

**KARAKTERISTIK KEKASARAN PERMUKAAN PEMESINAN BUBUT
MATERIAL BAJA ST-37 DENGAN VARIASI PARAMETER
PEMESINAN DAN GEOMETRI PAHAT**

(Skripsi)

Oleh

OKI BAGUS HARTANTO



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

ROUGH CHARACTERISTICS OF SURFACE OF LATER MACHINERY STEEL MATERIAL ST-37 WITH MACHINING PARAMETER VARIATIONS AND CHISEL GEOMETRY

By

Oki Bagus Hartanto

Low carbon steel machining is often done in manufacturing processes, especially in the process of making engine components. The process of cutting low carbon steel (ST-37), generally use High Speed Steel (HSS) chisel for it has high enough violence, relatively cheap prices and tool geometries that can be formed. In machining, tool geometry influences the process of cutting material because this determines the quality of the product, such as the roughness of the surface. The purpose of this study is to obtain surface roughness with variations in the chisel geometry and nose radius and to obtain the optimal surface roughness. This study used an experimental method using ST-37 steel and High Speed Steel chisel. The chisel geometry variation used is side rake angle of 12° , 15° and 18° , side cutting edge angle of 85° , 80° and 75° , and nose radius of 0 mm, 0,4 mm and 0,8 mm. Surface roughness measurement is using Surface Roughness Tester. Analysis of the effect of chisel geometry on surface roughness was carried out by the Taguchi method using L18 and Anova. The machining parameters used in this study were cutting depth of 1 mm and 2 mm, spindle rotation speed of 185 rpm, 425 rpm and 624 rpm, and feeding of 0.05 mm/rev, 0.075 mm/rev and 0.1 mm/rev. The results obtained from the Taguchi and Anova analyzes are parameters that have a significant effect where nose radius (R) with a contribution of 52.38 % and feeding (f) with a contribution of 24.70 %. The optimum surface roughness in this study was $0.512778 \mu\text{m}$ with cutting depth of (a) 1 mm, spindle rotation speed (n) 625 rpm, feeding (f) 0.05 mm/rev, nose radius (R) 0.8 mm, side rake angle () 12° , and side cutting edge angle (K_r) 85° .

Keywords: ST-37, *High Speed Steel chisel*, chisel's geometry, Taguchi, surface roughness.

ABSTRAK

KARAKTERISTIK KEKASARAN PERMUKAAN PEMESINAN BUBUT MATERIAL BAJA ST-37 DENGAN VARIASI PARAMETER PEMESINAN DAN GEOMETRI PAHAT

Oleh

Oki Bagus Hartanto

Pemesinan baja karbon rendah sering dilakukan dalam proses manufaktur, khususnya dalam proses pembuatan komponen mesin. Proses pemotongan baja karbon rendah (ST-37), umumnya menggunakan pahat *High Speed Steel* (HSS) karena memiliki kekerasan yang cukup tinggi, harga relatif murah dan geometri pahat dapat dibentuk. Dalam pemesinan, geometri pahat berpengaruh terhadap proses pemotongan bahan, karena menentukan kualitas produk. Kualitas produk yang dihasilkan seperti kekasaran permukaan. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan kekasaran permukaan dengan variasi geometri pahat dan *nose radius* serta memperoleh kekasaran permukaan yang optimal. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menggunakan baja ST-37 dan pahat *High Speed Steel*. Variasi geometri pahat yang digunakan yaitu *side rake angle* 12°, 15° dan 18°, *side cutting edge angle* 85°, 80° dan 75° serta *nose radius* 0 mm, 0,4 mm dan 0,8 mm. Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *Surface Roughness Tester*. Analisis pengaruh geometri pahat terhadap kekasaran permukaan dilakukan dengan metode Taguchi menggunakan L18 dan Anova. Parameter pemesinan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kedalaman pemotongan 1 mm dan 2 mm, kecepatan putaran *spindle* 185 rpm, 425 rpm dan 624 rpm serta *feeding* 0,05 mm/rev, 0,075 mm/rev dan 0,1 mm/rev. Hasil yang didapatkan dari analisis Taguchi dan Anova adalah parameter yang memiliki pengaruh signifikan yaitu *nose radius* (R) dengan kontribusi 52,38% dan *feeding* (f) dengan kontribusi 24,70. Kekasaran permukaan yang optimum dalam penelitian ini yaitu 0,512778 μm dengan kedalaman pemotongan (a) 1 mm, kecepatan putaran *spindle* (n) 625 rpm, *feeding* (f) 0,05 mm/rev, *nose radius* (R) 0,8 mm, *side rake angle* (α) 12°, dan *side cutting edge angle* (K_r) 85°.

