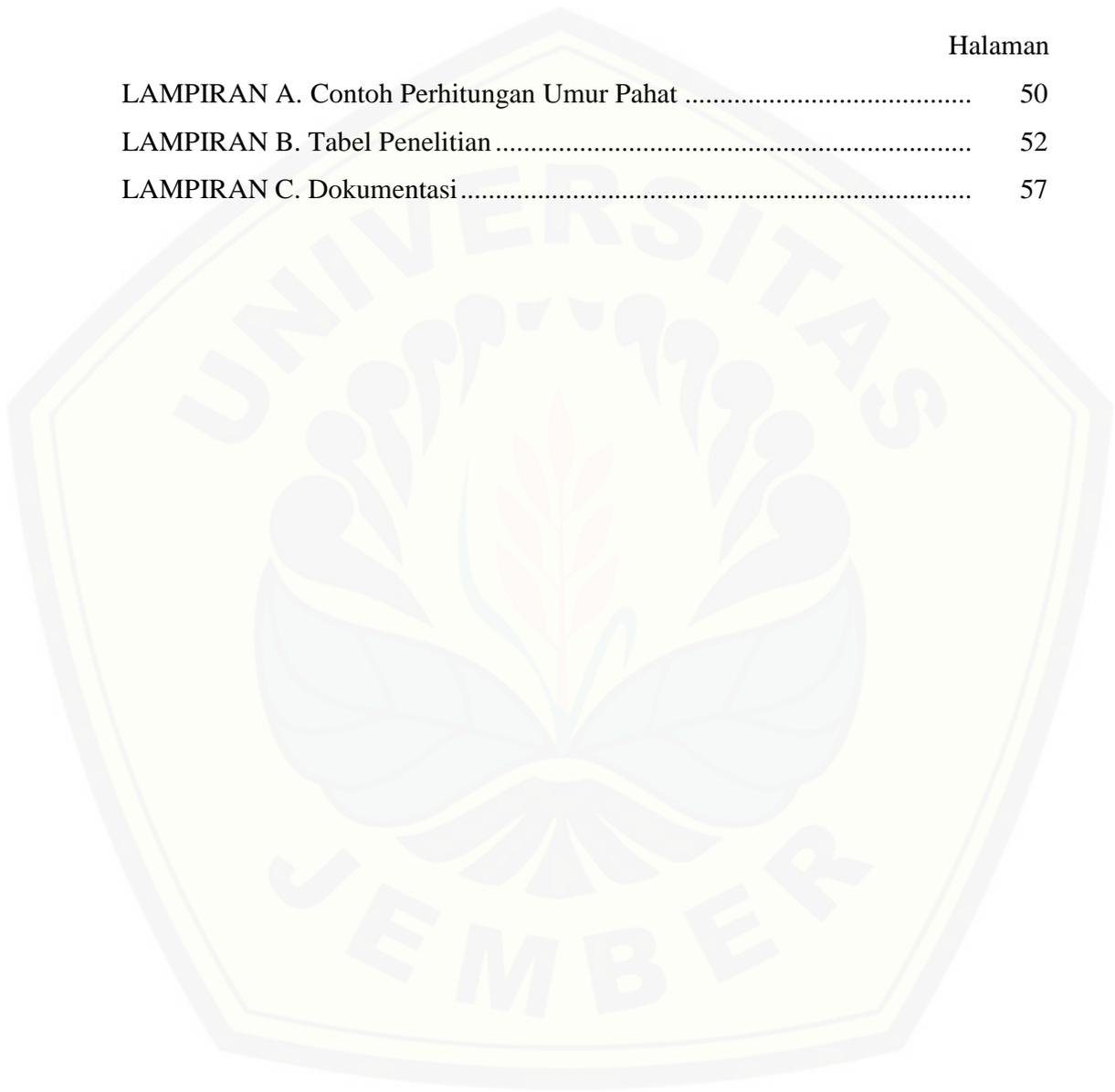
	Halaman
Gambar 2.1 (1) Proses Bubut Rata, (2) Bubut Permukaan dan (3) Bubut Tirus	5
Gambar 2.2 Bagian-Bagian Mesin Bubut	6
Gambar 2.3 Geometri Pahat	10
Gambar 2.4 Keausan Kawah.....	15
Gambar 2.5 Keausan Tepi.....	15
Gambar 2.6 Pertumbuhan Keausan Tepi Pahat Untuk Pemotongan Benda Kerja Dengan Kecepatan Potong Berbeda	19
Gambar 3.1 Mesin Bubut	23
Gambar 3.2 Mikroskop	24
Gambar 3.3 Pahat HSS.....	24
Gambar 3.4 Jangka Sorong	25
Gambar 3.5 Gerinda Duduk	25
Gambar 3.6 Benda Kerja.....	26
Gambar 3.7 Mikroskop	29
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1 Keausan Pahat Pada <i>Side Clearance Angle</i> 8° dan <i>Side Rake Angle</i> 18°	34
Gambar 4.2 Keausan Pahat Pada <i>Side Clearance Angle</i> 12° dan <i>Side Rake Angle</i> 25°	35
Gambar 4.3 Pengaruh <i>Side Clearance Angle</i> Terhadap Umur Pahat.....	37
Gambar 4.4 Pengaruh <i>Side Rake Angle</i> Terhadap Umur Pahat	38
Gambar 4.5 Grafik Probabilitas Normal Residual Untuk Umur Pahat.....	41
Gambar 4.6 Perbandingan Umur Pahat Pada <i>Side Clearance Angle</i> dan <i>Side Rake Angle</i>	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Contoh Batas Keausan Kritis	18
Tabel 2.2 Korelasi Antara m dan n untuk Beberapa Jenis Material Pahat.....	20
Tabel 2.3 Harga Pangkat Rata-rata p	21
Tabel 3.1 Penyajian Data	28
Tabel 3.2 Pengolahan Data	30
Tabel 3.3 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	32
Tabel 4.1 Data Keausan Pahat	33
Tabel 4.2 Data Umur Pahat.....	36
Tabel 4.3 Perbandingan Umur Pahat Pada Side Clearance Angle dan Side Rake Angle	39
Tabel 4.4 Hasil Analisis Regresi Berganda Umur Pahat	40
Tabel 4.5 Hasil Pemodelan Analysis Of Variance (ANOVA) Untuk Umur Pahat	40
Tabel 4.6 Hasil Analisis Persen Kontribusi Umur Pahat Pada Side Clearance Angle dan Side Rake Angle.....	42

LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A. Contoh Perhitungan Umur Pahat	50
LAMPIRAN B. Tabel Penelitian	52
LAMPIRAN C. Dokumentasi	57



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pemesinan bubut merupakan proses pengurangan diameter benda kerja dengan menggunakan pahat potong untuk menghasilkan bentuk benda kerja pada mesin bubut, terdapat berbagai macam jenis pahat potong pada pemesinan bubut diantaranya adalah pahat bubut jenis karbida, keramik, CBN, dan *insert*. Selain itu juga terdapat jenis pahat konvensional lainnya pada proses bubut, salah satunya adalah pahat jenis *high speed steel* (HSS), pahat ini banyak digunakan pada proses produksi konvensional karena selain harganya murah juga mudah dalam pengasahan.

Geometri pada pahat harus dipilih dengan benar disesuaikan dengan jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi pemotongan, sehingga satu atau beberapa target pemesinan dapat tercapai. Beberapa tujuan ini antara lain, tingginya umur pahat, rendahnya gaya atau daya pemotongan, halusnya permukaan dan geometri ketelitian produk. Seorang perencana harus mampu melihat memilih pahat, menentukan sudut-sudut yang sesuai supaya proses pemesinan dapat dioptimalkan (Rochim T, 2007).

Keausan pahat akan tumbuh atau membesar dengan bertambahnya waktu pemotongan sampai pada suatu saat pahat yang bersangkutan dianggap tidak dapat digunakan lagi karena telah ada tanda-tanda tertentu yang menunjukkan bahwa umur pahat telah habis. Karena keausan merupakan faktor yang menentukan umur pahat, pertumbuhannya perlu ditinjau dengan memperhatikan faktor utama atau dominan mengenai mekanisme keausan. Umur pahat juga dapat dipengaruhi dari berbagai faktor diantaranya jenis material benda kerja dan pahat, kondisi pemotongan (kecepatan potong, kedalaman potong dan gerak makan), cairan pendingin dan jenis proses pemesinan (proses bubut, freis, gurdi dan sebagainya). Dalam berbagai situasi seperti ini proses pemesinan tidak akan berlangsung terus-menerus sesuai dengan yang dikehendaki karena makin lama pahat akan menunjukkan tanda-tanda yang menjurus kepada kegagalan proses pemesinan (Rochim T, 2007).

Umur pahat yang optimum diperoleh dari jenis pahat dan geometri sudut pahat yang sesuai dengan karakteristik benda kerja pada saat proses pemesinan, setiap material benda kerja memiliki tingkat kekerasan yang berbeda-beda, oleh karena itu dibutuhkan pemilihan jenis pahat yang sesuai dengan benda kerja, variasi geometri pahat juga dibutuhkan untuk mengoptimalkan umur pada pahat, karena dengan menentukan geometri sudut pahat yang sesuai dengan benda kerja akan mengurangi tingginya temperatur pada saat proses pemesinan berlangsung, sudut pahat yang kurang diperhatikan pada proses pembubutan menjadi salah satu penyebab pendeknya umur pahat dan menyebabkan waktu pembubutan yang tidak efektif, karena ketika terjadi keausan pahat harus diganti atau diasah, semua itu untuk menjaga agar hasil produk yang dihasilkan sesuai dengan harapan.

Dari survei yang dilakukan dari salah satu bengkel bubut di daerah Banyuwangi bahwasannya pahat HSS yang mereka pakai tidak memiliki data spesifikasi yang jelas seperti komposisi kimia, harga yang bervariasi dan beberapa jenis (merek dagang) yang memiliki karakteristik yang berbeda, hanya tercantum dimensi pahat HSS dengan ukuran 4"x1/2"x1/2". Jadi bengkel tersebut sulit untuk menentukan pemakaian pahat dengan jenis material benda kerja untuk menghasilkan umur pahat yang optimal. Selain itu juga geometri sudut pahat sering tidak diperhatikan seperti pemakaian besar sudut *side rake angle* yang selalu berubah setiap pengasahan yang rata-rata bernilai 15°, pemakaian sudut *side clearance angle* juga sama yang rata-rata bernilai 13°. Sedangkan untuk mencapai umur pahat yang optimal diperlukan data besar sudut pahat yang tepat sesuai dengan jenis pahat dan material benda kerja.

Usaha yang dapat dilakukan untuk membantu para pemilik industri bengkel bubut dalam skala kecil untuk mendapatkan informasi tentang karakteristik pahat HSS adalah dengan mengetahui umur pahat. Oleh karena itu penelitian ini akan dilakukan untuk menganalisa umur pahat HSS dengan memvariasikan kecepatan putar *spindle*, kecepatan gerak makan, sudut pahat *side rake angle* dan *side clearance angle*. Variasi sudut pahat *side rake angle* yang akan digunakan adalah

18°, 22° dan 25°, sedangkan untuk sudut pahat *side clearance angle* yang digunakan adalah 8°, 10° dan 12°.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh *side rake angle* dan *side clearance angle* secara simultan terhadap umur pahat pada proses bubut baja St 42.
2. Bagaimana pengaruh *side rake angle* secara parsial terhadap umur pahat pada proses bubut baja St 42.
3. Bagaimana pengaruh *side clearance angle* secara parsial terhadap umur pahat pada proses bubut baja St 42.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan dan menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini akan diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini tidak membahas tentang besar temperatur yang terjadi saat proses pembubutan.
2. Pada penelitian ini tidak membahas tentang besar gaya dan daya yang terjadi saat proses pembubutan.

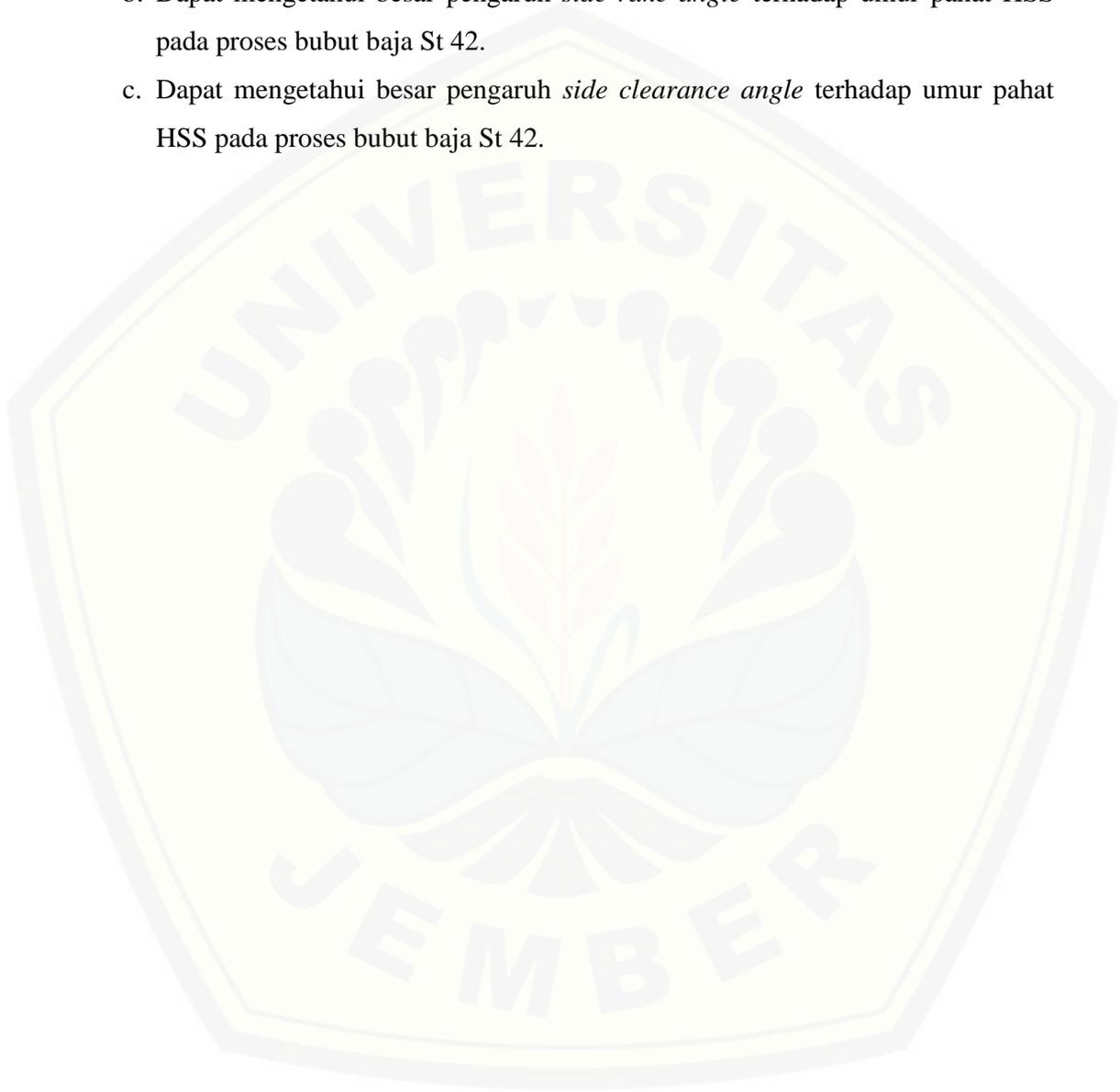
1.4 Tujuan dan manfaat

1.4.1 Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengetahui umur pahat HSS dengan variasi *side rake angle* dan *side clearance angle* pada proses bubut baja St 42.
- b. Untuk mengetahui besar pengaruh *side rake angle* terhadap umur pahat *high speed steel* (HSS).
- c. Untuk mengetahui besar pengaruh *side clearance angle* terhadap umur pahat *high speed steel* (HSS).

1.4.2 Manfaat Penelitian

- a. Dapat mengetahui umur pahat HSS dengan variasi *side rake angle* dan *side clearance angle* pada pembubutan baja St 42.
- b. Dapat mengetahui besar pengaruh *side rake angle* terhadap umur pahat HSS pada proses bubut baja St 42.
- c. Dapat mengetahui besar pengaruh *side clearance angle* terhadap umur pahat HSS pada proses bubut baja St 42.

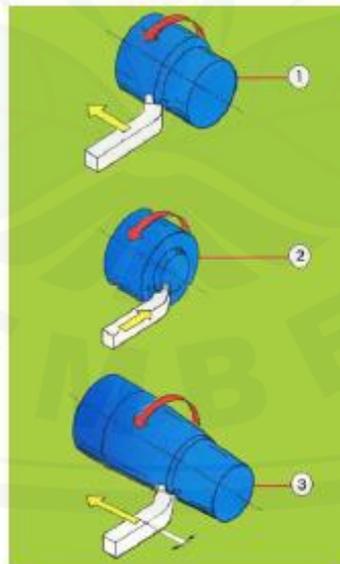


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Bubut

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan Mesin Bubut. Prinsip dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris atau bubut rata. Proses bubut permukaan (*surface turning*) adalah proses bubut yang identik dengan proses bubut rata, tetapi arah gerakan pemakanan tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. Proses bubut tirus sebenarnya identik dengan proses bubut rata, hanya jalannya pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. Demikian juga proses bubut alur, dilakukan dengan cara bervariasi kedalaman potong, sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan.

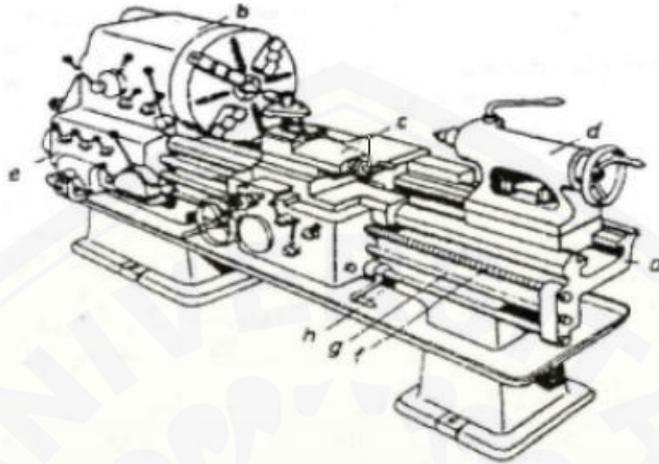
Walaupun proses bubut secara khusus menggunakan pahat bermata potong tunggal, tetapi proses bubut bermata potong jamak tetap termasuk proses bubut juga, karena pada dasarnya setiap pahat bekerja sendiri-sendiri. Selain itu proses pengaturan pahalanya tetap dilakukan satu persatu (Widarto, dkk, 2008).



Gambar 2.1 (1) Proses bubut rata, (2) bubut permukaan dan (3) bubut tirus (Widarto, dkk, 2008).

2.1.1 Bagian-Bagian Mesin Bubut

Berikut bagian-bagian yang terdapat pada mesin bubut :



Gambar 2.2 Bagian-Bagian Mesin Bubut

Keterangan bagian-bagian pada mesin bubut :

a. Weys

yaitu sebuah balok berbentuk rangka dengan tahanan yang besar terhadap puntiran, ditumpu oleh dua kaki berbentuk rangka.

b. Head stock

Bagian mesin terdiri dari motor penggerak dan transmisinya untuk menggerakkan *spindle* mesin.

c. Coumpound rest

Adalah eretan untuk menggerakkan pahat yang dapat diputar membentuk sudut tertentu.

d. Tail stock

Digunakan untuk mendukung pekerjaan yang akan dipasang diantara dua senter, tempat kedudukan *bor hower* atau pemegang bor.

e. Feed change gear box

Handle untuk merubah posisi gear sesuai rasio yang diinginkan sehingga didapat putaran mesin yang diinginkan.

f. *Lead screw*

Fungsinya untuk pembuatan ulir (penguliran) bagian ini memindahkan gerakan pemakanan pembuatan ulir dan memanjang sepanjang lintasan.

g. *Feed rod*

Fungsinya untuk pembubutan otomatis yang mengubah gerakan putaran menjadi gerak lurus.

h. Alat penghubung

Adalah *shaf* untuk menghubungkan handle penggerak yang berhubungan dengan *gear box* dan motor penggerak sehingga ketika *handle* pada posisi aktif maka *spindle* akan berputar.

i. *Chuck* (pencekam)

Fungsinya untuk mencekam benda kerja dan mengatur posisi benda kerja terhadap kepala tetap. Ada beberapa macam jenis chuck yaitu :

1. *Chuck* 2 rahang digunakan untuk benda kerja berbentuk plat, pada jenis ini kedua rahangnya bersamaan saat *disetting*.
2. *Chuck* 3 rahang digunakan untuk benda kerja silinder, jika rahang satu digerakkan yang lain akan ikut bergerak.
3. *Chuck* 4 rahang digunakan untuk benda kerja dengan bentuk tidak beraturan, jika yang satu digerakkan yang lain tidak ikut bergerak.
4. *Chuck* magnetik digunakan untuk benda kerja tipis dengan menggunakan sifat magnetik saat proses berlangsung.

j. *Spindle*

Fungsinya mengatur posisi penempatan benda kerja dipasang agar mampu menunjang operasi pemesinan.

k. *Tool post*

Fungsinya untuk tempat pahat, dapat mengatur ketinggian senter pahat dan mengunci kedudukannya saat proses pembubutan berlangsung. Selain itu juga mengatur sudut pemakanan benda saat membuat *chamfer* dan tirus.

l. *Center lathe*

Berfungsi untuk menentukan titik tengah diameter mata bor terhadap benda kerja.

m. Carriage

Untuk mengatur perkakas dalam mengerjakan atau memproses benda kerja pada operasi tertentu. Merupakan tempat *tool post* merubah gerakan *feed read* dan *lead screw* menjadi gerakan lurus dan melintang.

n. Kepala tetap

Menempatkan dan memutar benda kerja sesuai kecepatan yang dikehendaki, bersifat statis dan pada bagian terdapat gigi ulir penggerak, pengatur kecepatan serta peralatan pendukung penempatan benda kerja.