Kata Kunci: ST-37, Pahat *High Speed Steel*, Geometri pahat, Taguchi, Kekasaran permukaan.

**KARAKTERISTIK KEKASARAN PERMUKAAN
PEMESINAN BUBUT MATERIAL BAJA ST-37 DENGAN
VARIASI PARAMETER PEMESINAN DAN GEOMETRI
PAHAT**

Oleh

OKI BAGUS HARTANTO

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK KEKASARAN
PERMUKAAN PEMESINAN BUBUT
MATERIAL BAJA ST-37 DENGAN
VARIASI PARAMETER PEMESINAN
DAN GEOMETRI PAHAT**

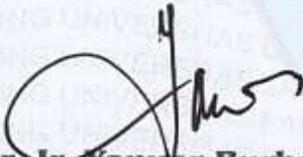
Nama Mahasiswa : **Oki Bagus Hartanto**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315021049

Jurusan : Teknik Mesin

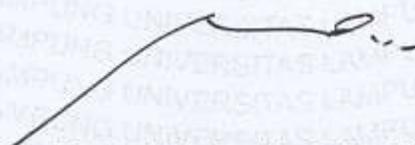
Fakultas : Teknik




Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.
NIP 19640506 200003 1 001


Achmad Yahya TP, S.T., M.T.
NIP 19800205 200501 1 002

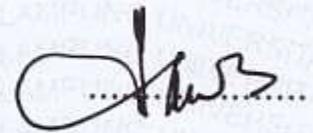
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

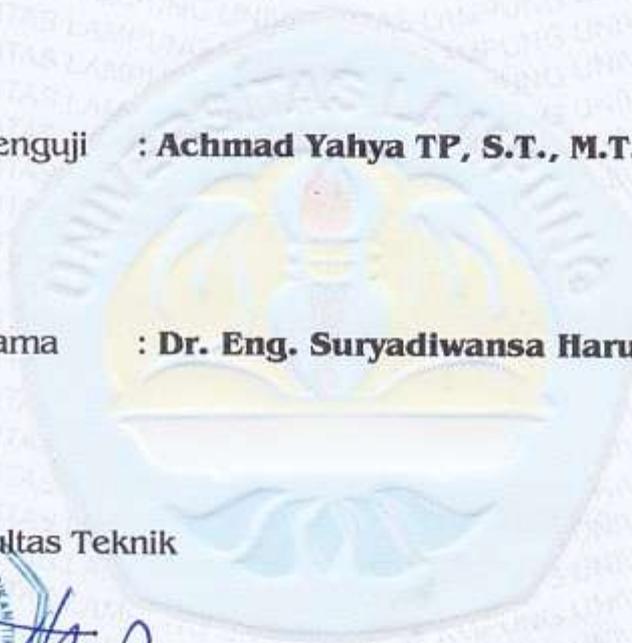
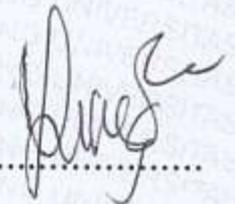
Ketua Penguji : **Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T.**



Anggota Penguji : **Achmad Yahya TP, S.T., M.T.**



Penguji Utama : **Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 April 2019**

PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



OKI BAGUS HARTANTO

NPM : 1315021049

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kecamatan Seputih Mataram pada tanggal 31 Oktober 1995, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Kerot Diyanto dan Suharti.

Penulis menyelesaikan jenjang akademis di Sekolah Dasar yaitu di SD Abadi Perkasa, Kec. Gedung Meneng, pada tahun 2007, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Abadi Perkasa, Kec. Gedung Meneng pada tahun 2010 dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMK Negeri 2 Terbanggi Besar pada tahun 2013

Pada tahun 2013 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi internal kampus, yaitu kepengurusan Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin tahun 2015-2016 menjabat sebagai anggota divisi penerbitan. Penulis juga aktif sebagai pengurus DPM FT tahun 2016-2017 menjabat sebagai Ketua Komisi III. Dalam bidang akademik, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Cilegon Fabricators Kota Cilegon. Tahun 2018 penulis melaksanakan penelitian dalam bidang konsentrasi Produksi yang berjudul “ Karakteristik Kekasaran Permukaan Pemesinan Bubut Material Baja ST-37 Dengan Variasi Parameter Pemesinan dan Geometri Pahat ” di bawah bimbingan Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T. dan Bapak Achmad Yahya TP, S.T, M.T.