2.1.2 Gerakan Pada Mesin Bubut

Mesin bubut merupakan salah satu mesin perkakas yang berfungsi untuk mengurangi dimensi benda kerja dengan penyayatan, dimana benda kerja dijepit pada sebuah cekam yang berputar. Pada mesin bubut terdapat beberapa gerakan utama antara lain :

a. Main Motion

Merupakan gerakan berputarnya benda kerja pada *chuck*.

b. Feed Motion

Merupakan gerakan majunya pahat ke arah membujur pada proses *turning*.

c. Adjusting Motion

Merupakan gerakan majunya pahat atau gerakan pemakanan yang dilakukan pahat dan terdapat pada gerakan melintang (*depth of cut*).

2.1.3 Macam-Macam Pengerjaan

Beberapa proses pemesinan yang dapat dilakukan oleh mesin bubut yaitu pembubutan dalam (*internal turning*), proses pembubutan lubang dengan menggunakan mata bor (*drilling*), memperbesar lubang (*boring*), pembuatan ulir (*thread cutting*) dan pembubutan alur (*grooving/parting-off*). Proses pembubutan tersebut dilakukan dengan tambahan peralatan lain agar proses pemesinan dapat dilakukan.

2.1.4 Parameter yang Terdapat pada Mesin Bubut

Terdapat beberapa parameter yang dapat diatur pada mesin bubut diantaranya adalah kecepatan putar spindle, gerak pemakanan dan kedalaman pemakanan. Terdapat faktor lain yang dapat diatur pada saat proses pemesinan seperti jenis material benda kerja dan pahat potong.

a. Kecepatan Putar Spindle

Kecepatan putar spindle berhubungan dengan sumbu utama dan benda kerja. Pada saat proses pemesinan berlangsung yang lebih diutamakan adalah kecepatan potong (*cutting speed*). Kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja yang dikalikan dengan kecepatan putar.

$$C_s = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

Keterangan:

C_s = kecepatan putar *spindle* (m/menit)

n = putaran poros utama (rpm)

D = diameter benda kerja (mm)

$1/1000$ = didapat dari 1mm = 1/1000 m

b. Gerak Makan

Gerak makan merupakan jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali. Jenis material benda kerja, material pahat, geometri pahat dan kehalusan benda kerja menjadi ukuran besar kecilnya gerak makan yang digunakan.

c. Kedalaman Pemakanan

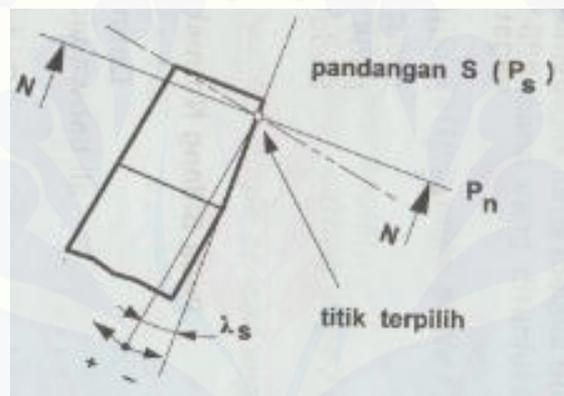
Kedalaman pemakanan atau juga biasa disebut *depth of cut* adalah tebal benda kerja yang terpotong saat proses pemesinan atau juga dapat didefinisikan jarak antara permukaan yang belum terpotong dengan permukaan yang sudah terpotong.

2.2 Pahat Bubut

Pahat bubut merupakan salah satu alat potong yang diperlukan pada proses pembubutan untuk membuat benda kerja dengan berbagai bentuk seperti untuk membubut permukaan, rata, bertingkat, alur, chamfer, tirus dan ulir.

2.2.1 Geometri Pahat Bubut

Pahat bubut merupakan salah satu alat pada mesin bubut yang digunakan untuk menyayat benda kerja saat proses pembubutan, terdapat berbagai macam jenis pahat pada mesin bubut diantaranya adalah pahat alur, ulir, rata kanan, bubut dalam dan sebagainya. Jenis material pahat bubut yang banyak digunakan pada industri adalah baja karbon, HSS, *carbide*, *diamond* dan *ceramik*.



Gambar 2.3 Geometri Pahat (Rochim T, 2007)

Geometri atau bentuk pahat bubut tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Pahat bubut bermata tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut geram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*) dan sudut sisi potong (*cutting angle*). Sudut-sudut pahat HSS dibentuk dengan cara diasah menggunakan mesin gerinda pahat (*tool grinder machine*) (Rochim T, 1993).

Proses pemesinan menggunakan pahat dan geometri pahat akan merupakan suatu faktor penting yang menentukan keberhasilan proses pemesinan. Geometri pahat harus dipilih dengan benar disesuaikan dengan jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi pemotongan sehingga satu atau beberapa objektif dapat tercapai. Beberapa objektif atau tujuan ini antara lain, tingginya umur pahat, rendahnya gaya atau daya pemotongan, halusya permukaan dan ketelitian

geometri produk. Seorang perencana proses harus mampu memilih pahat, menentukan sudut-sudut pahat yang cocok bagi suatu jenis pekerjaan yang khas supaya proses pemesinan dapat dioptimalkan (Rochim T, 2007).

2.2.2 Optimasi Sudut Pahat Bubut

Pahat bubut serupa dengan pahat jenis lain dan dalam kebanyakan hal akan sama fungsinya. Pembahasan sudut pahat cukup dilakukan dalam sistem referensi orthogonal karena dalam sistem referensi yang lain efeknya akan sama. Sudut efektif tidak selalu sama dengan sudut pasif, tergantung kepada cara pemasangan pahat pada mesin perkakas dan kondisi pemotongan yang dipilih.

a. Sudut Bebas *Orthogonal*

Sudut bebas *orthogonal* berfungsi untuk mengurangi gesekan yang terjadi antara benda kerja dan pahat potong, dengan sudut ini temperatur yang tinggi akan dihindarkan untuk mencegah agar keausan tepi (*flank wear*) tidak cepat terjadi, pemilihan harga sudut ini ditentukan oleh jenis benda kerja dan kondisi pemotongan. Gerak makan akan menentukan harga sudut bebas, semakin besar gerak makan maka akan semakin besar pula gaya pemotongan yang dihasilkan, umumnya untuk suatu harga gerak makan tertentu ada suatu harga optimum bagi sudut bebas yang memberikan umur pahat yang tinggi (Rochim T, 2007).

b. Sudut Geram *Orthogonal*

Sudut geram mempengaruhi proses pembentukan geram, untuk suatu kecepatan potong tertentu, sudut geram yang besar akan menurunkan rasio pemampatan tebal geram yang mengakibatkan kenaikan sudut geser pada penampang geram (saat geram terpisah dari material induknya). Sudut geser yang besar akan menurunkan penampang bidang geser, sehingga gaya pemotongan akan menurun. Seperti halnya dengan sudut bebas, sudut geram tidak boleh terlalu besar guna menjaga kekuatan pahat serta memperlancar proses perambatan panas. Perambatan panas yang terhambat akan menaikkan temperatur pahat sehingga umur pahat akan turun. Dengan demikian ditinjau dari umur pahat akan ada suatu harga sudut geram optimum yang memberikan umur pahat tertinggi.

Jenis material benda kerja juga akan mempengaruhi pemilihan sudut geram. Pada prinsipnya, untuk material yang lunak dan ulet memerlukan sudut geram yang besar (untuk mempermudah proses pembentukan geram). Bagi material yang keras dan rapuh memerlukan sudut geram yang kecil (untuk memperkuat pahat). Untuk menurunkan gaya pemotongan yang besar akibat pemakaian sudut geram yang kecil diperluka kecepatan potong yang tinggi (supaya kekuatan benda kerja menurun akibat temperatur tinggi) (Rochim T, 2007).

c. Sudut Potong Utama

Sudut potong utama berfungsi untuk menentukan lebar dan tebal geram sebelum terpotong, menentukan panjang mata potong yang aktif atau panjang kontak antara geram dengan bidang pahat. Tebal geram yang kecil secara langsung akan menurunkan temperatur pemotongan, sedang lebar geram yang besar akan mempercepat proses perambatan pada pahat sehingga temperatur pahat akan relatif rendah. Dengan demikian umur pahat akan lebih tinggi dengan kata lain kecepatan potong dapat diperbesar untuk mempercepat proses produksi (Rochim T, 2007).

2.2.3 Material Pahat

Proses pembentukan geram dengan cara pemesinan berlangsung dengan cara mempertemukan benda kerja dan pahat potong, untuk menjaga kelangsungan proses ini diperlukan material pahat yang lebih unggul daripada material benda kerja, keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat dengan memperhatikan berbagai sifat pahat potong diantaranya kekerasan, keuletan, ketahanan beban kejut termal, sifat adhesi yang rendah dan daya larut elemen material yang rendah. Kekerasan yang rendah dan daya adhesi yang tinggi tidak diinginkan sebab mata potong akan terdeformasi, terjadi keausan tepi dan keausan kawah yang besar. Keuletan yang rendah serta ketahanan beban kejut termal yang kecil mengakibatkan rusaknya mata potong maupun retak mikro yang menimbulkan kerusakan fatal (Rochim T, 2007).

Pahat HSS (*high speed steel*) merupakan baja paduan yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi, selain itu pahat HSS juga memiliki tingkat keuletan yang baik. *Hot hardness* dan *recovery hardness* yang cukup tinggi pada pahat HSS dapat

dicapai dengan adanya unsur W, Cr, V, Mo dan Co. Pengaruh unsur-unsur tersebut pada unsur dasar besi (Fe) dan karbon (C) adalah sebagai berikut :

- a. *Tungsten atau Wolfram (W)*, membentuk paduan yang sangat keras ($Fe_4 W_2 C$) yang menyebabkan kenaikan temperatur pada proses *tempering* dan *hardening*.
- b. *Chromium (Cr)*, menaikkan *hardenability* dan *hot hardness*.
- c. *Vanadium (V)*, menurunkan sensitivitas terhadap *overheating* serta menghaluskan besar butir.
- d. *Molybdenum (Mo)*, mempunyai efek yang sama seperti *wolfram* namun lebih sensitif terhadap *overheating* dan lebih liat sehingga dapat menahan beban kejut.
- e. *Cobalt (Co)*, untuk menaikkan *hot hardness* dan tahan terhadap aus.

2.2.4 Material St 42

Baja adalah salah satu jenis logam yang banyak digunakan pada industri-industri pemesinan. Baja terdiri dari beberapa unsur paduan Fe dan C. Setiap baja termasuk baja karbon sebenarnya adalah paduan multi komponen yang disamping Fe selalu mengandung unsur-unsur lain seperti mangan (Mn), fosfor (P), sulfur (S), silikon (Si) yang dapat mempengaruhi sifat-sifatnya. Baja karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian menurut kadar karbon yang dikandungnya, yaitu baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,25%, baja karbon sedang dengan kadar karbon 0,25-0,6% dan baja karbon tinggi mengandung kadar karbon 0,6-1,4%.

a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah mengandung kurang dari 0,5% karbon. Kebanyakan produk dari baja ini berbentuk pelat dari hasil pembentukan roll dingin dan proses anneal. Kandungan karbonnya yang rendah dan mikrostrukturnya yang terdiri dari fasa ferit dan pearlit menjadikan baja karbon rendah bersifat lunak dan kekuatannya lemah namun keuletan dan ketangguhannya sangat baik.

b. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang mengandung unsur karbon 0,25-0,6%. Didalam penggunaannya biasanya dipakai untuk alat-alat perkakas, baut, poros engkol, roda gigi, ragum, pegas dan lain-lain.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung unsur karbon antara 0,6-1,4%. Baja ini biasanya digunakan untuk keperluan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi.

Baja St 42 adalah jenis baja yang memiliki kekuatan tarik 42 Kg/mm². Baja ini termasuk baja karbon rendah karena memiliki kandungan karbon 0,25%-0,6. Untuk meningkatkan kualitas dari baja St 42 dapat dilakukan penambahan karbon padat agar dapat memperluas penggunaannya. Penggunaan dari baja ini dalam pemesinan adalah untuk pembuatan roda gigi, mur dan baut, poros, alat-alat perkakas dan lain-lain.

2.3 Umur Pahat

2.3.1 Bidang Aktif Pahat yang Mengalami Kerusakan atau Keausan

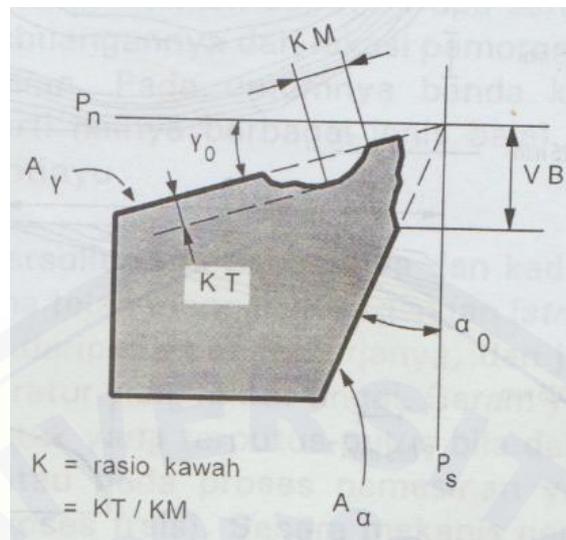
Selama proses pembentukan geram berlangsung, pahat dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena berbagai sebab antara lain:

- a. Keausan yang secara bertahap membesar (tumbuh) pada bidang aktif pahat.
- b. Retak yang menjalar sehingga menimbulkan patahan pada mata potong pahat.
- c. Deformasi plastik yang akan mengubah bentuk/geometri pahat.

Jenis kerusakan yang terakhir di atas jelas disebabkan tekanan temperatur yang tinggi pada bidang aktif pahat dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan turun bersama naiknya temperatur. Keausan dapat dibedakan dua macam yaitu:

1. Keausan kawah

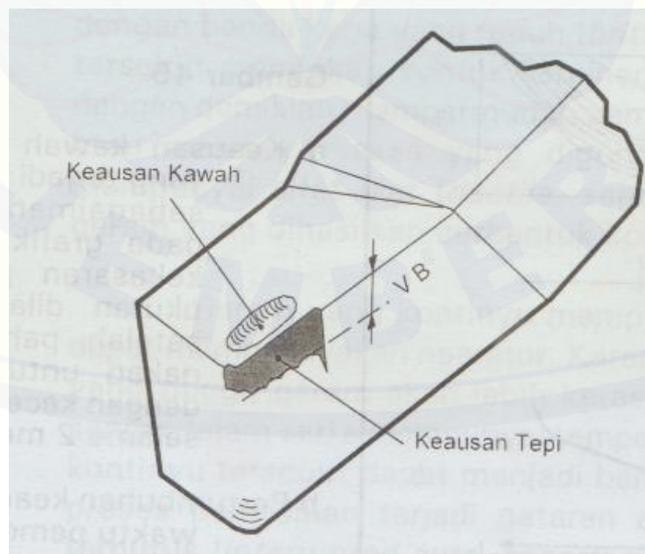
Keausan kawah (*created wear*) adalah keausan yang terjadi pada bidang geram. Pengukuran keausan kawah dapat diukur menggunakan alat ukur kekerasan permukaan. Cara mengukur keausan kawah dengan alat kekerasan permukaan adalah dengan cara menggeser jarum sensor alat ukur pada bidang geram dengan sumbu pergeseran diatur sejajar pada bidang geram.



Gambar 2.4 Keausan Kawah (Rochim T, 2007)

2. Keausan tepi

Keausan tepi (*flank wear*) adalah keausan yang terjadi pada bidang utama. Keausan tepi dapat diukur dengan alat ukur mikroskop. Dalam hal ini untuk mendapatkan besar keausan kawah adalah dengan mengukur panjang VB (mm), yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan sampai garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama.

Gambar 2.5 Keausan Tepi (*Flank Wear*) (Rochim T, 2007)

2.3.2 Faktor yang Berpengaruh Terhadap Keausan

Dalam proses pembubutan, keausan pahat dipengaruhi oleh semua faktor yang berkaitan dengan proses pemesinan antara lain kondisi pemotongan (kecepatan potong, kedalaman potong dan gerak makan), cairan pendingin dan geometri pahat.

a. Kondisi pemotongan

Hampir seluruh energi pemotongan diubah menjadi panas melalui proses gesekan antara geram dengan pahat. Karena tekanan yang besar akibat gaya pemotongan serta temperatur yang tinggi, permukaan aktif pahat akan mengalami keausan. Keausan tersebut makin lama makin membesar, yang selain memperlemah pahat juga akan memperbesar gaya pemotongan sehingga dapat menimbulkan kerusakan fatal.

b. Cairan pendingin

Cairan dalam proses pembubutan mampu menurunkan gaya pemotongan dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih atau pembawa geram.

d. Geometri pahat

Geometri pahat merupakan suatu faktor penting yang menentukan keberhasilan proses pemesinan. Geometri pahat harus dipilih sesuai dengan jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi pemotongan agar menghasilkan umur pahat yang tinggi. Dalam proses bubut, *side rake angle* dan *side clearance angle* adalah sudut pahat yang paling berpengaruh terhadap keausan yang terjadi saat proses pembubutan. Karena *side rake angle* berpengaruh terhadap pembentukan geram, *side rake angle* yang besar akan menurunkan rasio pemampatan tebal geram. Sedangkan *side clearance angle* berfungsi untuk mengurangi gesekan antara bidang utama (pahat) dengan bidang transien benda kerja. Dengan adanya *side clearance angle* temperatur yang tinggi dapat terhindari supaya keausan tepi tidak cepat terjadi.

2.3.3 Mekanisme Keausan dan Kerusakan Pahat

Mekanisme keausan atau keusakan pahat disebabkan oleh berbagai faktor yang secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu mekanisme yang dominan pada kecepatan potong rendah dan yang dominan pada kecepatan potong tinggi.

1. Mekanisme keausan pada kecepatan potong rendah

Pada kecepatan potong rendah proses abrasif, kimiawi dan adhesi merupakan penyebab utama keausan pahat. Material benda kerja yang baru saja terpotong sangat kimiawi aktif sehingga langsung menempel pada bidang geram dan bidang utama pahat, karena adanya penempelan metal lain pada pahat, pada daerah tersebut tidak terjadi gesekan relatif antara benda kerja dengan pahat, melainkan terjadi daerah aliran (flow zone). Pada kecepatan potong rendah kondisi aliran metal tidak teratur dan karena gaya adhesi akan terjadi penumpukan metal pada mata potong (BUE). BUE merupakan struktur yang dinamik dan dapat terkelupas seluruhnya bila ada beban kejut sehingga membawa sebagian lapisan terluar pahat.

a. Proses Abrasif

Proses abrasif adalah faktor yang dominan sebagai penyebab keausan pahat HSS dengan kecepatan potong yang relatif rendah (sekitar 10-20 m/min). Sedangkan untuk pahat karbida pengaruh proses abrasif ini tidak terlalu mencolok karena sebagian besar struktur pahat karbida merupakan karbida-karbida yang sangat keras.

b. Proses Kimiawi

Dua permukaan yang saling bergesekan dengan tekanan yang cukup besar beserta lingkungan kimiawi yang aktif (udara maupun cairan pendingin) dapat menyebabkan interaksi antara material pahat dan benda kerja. Permukaan material benda kerja yang baru saja terbentuk (permukaan geram dan permukaan benda kerja yang telah terpotong) sangat kimiawi, sehingga mudah bereaksi kembali dan menempel pada permukaan pahat.

c. Proses Adhesi

Proses adhesi merupakan proses menempelnya permukaan metal yang baru saja terbentuk (bersatu seolah-olah seperti dilas) akibat pemotongan pada tekanan

dan temperatur yang relatif tinggi dengan permukaan metal yang lain. Proses adhesi tersebut terjadi disekitar mata potong pada bidang geram dan bidang utama pahat. Dengan demikian, permukaan bidang utama dan bidang geram di dekat mata potong tidak pernah mengalami gesekan langsung dengan aliran material benda kerja (geram).

Pada pemesinan proses penumpukan lapisan material benda kerja pada bidang geram di daerah dekat mata potong disebut BUE (*build up edge*) yang mengubah geometri pahat (sudut geram) karena berfungsi sebagai mata potong baru dari pahat yang bersangkutan.

2. Mekanisme keausan pada kecepatan potong tinggi

Pada kecepatan potong yang tinggi mekanisme keausan disebabkan oleh proses difusi, oksidasi dan deformasi plastik. Pada kecepatan potong tinggi BUE tidak terbentuk dan kondisi aliran metal pada flow zone lebih teratur. Karena temperatur, tekanan dan aliran metal yang tinggi proses difusi dapat terjadi. Atom besi dan karbon pada pahat HSS terdifusi sehingga butir karbidanya terkelupas.

Oksidasi akan melemahkan ikatan cobalt pada butiran karbida, untuk itu perlu pertahanan terhadap oksigen dalam atmosfer. Semakin tinggi temperatur kekuatan pahat akan menurun sehingga dapat terjadi proses deformasi plastik.

a. Proses Difusi

Pada daerah di mana terjadi pelekatan (adhesi) antara material benda kerja dengan pahat di bawah tekanan dan temperatur yang tinggi serta adanya aliran metal (geram dan permukaan terpotong relatif terhadap pahat) akan menyebabkan timbulnya proses difusi. Kecepatan keausan karena proses difusi tergantung pada beberapa faktor yaitu:

1. Daya larut (*solubility*) dari berbagai fasa dalam struktur pahat terhadap material benda kerja
2. Temperatur
3. Kecepatan aliran metal yang melarutkan

b. Proses Oksidasi

Pada kecepatan yang tinggi (temperatur yang tinggi) ketahanan pahat atas proses oksidasi akan menurun. Pahat dapat teroksidasi bila temperaturnya cukup tinggi dan tak ada perlindungan terhadap serangan oksigen dalam atmosfer.

c. Proses Deformasi Plastis

Kekuatan pahat untuk menahan tegangan tekan (*compressive stress*) merupakan sifat material pahat yang dipengaruhi oleh temperatur pahat. Penampang geram harus dirancang supaya tekanan yang diderita ujung/pojok pahat akan melebihi batas kekuatan pahat untuk menghindari terjadinya proses deformasi plastik.