Bismillahirrahmanirrahim

*Dengan Segala Kerendahan Hati
Dan Harapan Meraih Ridho Allah SWT.
Kupersembahkan Hasil Karya Yang Sederhana Ini Untuk
Orang-Orang Yang Berjasa Besar Dalam Hidupku :*

“Kedua Orang Tuaku yang Tercinta”

“IBU dan BAPAK”

*Yang Selalu Memberikan Kasih Sayang dan Cinta Sejak
Buaian, Serta Jerih Payah dan Kerja Keras Yang Dilakukan
Untuk Menjadikanku Hingga Bisa Seperti Sekarang Ini.*

Adik - adik ku

*Teringat ketika bermain, canda tawa walau terkadang ada
pertengkaran namun selalu penuh kehangatan kasih sayang,
kebersamaan dan kerukunan*

Dosenku yang sangat berjasa

**Ibarat lilin yang menghabiskan dirinya untuk mencerahkan orang
lain, membagi ilmu dan wawasannya tanpa kenal lelah**

Teknik Mesin 2013

**Keluarga Besarku yang selalu memberi semangat, canda tawa, suka
maupun duka .**

Almamater Tercinta Teknik Mesin

Universitas Lampung

MOTTO

“... Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya ”

(Al-Baqarah:286)

“ Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan ”

(Asy-Syarh:5)

“ Gunung ada untuk didaki, kamu tidak akan bisa berbaring dan berkata ini telah berakhir ”

(Ole Gunnar Solskjaer)

“ Bukan siapa yang merasa paling berani karena merasa menantang, tapi siapa yang merasa paling berani karena harus keluar dari zona nyaman ”

(Chivalry)

SANWANCANA

Segala puji dan syukur hanya milik Allah SWT tuhan semesta alam atas rahmat dan pertolongan-Nya, skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang menunjukkan kepada umat manusia jalan yang lurus, dan kepada para sahabatnya, keluarganya, serta para pengikutnya yang selalu istiqamah diatas kebenaran agama Islam hingga hari ajal menjemput.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak memperoleh bantuan baik itu moral maupun material dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Ir. Yanuar Burhanuddin, M.T., selaku pembimbing utama tugas akhir, atas banyak waktu, ide, dan perhatian yang telah diberikan untuk membina penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

5. Bapak Achmad Yahya TP, S.T, M.T, selaku pembimbing kedua tugas akhir ini, yang telah banyak mencurahkan waktu dan pikirannya bagi penulis.
6. Bapak Dr. Eng. Suryadiwansa Harun, S.T., M.T., selaku pembahas tugas akhir ini, yang telah banyak memberi kritik dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
7. Seluruh Dosen Staff pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
8. Kedua Orang Tuaku, Ibu dan Bapak, Adik-adikku serta saudara-sarudaraku Mba Selvi, Febri yang selalu memberikan doa yang terbaik bagi penulis.
9. Rekan satu partner tugas akhir saya, Ahmad Azhari yang telah menemani dan saling membantu dalam melakukan penelitian.
10. Rekan-rekan KKN 2017, Bayu, Yoga, Yecti, Tia, Syifa dan Cindy yang telah mensupport penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Sahabat-sahabatku seperjuangan Anbu Squad, Nuing, Wayaw, Paw, Edo, Abah, Rio, Ucok, Kelvin, Bastian dan Kasuy serta seluruh saudara seperjuangan Teknik Mesin 2013 yang selalu memberikan semangat bagi penulis.

Bandar Lampung, 20 April 2019

Penulis

OKI BAGUS HARTANTO

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN PENULIS	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
SANWANCANA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	4
C. Batasan Masalah	5
D. Sistematika Penulisan	5

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Baja	7
1. Menurut Komposisi Kimia	7
B. Proses Pemesinan Bubut	10
C. Parameter Pemesinan Bubut	12
1. Kecepatan Potong	13
2. Kecepatan Pemakanan	14
3. Waktu Pemotongan	15
4. Kedalaman Potong	15
5. Kecepatan Penghasilan Geram	16
D. Geometri Pahat	16
1. Sudut bebas orthogonal (α_o)	17
2. Sudut geram orthogonal (γ_o)	18
3. Sudut miring (λ_s)	19
4. Sudut potong utama (K_r)	19
5. Sudut potong bantu (K'_r)	20
6. Radius pojok (r_ϵ)	21
E. Pahat	21
F. Kekasaran Permukaan	25
G. Metode Taguchi	31