2.3.4 Pertumbuhan Keausan

Pada dasarnya dimensi keausan menentukan batasan umur pahat. Dengan demikian kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi (*flank wear*) pada umumnya mengikuti bentuk, yaitu dimulai dengan pertumbuhan yang relatif cepat sesaat setelah pahat digunakan diikuti pertumbuhan yang linier setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan dan kemudian pertumbuhan yang cepat terjadi lagi. Saat dimana pertumbuhan keausan cepat mulai berulang lagi dianggap sebagai batas umur pahat, dan hal ini umumnya terjadi pada harga keausan tepi (VB) yang relatif sama untuk kecepatan potong yang berbeda. Sampai saat batas ini, keausan tepi (VB) dapat dianggap merupakan fungsi pangkat (*power function*) dari waktu pemotongan (t_c) dan bila digambarkan pada skala dobel logaritma maka mempunyai hubungan linier (Rochim T, 2007).

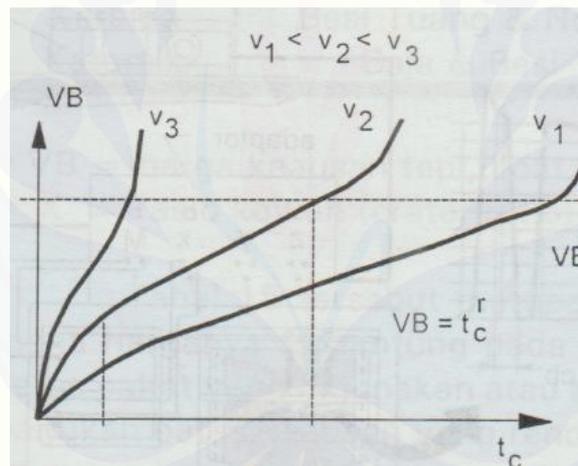
Tabel 2.1 Contoh Batas Keausan Kritis (Rochim T, 2007)

Pahat	Benda Kerja	VB [▼] (mm)
HSS	Baja & Besi tuang	0.3 s.d. 0.8
Karbida	Baja	0.2 s.d. 0.6
Karbida	Besi Tuang & Non Ferrous	0.4 s.d. 0.6
Keramik	Baja & Besi Tuang	0.3

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

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

Gambar 2.6 tersebut menentukan pertumbuhan keausan yang moderat yang akan dialami oleh suatu jenis pahat pada kondisi pemotongan yang dianggap moderat bagi pahat yang bersangkutan.



Gambar 2.6 Pertumbuhan Keausan Tepi Pahat Untuk Pemotongan Benda Kerja Dengan Kecepatan Potong Berbeda (Rochim T, 2007)

2.3.5 Umur Pahat

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

yang menentukan umur pahat maka pertumbuhannya perlu ditinjau dengan memperhatikan faktor utama dari mekanisme keausan. Pada dasarnya keausan menentukan batas umur pahat, dengan demikian kecepatan pertumbuhan menentukan saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi sebagaimana gambar waktu dengan panjang keausan tepi, yaitu dengan mulai pertumbuhan yang relatif cepat sesaat setelah pahat digunakan, diikuti pertumbuhan yang linier setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan, dan setelah batas tertentu pertumbuhan akan kembali cepat. Saat dimana pertumbuhan cepat pada keausan tepi pahat timbul kedua kalinya itu dianggap sebagai batas umur pahat, dan dalam hal ini terjadi pada harga keausan tepi (VB) yang relatif sama untuk kecepatan potong yang berbeda. Sampai batas ini keausan tepi dapat dianggap sebagai fungsi pangkat (*power function*) dari waktu pemotongan (t_c) dan bila digambarkan pada skala dobel logaritma mereka mempunyai hubungan linier (Rochim T, 2007).

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

$$V_c \cdot T_n = C$$

Dimana:

V_c = kecepatan potong (m/min)

C = konstanta umur pahat Taylor

n = harga eksponen

Tabel 2.2 Korelasi Antara m dan n untuk Beberapa Jenis Material Pahat

(Rochim T, 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---					

Konstanta taylor secara umum dapat ditulis dengan rumus empiris seperti berikut :

$$CT = \frac{CTVB \cdot VBm}{hp \cdot bq}$$

dimana:

VB = keausan tepi yang dianggap sebagai batas saat berakhirnya umur pahat, tergantung pada keuletan pahat dan benda kerja serta ringannya kondisi pemotongan, harga batau keausan tepi dapat dipilih dari 0.3 s.d 1 mm, demi untuk menghindari kerusakan total.

m = pangkat untuk batas keausan tergantung pada kualitas pahat serta jenis kondisi benda kerja (m = 0.4 s/d 0.5 ; rata-rata = 0.45)

h = tebal geram sebelum terpotong ditentukan berdasarkan kondisi pemotongan optimal, yaitu sebesar mungkin bila merupakan proses pengasaran, atau sesuatu dengan batas minimal bila merupakan proses penghalusan.

p = pangkat untuk geram sebelum terpotong (h), tergantung pada jenis dan kualitas pahat (sesuai dengan pemakaian serta jenis dan kondisi benda kerja).

b = lebar pemotongan, ditentukan berdasarkan dimensi mula dan akhir benda kerja. Menentukan jumlah langkah pemotongan untuk mencapai objektif yaitu dimensi produk.

q = pangkat bagi lebar pemotongan. Harganya relatif kecil, berkisar antara 0.05 s.d 0.13, kadangkala pengaruh lebar pemotongan diabaikan.

C_{TVB} = kecepatan potong *extrapolatif* (m/min), yang secara teoritik menghasilkan umur pahat sebesar 1 menit, untuk VB = 1 mm, h = 1 mm dan b = 1 mm, merupakan harga spesifik bagi kombinasi suatu jenis pahat dan kerja.

Tabel 2.3 Harga Pangkat Rata-rata p (Rochim T, 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 rumus pahat diatas digabungkan akan didapat rumus pahat :

$$v \cdot T^n = C_{TVB} \cdot VB \cdot h^{-p} \cdot b^{-q}$$

dimana:

v = kecepatan potong (m/min)

T = umur pahat (menit)

n = pangkat umur pahat

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

h = tebal geram sebelum terpotong(mm)

m = pangkat untuk batas keausan

p = pangkat untuk tebal geram sebelum terpotong

b = lebar pemotongan (mm)

q = pangkat bagi lebar pemotongan

C_{TVB} = kecepatan potong extrapolatif (m/min), yang secara teoritik menghasilkan umur pahat sebesar 1 menit, untuk $VB = 1$ mm, $h = 1$ mm dan $b = 1$ mm, merupakan harga spesifik bagi kombinasi suatu jenis pahat dan kerja.

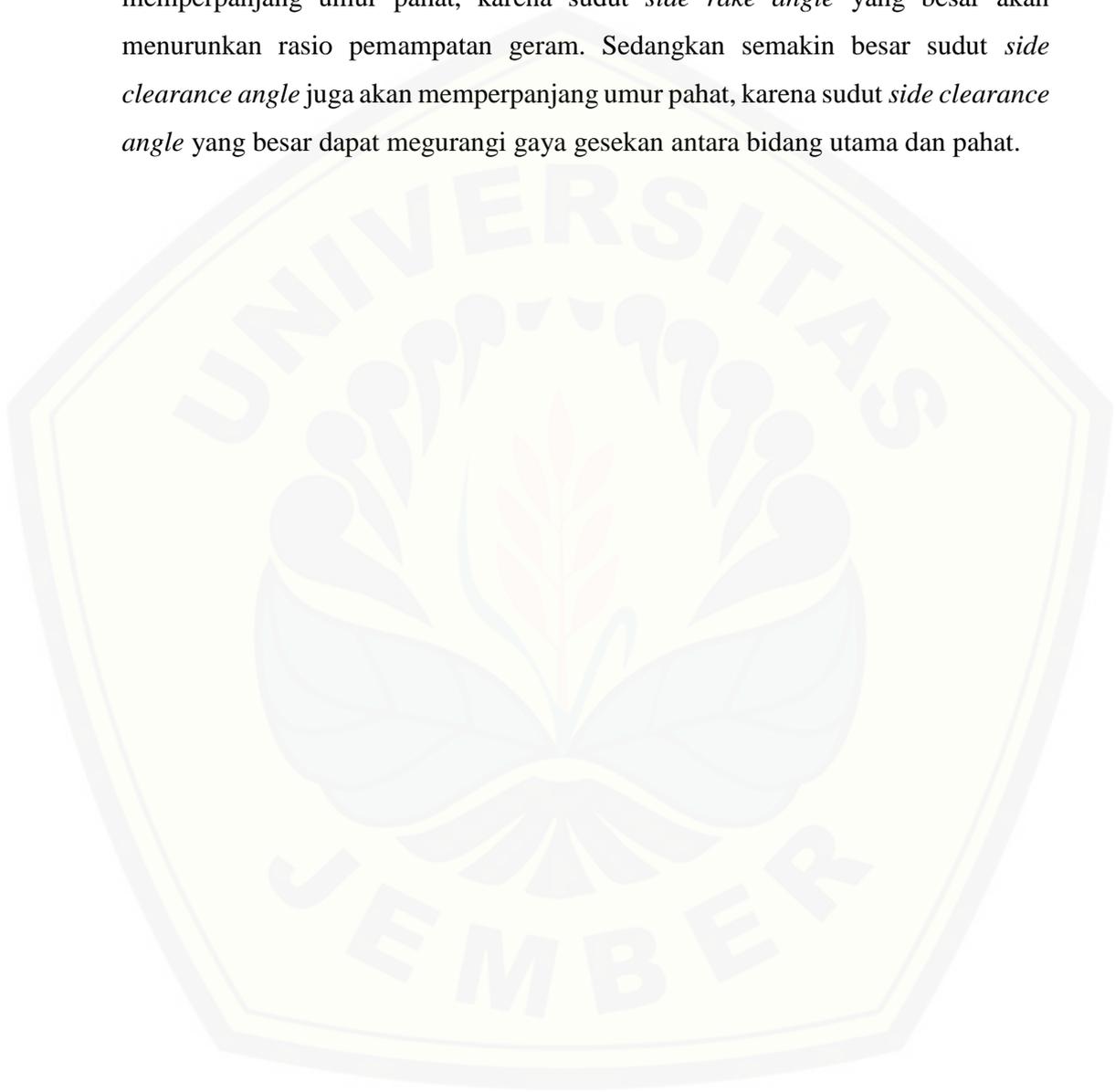
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa, umur pahat dapat di definisikan sebagai lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai batas keausan yang di tetapkan. Saat proses permesinan berlangsung bahwa pahat telah mencapai batas keausan yang telah di tetapkan (umurnya) dari kriteria berikut :

- a. Adanya kenaikan gaya potong
- b. Terjadinya getaran
- c. Penurunan kehalusan permukaan hasil permesinan
- d. Perubahan dimensi atau geometri produk

Dengan menentukan kriteria saat habisnya umur pahat seperti di atas, maka umur pahat dapat di tentukan yaitu mulai dengan pahat baru (setelah diasah atau *insert* telah diganti) sampai pahat yang bersangkutan di anggap tidak bisa digunakan lagi. Dimensi umur dapat merupakan besaran waktu, yang dapat dihitung secara langsung maupun secara tidak langsung dengan mengkorelasikan terhadap besaran lain. Hal tersebut dimaksudkan untuk mempermudah prosedur perhitungan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan.

2.4 Hipotesis

Sudut pahat *side rake angle* dan *side clearance angle* merupakan sudut yang berpengaruh terhadap umur pahat. Semakin besar sudut *side rake angle* akan memperpanjang umur pahat, karena sudut *side rake angle* yang besar akan menurunkan rasio pemampatan geram. Sedangkan semakin besar sudut *side clearance angle* juga akan memperpanjang umur pahat, karena sudut *side clearance angle* yang besar dapat mengurangi gaya gesekan antara bidang utama dan pahat.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental, tujuan penggunaan metode eksperimental adalah untuk mengamati pengaruh variasi *side rake angle* dan *side clearance angle* terhadap umur pahat. Penelitian tersebut meliputi persiapan alat, pengambilan data dan analisis data. Penelitian dilaksanakan di laboratorium pemesinan SMK N 1 Glagah Banyuwangi.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Mesin bubut EMCO *Machine Toll* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Spindle rpm : 1300 rpm

Daya motor : 3 Kw



Gambar 3.1 Mesin Bubut

b. Mikroskop Olympus BX53

Alat ukur untuk keausan tepi pahat. Spesifikasi mikroskop Olympus BX53 adalah sebagai berikut:

Merk : Olympus BX53

Keteliiian : 1:1000 mm



Gambar 3.2 Mikroskop

a. Pahat

Pahat yang digunakan pada penelitian adalah pahat HSS (high speed steel) dengan ukuran 110,6 x 12,7 x 12,7 mm



Gambar 3.3 Pahat HSS

b. Jangka sorong

Jangka sorong yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Merk : Mitutoyo

Ketelitian : 0,02 mm

Panjang pengukuran : 150 mm



Gambar 3.4 Jangka Sorong

c. Mesin gerinda duduk

Mesin gerinda duduk yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Merk : Modern
- Voltase : 220V/50Hz
- Daya listrik : 370 Watt
- Kecepatan putaran : 3450 rpm
- Ukuran batu : 8"/200mm

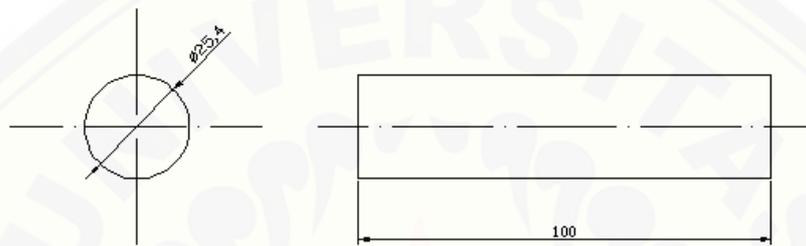


Gambar 3.5 Gerinda Duduk

- f. Stopwatch
- g. Mesin gergaji
- h. Kunci *chuck* dan *toolpost*
- i. *Bevel protector*

3.2.1 Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Material St 42 dengan \varnothing 25,4 mm dengan panjang 100



Gambar 3.6 Benda Kerja

3.3 Variable Pengukuran

3.3.1 Variable Yang di Tetapkan

- a. Kecepatan Putar Spindle 1200 rpm
- b. feeding 0,05 mm/putaran
- c. dept of cut 1 mm

3.3.2 Variable Bebas

Variable yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Variasi sudut pahat *side rake angle* yang digunakan yaitu :
 1. Variasi sudut pahat 18°
 2. Variasi sudut pahat 22°
 3. Variasi sudut pahat 25°
- b. Variasi sudut pahat *side clearance angle* yang digunakan yaitu :
 1. Variasi sudut pahat 8°
 2. Variasi sudut pahat 10°
 3. Variasi sudut pahat 12°

3.3.3 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel-variabel lain dalam penelitian atau juga disebut variabel dependen. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah umur pahat pada proses bubut baja St 42.

3.4 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Memotong benda kerja sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
- b. Mengasah pahat sesuai dengan geometri pahat yang sudah ditentukan dalam penelitian.
- c. Mempersiapkan alat-alat bantu dalam proses bubut.
- d. Melakukan *setting* mesin sesuai dengan variabel bebas yang sudah ditentukan.
- e. Memasang benda kerja pada chuck dan melakukan *center* putar benda kerja.
- f. Memasang pahat pada *tool post*.
- g. Melakukan proses pembubutan hingga terjadi keausan pada pahat.
- h. Setelah proses pembubutan selesai dan sudah terjadi keausan pada pahat maka selanjutnya dapat dilakukan analisis keausan pahat.

3.4.1 Objek Penelitian

Objek yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis keausan tepi terhadap umur pahat.
- b. Menganalisis pengaruh variasi sudut pahat side rake angle terhadap umur pahat.
- c. Menganalisis pengaruh variasi sudut pahat side clearance angle terhadap umur pahat.

3.4.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan cara melakukan proses pemotongan antara pahat dan benda kerja dengan jangka waktu yang sama setiap kali proses pemesinan. Setelah proses pemotongan selesai pahat dilepas kemudian dilakukan pengukuran keausan tepi menggunakan mikroskop. Material uji pada penelitian ini

adalah menggunakan St 42 dan pahat HSS (*high speed steel*), sedangkan variabel pemesinan yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi side rake angle dan clearance angle. Penelitian ini dilakukan untuk mencari pengaruh variasi variabel bebas yaitu *side rake angle* dan *side clearance angle* terhadap variabel terikat yaitu umur pahat.

Tabel 3.1 Penyajian Data

No	Side rake angle (°)	Side clearance angle (°)	VB (mm)	Umur Pahat (menit)
1	18	8		
2		10		
3		12		
4	22	8		
5		10		
6		12		
7	25	8		
8		10		
9		12		

3.4.3 Pengujian Umur Pahat

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah “*Variable Speed Machining*” yang berfungsi untuk memperoleh kondisi pemotongan yang menghasilkan umur pahat yang optimal. Penelitian dilakukan dengan bervariasi kecepatan potong, *side rake angle* dan *side clearance angle*. Mengacu pada persamaan umur pahat Taylor akan diperoleh harga eksponen n dan konstanta CT . Alat yang digunakan untuk mengukur keausan tepi pahat adalah alat ukur mikroskop.



Gambar 3.7 Mikroskop

Langkah pengujian keausan tepi pahat adalah dengan meletakkan pahat pada meja ukur, dimana bidang keausan tepi (VB) pahat diletakkan tegak lurus dengan sumbu optik. Dalam hal ini besarnya keausan tepi yang terjadi pada pahat dapat diketahui dengan mengukur panjang keausan tepi pahat, yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan hingga garis bekas keausan (VB) pada bidang utama.

3.4.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah dimensi keausan tepi diketahui hasil dari pengukuran menggunakan mikroskop.

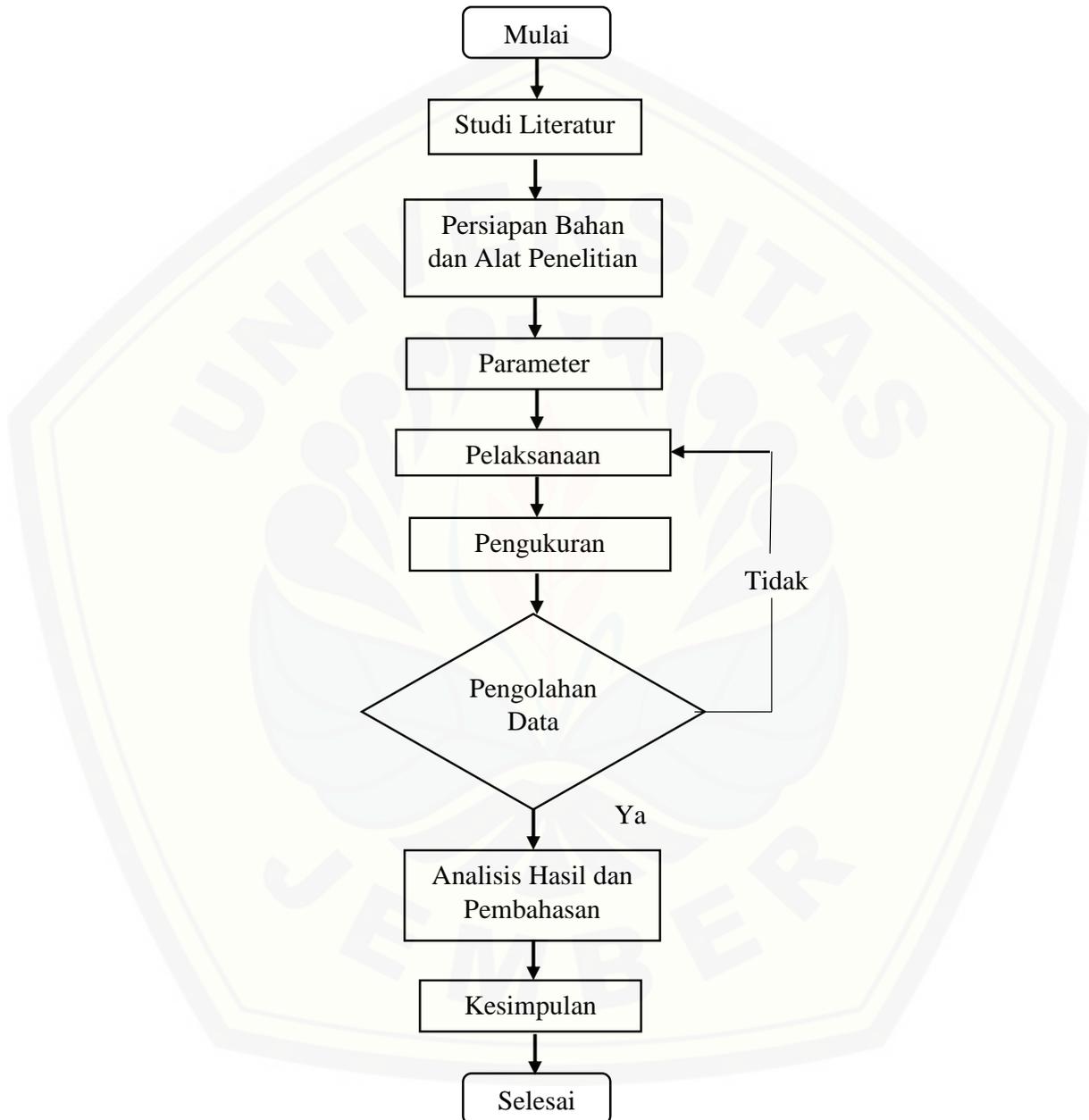
Pada penelitian ini dicari pengaruh variabel bebas side rake angle dan side clearance angle terhadap variabel terikat yaitu nilai umur pahat. Umur pahat dapat diketahui dengan cara melakukan perhitungan menggunakan rumus umur pahat Taylor.