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian	35
B. Alat dan Bahan Penelitian	36
1. Pahat Bubut HSS	36

2. Mesin Bubut	37
3. Jangka Sorong	38
4. <i>Surface Roughness Tester</i>	39
5. Mal Radius	39
6. Mesin Gerinda	40
C. Diagram Alir Penelitian	40
D. Prosedur Percobaan	42
1. Menentukan Kondisi Pemesinan	42
2. Rancangan Percobaan	43
3. Prosedur Eksperimen	44
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Pengujian	48
B. Analisis Nilai Rata-rata Kekasaran Permukaan	50
C. Analisis S/N Rasio Kekasaran Permukaan	54
D. <i>Analisis of Varian (ANOVA)</i> Kekasaran Permukaan	64
E. Kekasaran Permukaan Optimum	74
V. SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	77
B. Saran	78

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.	Bagian - bagian mesin bubut 11
Gambar 2.	Proses pengerjaan pada mesin bubut 12
Gambar 3.	Skema proses bubut 13
Gambar 4.	Geometri sudut pahat 17
Gambar 5.	Geometri sudut pahat HSS 18
Gambar 6.	Profil kekasaran permukaan 27
Gambar 7.	Pahat bubut HSS 36
Gambar 8.	Geometri sudut pahat 37
Gambar 9.	Mesin bubut 38
Gambar 10.	Jangka sorong 38
Gambar 11.	<i>Surface roughness taster</i> 39
Gambar 12.	Mal radius 39
Gambar 13.	Mesin gerinda 40
Gambar 14.	Diagram alir penelitian 40
Gambar 15.	Sudut-sudut pahat HSS 43
Gambar 16.	Nilai rata-rata kekasaran permukaan 50
Gambar 17.	Sudut <i>side rake angle</i> 53

Gambar 18.	Sudut <i>side cutting edge angle</i>	53
Gambar 19.	Grafik S/N rasio variabel-variabel kekasaran permukaan ..	55
Gambar 20.	Grafik perbandingan <i>nose radius</i> terhadap Ra	69
Gambar 21.	Tren grafik <i>nose radius</i> terhadap tingkat nilai Ra	70
Gambar 22.	Grafik perbandingan <i>feeding</i> terhadap Ra	71
Gambar 23.	Tren grafik <i>feeding</i> terhadap nilai Ra	72
Gambar 24.	Plot titik optimum	75

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.	Harga radius pojok 21
Tabel 2.	Jenis Pahat HSS 25
Tabel 3.	Toleransi Harga Kekasaran rata – rata (Ra) 30
Tabel 4.	Tingkat Kekasaran Rata – rata Permukaan Menurut Proses Pengerjaannya 31
Tabel 5.	Rincian Jadwal Penelitian 35
Tabel 6.	Spesifikasi Mesin Bubut 37
Tabel 7.	Spesifikasi <i>Surface Tester</i> 39
Tabel 8.	Variasi Variabel Pemesinan 42
Tabel 9.	Kondisi Pemesinan 42
Tabel 10.	Rancangan Percobaan 43
Tabel 11.	Prosedur Pengasahan Pahat 44
Tabel 12.	Rancangan Pengukuran Kekasaran Permukaan 47
Tabel 13.	Data Hasil Pengukuran Nilai Kekasaran Permukaan Baja ST-37 59
Tabel 14.	S/N Rasio Respon <i>Smaller is Better</i> 54
Tabel 15.	Level yang Memberikan Nilai Kekasaran Permukaan

	Terendah	58
Tabel 16.	Anova S/N rasio	58
Tabel 17.	Hasil Perbandingan Keputusan <i>Analysis of Variance for</i> <i>SN Ratios</i>	62
Tabel 18.	Anova Variabel Pemesinan	64
Tabel 19.	Hasil Perbandingan Keputusan Uji Anova	68
Tabel 20.	Presentase Kontribusi Variabel Terhadap Kekasaran Permukaan	73
Tabel 21.	Respon Optimasi Kekasaran Permukaan	75

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Manufaktur merupakan metode pengolahan material menjadi suatu produk siap pakai. Seiring perkembangan zaman, produk yang dihasilkan terus mengalami perubahan pesat dan beraneka rupa, sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Perubahan dan keaneraka ragam produk harus diimbangi dengan jumlah bahan yang akan digunakan. Pengerjaan bahan dalam industri manufaktur salah satunya dilakukan dengan mesin perkakas, seperti mesin bubut. Proses pembubutan dengan menggunakan mesin bubut akan terjadi interaksi antara pahat dengan benda kerja, sehingga menghasilkan ukuran yang diinginkan.