Tabel 3.2 Pengolahan Data

No	Side Clearance Angle ($^{\circ}$)	Side Rake Angle ($^{\circ}$)	VB (mm)	Umur Pahat (menit)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

3.8 Diagram Alir

Proses pada penelitian ini dapat digambarkan dengan diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian

3.9 Jadwal Kegiatan Penelitian

Tabel 3.3 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bahan															
		April				Mei				Agustus				September			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur	■	■	■	■												
2	Penyusunan proposal			■	■	■	■										
3	Seminar proposal							■									
4	Pelaksanaan penelitian										■	■					
5	Pengolahan data dan analisis data												■	■	■	■	
6	Seminar hasil														■	■	

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

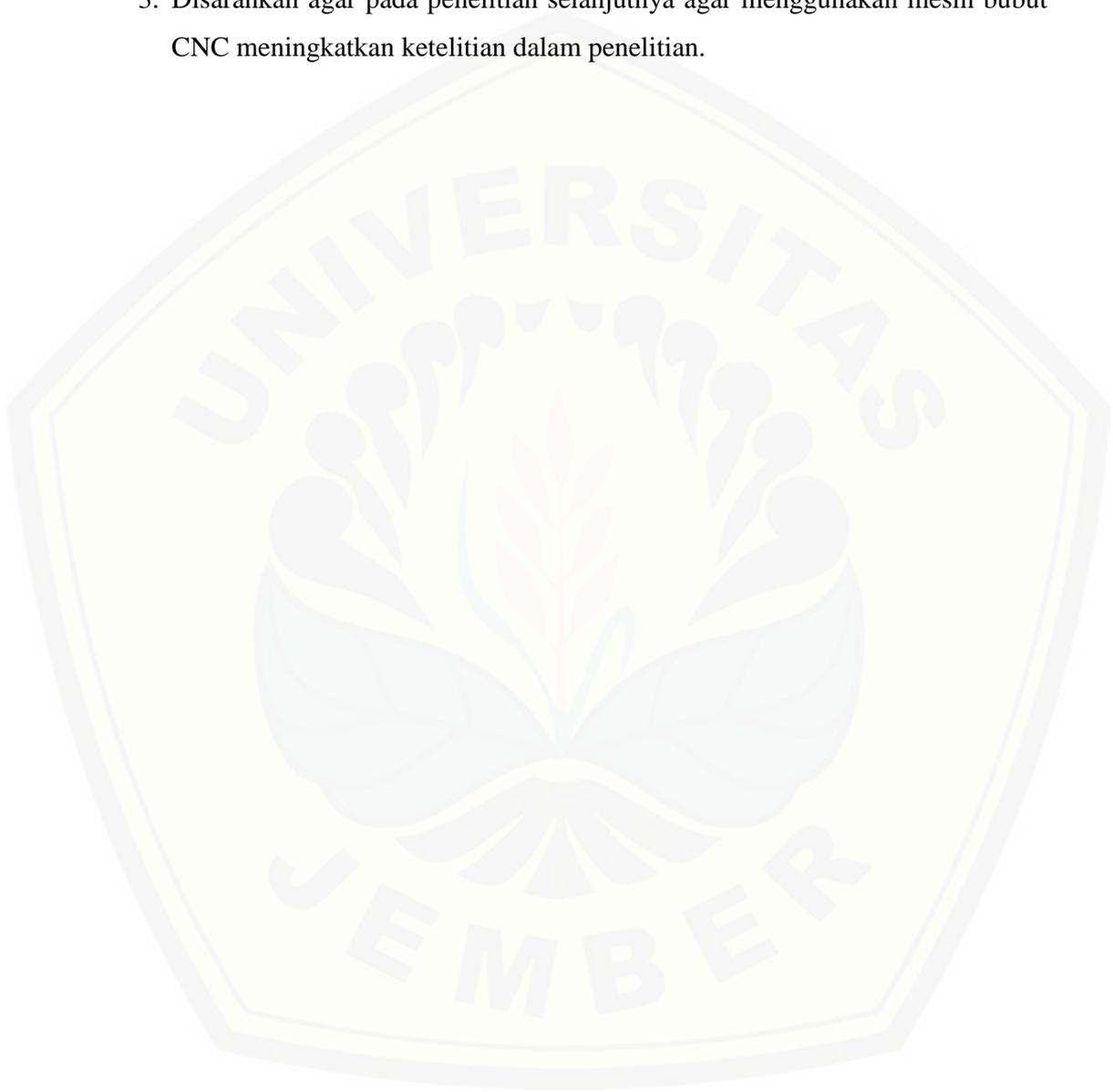
1. Dari hasil pengolahan data nilai umur pahat terendah terdapat pada harga *side rake angle* 18° dan *side clearance angle* 8° sebesar 41,687 menit.
2. Dari hasil pengolahan data nilai umur pahat tertinggi terdapat pada *harga side rake angle* 25° dan *side clearance angle* 12° sebesar 457,088 menit.
3. Dari hasil penelitian, penentuan harga *side rake angle* dan *side clearance angle* berpengaruh signifikan terhadap umur pahat. Semakin besar *harga side rake angle* dan *side clearance angle* maka akan menaikkan umur pahat.
4. Dari analisis statistik uji hipotesis, disimpulkan bahwa semakin besar harga *side rake angle* dan *side clearance angle* akan menghasilkan umur pahat yang tinggi. Sebaliknya semakin kecil harga *side rake angle* dan *side clearance angle* akan menghasilkan umur pahat yang rendah.
5. Setelah dilakukan pengujian keausan tepi pahat menggunakan mikroskop, didapatkan nilai keausan tepi pahat terbesar pada variasi *side rake angle* 18° dan *side clearance angle* 8° dengan nilai 0,803 mm.
6. Setelah dilakukan pengujian keausan tepi pahat menggunakan mikroskop, didapatkan nilai keausan tepi pahat terkecil pada variasi *side rake angle* 25° dan *side clearance angle* 12° dengan nilai 0,162 mm.

5.2 Saran

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

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa kekurangan, dimana dalam penelitian ini belum menggunakan cairan pendingin sehingga temperatur pahat tinggi akibat terjadinya gesekan antara pahat dan benda kerja, sehingga menyebabkan pahat cepat mengalami keausan.

2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan nilai variabel yang berbeda seperti kecepatan putar spindel, variasi jenis spesimen dan variasi jenis pahat.
3. Disarankan agar pada penelitian selanjutnya agar menggunakan mesin bubut CNC meningkatkan ketelitian dalam penelitian.

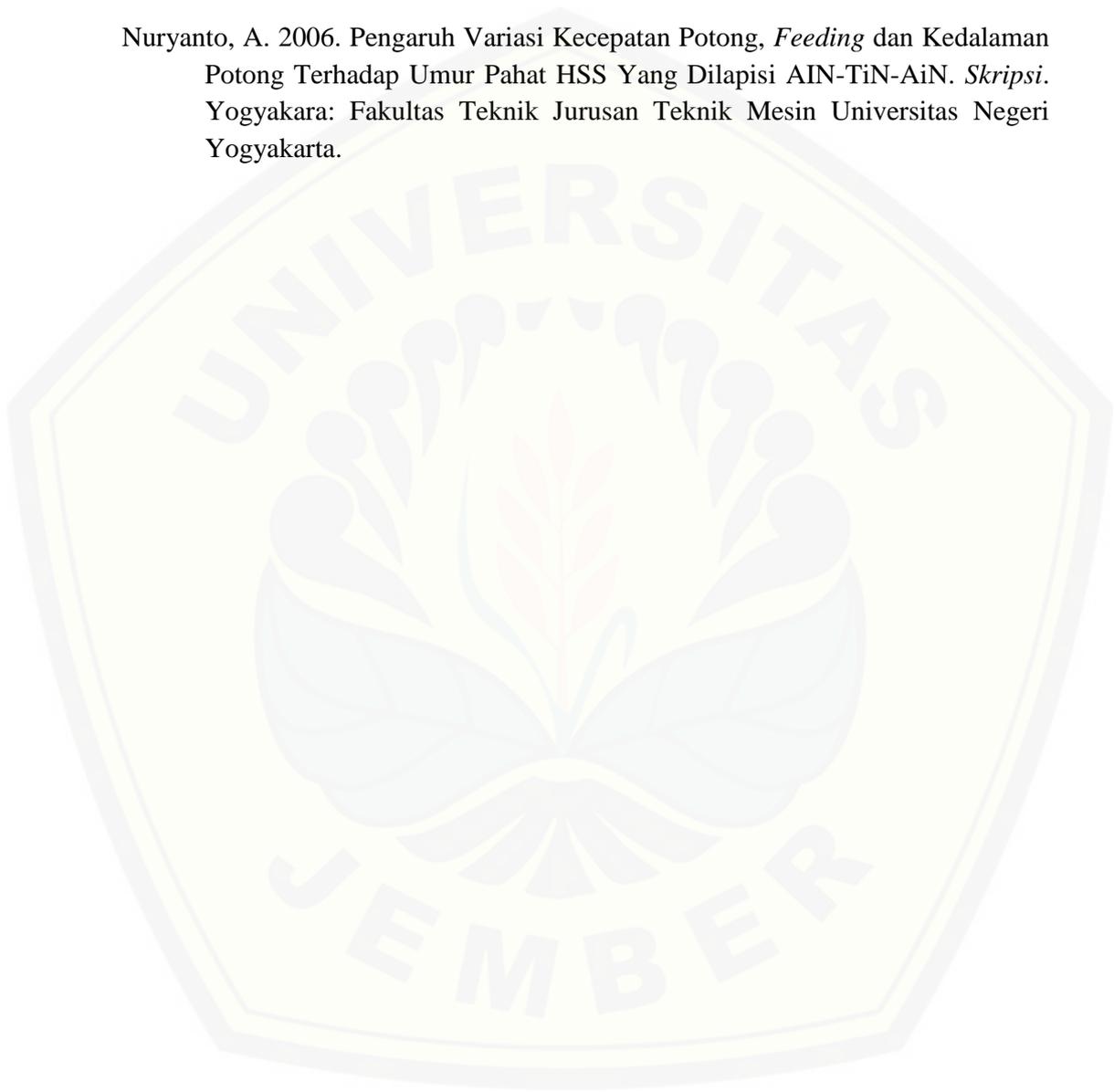


DAFTAR PUSTAKA

- Astakhov, V. P. dan Davim, J. P. 2008. Tools (geometry and material) and tool wear. *Machining Fundamentals and Recent Advances*. 362: 29-57.
- Bintaka, O. M. B. 2013. Analisis Pengaruh Kecepatan Potong, Gerak Makan, Sudut Pahat Terhadap Keausan Pahat Pada Proses Bubut St 42. *Skripsi*. Jember: Progam Sarjana Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Rochim, Taufiq. 2007. *Perkakas & Sistem Pemerkakasan Umur Pahat, Cairan Pendingin Pemesinan*. Bandung: ITB.
- Rochim, Taufiq. 2007. *Klasifikasi Proses, Gaya & Daya Pemesinan*. Bandung: ITB.
- Setyawan, F. B. 2011. Pengaruh Geometri Sudut Pahat high Speed Steel (HSS) Terhadap Umur Pahat dan Penyusunan Standard Operating Procedure (SOP) Pengasahan Pahat Pada Proses Bubut Alumunium Paduan Rendah. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Widarto. dan Wijananta, B. S. dan Sutopo. dan Paryanto. 2008. *Teknik Pemesinan untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Dalimunthe, R. 2009. Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Umur Pahat HSS Pada Proses Pembubutan AISI 4340. *Sains dan Inovasi*. 5(2): 139-145.
- Mrihrenaningtyas. dan Prayadi, R. 2015. Analisis umur pahat dngan variasi sudut geram, kecepatan dengan dan tanpa pendingin. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*. 233-246.
- Burlian, F. M.T. 2010. Penentuan Kualitas Pahat HSS (High Speed Steel) Mata Tunggal Dengan Analisis Umur Pahat Pada Proses Bubut. *Disertasi*. Palembang: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

Wicaksono, V. B. 2014. Pengaruh Putaran Spindel, Viskositas dan Variasi Cairan Pendingin Terhadap Umur Pahat HSS Pada Proses Bubut Konvensional Dengan Menggunakan Baja St 42. *skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Nuryanto, A. 2006. Pengaruh Variasi Kecepatan Potong, *Feeding* dan Kedalaman Potong Terhadap Umur Pahat HSS Yang Dilapisi AIN-TiN-AiN. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta.



LAMPIRAN A. Contoh Perhitungan Data Penelitian

1. Perhitungan Umur Pahat

a. Diketahui:

- Kecepatan potong (v) = 95 m/min
- Pangkat umur pahat (n) = 0,125
- Tebal geram sebelum terpotong (h) = 0,5 mm
- Pangkat untuk batas keausan (m) = 0,2
- Pangkat tebal geram sebelum terpotong (p) = 0,4
- Lebar pemotongan (b) = 1 mm
- Pangkat lebar pemotongan (q) = 0,09
- Kecepatan potong ekstrapolatif (C_{TVB}) = 75 m/min

b. Ditanya

- Umur pahat =?

c. Penyelesaian:

- Umur pahat

$$v \times T^n = C_{TVB} \times VB^m \times h^p \times b^{-q}$$

$$95 \times T^{0,146} = 75 \times 0,704^{0,207} \times 0,5^{-0,4} \times 1^{-0,09}$$

$$95 \times T^{0,146} = 75 \times 0,93 \times 0,76 \times 1$$

$$95 \times T^{0,146} = 53,01$$

$$T^{0,146} = \frac{53,01}{95}$$

$$T^{0,146} = 0,56$$

Misal $a = T$; $b = 0,56$; $c = 0,146$

Maka $a \log b = \frac{c \log b}{c \log a} = \frac{1}{b \log a}$

$$= \frac{0,146 \log 0,56}{0,146 \log T} = 0,146$$

$$\log T = \frac{\log 0,56}{0,146}$$

$$\log T = \frac{0,252}{0,146}$$

$$\text{Log } T = 1,73$$

$$T = 10^{1,73}$$

$$T = 53,703 \text{ min}$$



LAMPIRAN B. Tabel Penelitian

B.1 Data Keausan Pahat

No	Side Clearance Angle (°)	Side Rake Angle (°)	VB1 (mm)	VB2 (mm)	VB3 (mm)	Rata-Rata VB (mm)
1	8	18	0,786	0,803	0,824	0.803
2		22	0,652	0,694	0,766	0.704
3		25	0,579	0,482	0,691	0.584
4	10	18	0,356	0,348	0,421	0.375
5		22	0,385	0,350	0,346	0.327
6		25	0,288	0,270	0,348	0.302
7	12	18	0,214	0,121	0,313	0.216
8		22	0,160	0,230	0,216	0.202
9		25	0,162	0,163	0,162	0.162

B.2 Data Umur Pahat Hasil Dari Pengolahan Data Dengan Menggunakan Rumus Pahat Taylor

No	Side Clearance Angle (°)	Side Rake Angle (°)	VB (mm)	Umur Pahat (min)
1	8	18	0.803	41.687
2		22	0.704	53.703
3		25	0.584	72.440
4	10	18	0.375	131.826
5		22	0.327	177.828
6		25	0.302	177.837
7	12	18	0.216	275.423
8		22	0.202	323.594
9		25	0.162	457.088

B.3 Korelasi Antara m dan n Untuk Beberapa Jenis Material Pahat

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---					

B.4 Tabel Distribusi F ($\alpha = 0,05$)

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	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94
7	5.60	4.74	4.36	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.86	2.74	2.66	2.60	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.36
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98
34	4.13	3.28	2.88	2.66	2.49	2.38	2.29	2.23	2.17	2.12	2.08	2.06	2.02	1.99	1.97
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.07	2.04	2.01	1.99	1.96
36	4.11	3.26	2.87	2.63	2.48	2.36	2.28	2.21	2.15	2.11	2.07	2.03	2.00	1.98	1.95
37	4.11	3.25	2.86	2.63	2.47	2.36	2.27	2.20	2.14	2.10	2.06	2.02	2.00	1.97	1.95
38	4.10	3.24	2.85	2.62	2.46	2.35	2.26	2.19	2.14	2.09	2.05	2.02	1.99	1.96	1.94
39	4.09	3.24	2.85	2.61	2.46	2.34	2.25	2.19	2.13	2.08	2.04	2.01	1.98	1.95	1.93
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92
41	4.08	3.23	2.83	2.60	2.44	2.33	2.24	2.17	2.12	2.07	2.03	2.00	1.97	1.94	1.92
42	4.07	3.22	2.83	2.59	2.44	2.32	2.24	2.17	2.11	2.06	2.03	1.99	1.96	1.94	1.91
43	4.07	3.21	2.82	2.59	2.43	2.32	2.23	2.16	2.11	2.06	2.02	1.99	1.96	1.93	1.91
44	4.06	3.21	2.82	2.58	2.43	2.31	2.23	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.95	1.92	1.90
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89

B.5 Harga Pangkat Rata-rata p

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

B.6 Kuantil Uji Statistik Kolmogrov-Smirnov

Uji satu arah <i>P</i>	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
Uji dua arah <i>P</i>	0.80	0.90	0.95	0.98	0.99
<i>n</i>					
1	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.785	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734
5	0.447	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.410	0.468	0.516	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.358	0.410	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.430	0.480	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.489
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.296	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.390	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
16	0.258	0.295	0.327	0.366	0.392
17	0.250	0.286	0.318	0.355	0.381
18	0.244	0.279	0.309	0.346	0.371
19	0.237	0.271	0.301	0.337	0.361
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
21	0.226	0.259	0.287	0.321	0.344
22	0.221	0.253	0.281	0.314	0.337
23	0.216	0.247	0.275	0.307	0.330
24	0.212	0.242	0.269	0.301	0.323
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317

B.7 Hasil Analisis Statistik Metode Regresi Berganda

Regression Analysis: Umur Pahat versus Side Clearance A; Side Rake Angle

The regression equation is

$$\text{Umur Pahat} = - 813 + 74,0 \text{ Side Clearance Angle} + 12,1 \text{ Side Rake Angle}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-812,7	146,8	-5,53	0,001
Side Clearance Angle	74,023	9,197	8,05	0,000
Side Rake Angle	12,119	5,238	2,31	0,060

S = 45,0559 R-Sq = 92,1% R-Sq(adj) = 89,5%

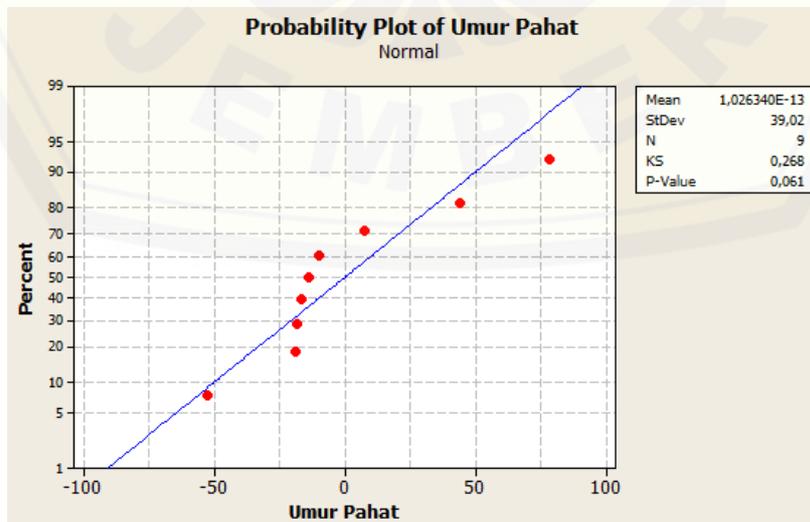
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	142374	71187	35,07	0,000
Residual Error	6	12180	2030		
Total	8	154555			

Source	DF	Seq SS
Side Clearance Angle	1	131505
Side Rake Angle	1	10869

Unusual Observations

Obs	Side Clearance Angle	Umur Pahat	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
9	12,0	457,1	378,6	29,5	78,5	2,30R



LAMPIRAN C. Dokumentasi

C.1 Mesin Bubut





C.2 Proses Membubut

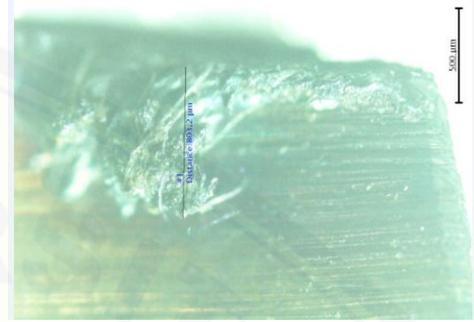


C.3 Proses Menggerinda



C.4 Gambar Hasil Uji Penelitian

Uji 1



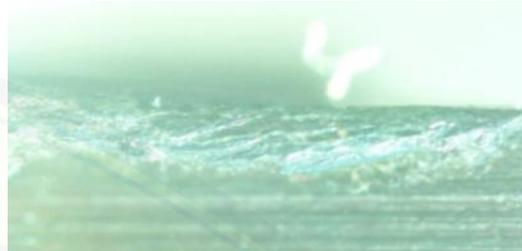
Uji 2



Uji 3



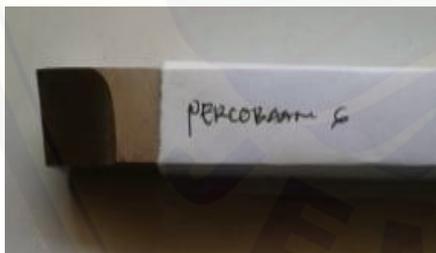
Uji 4



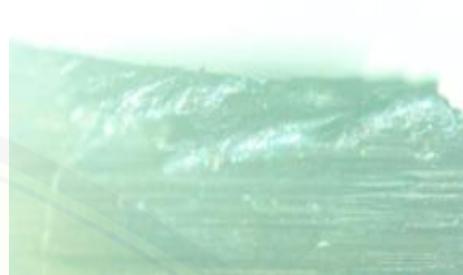
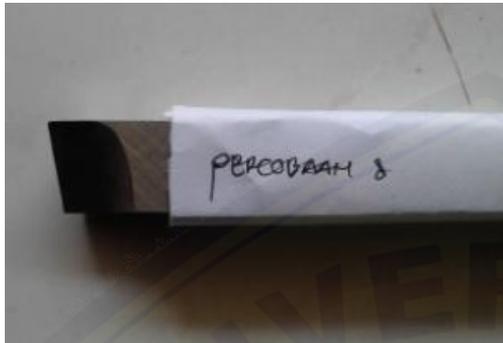
Uji 5



Uji 6



Uji 7



Uji 8



Uji 9