Mengingat pentingnya kualitas permukaan setelah pembubutan, maka harus dapat dibuat produk dengan tingkat kekasaran yang sesuai dengan kriteria. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekasaran permukaan pada pengerjaan logam dengan menggunakan mesin bubut antara lain jenis bubut, kecepatan potong, kedalaman pemakanan, kondisi mesin, bahan benda kerja, jenis pahat, geometri mata pahat, pendinginan dan operator. Pemilihan bahan baku memiliki pengaruh yang berkaitan dengan kualitas kekasaran

permukaan. Ketepatan parameter proses yang digunakan dengan jenis pahat yang digunakan diperkirakan akan menghasilkan kehalusan yang maksimal (Lesmono, 2013).

Pahat merupakan suatu alat yang terpasang pada mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda kerja atau membentuk benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. Pengaruh pahat seperti geometri pahat, dan jenis pahat akan mempengaruhi hasil bubut suatu permukaan, hal ini senada dengan penelitian Santoso (2013) yang menerangkan bahwa proses pemesinan dengan menggunakan pahat sebagai perkakas potongnya dan geometri pahat tersebut adalah salah satu faktor terpenting yang dapat menentukan keberhasilan proses pemesinan. Pemesinan bubut tiap benda kerja dilakukan dengan parameter geometri pahat yang berbeda, akan menghasilkan tingkat kekasaran permukaan pada benda kerja yang beraneka ragam, seperti halus dan kasar.

Tingkat kekasaran suatu permukaan merupakan peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen mesin khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan lain sebagainya. Oleh karena itu, dalam perencanaan dan pembuatan harus dilakukan pertimbangan terlebih dahulu mengenai peralatan mesin yang akan digunakan untuk membuat suatu produk serta biaya yang harus dikeluarkan. Mencegahnya penyimpangan dalam melakukan proses pembuatan atau

produksi, maka harus memahami karakteristik permukaan dan perencanaan yang lebih matang oleh operator.

Penelitian kekasaran permukaan telah banyak dilakukan oleh banyak orang, seperti yang pernah dilakukan oleh Azhar (2014). Penelitian tersebut menjelaskan semakin besar kedalaman potong mempengaruhi kehalusan permukaan benda kerja. Pembubutan dilakukan dengan kedalaman potong 0,5 mm dengan kecepatan putar 250 rpm, menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih tinggi dari pembubutan kedalaman potong 0,25 mm dengan kecepatan putar 320 rpm, dengan hasil produk yang lebih halus permukaannya.

Kemudian pada tahun 2017 penelitian dilakukan oleh Sutrisna dkk. yang mengamati pengaruh variasi kedalaman potong dan kecepatan putar mesin bubut terhadap kekasaran permukaan benda kerja baja ST 37. Penelitian memperoleh hasil pembubutan pada kecepatan 490 rpm dengan kedalaman potong 0,4 mm menghasilkan hasil yang lebih halus dibandingkan dengan kedalaman potong 0,8 mm dengan kecepatan 330 rpm, kedalaman potong 0,4 mm dengan kecepatan 330 rpm, serta kedalaman potong 0,8 mm dengan kecepatan 490 rpm.

Penelitian kekasaran permukaan pemesinan baja ST 37 dilakukan oleh Susarno (2012) dengan memanfaatkan pengaruh sudut potong pahat HSS dengan tipe pemotongan *orthogonal*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa

putaran mesin, gerak makan, sudut potong dan kedalaman pemakanan akan mempengaruhi kekasaran permukaan secara signifikan, dengan percobaan sudut potong 85°, 90° dan 95°. Secara grafis menunjukkan bahwa kekasaran permukaan tertinggi terdapat pada sudut potong 85° dengan menghasilkan nilai kekasaran permukaan rata – rata 7,25µm, pada putaran mesin 230 rpm . Nilai kekasaran permukaan terendah terdapat pada sudut potong 95° dengan nilai kekasaran permukaan rata – rata 3,9µm pada putaran mesin 650 rpm.

Melihat penelitian sebelumnya, penulis tertarik untuk melakukan penelitian kekasaran permukaan yang dipengaruhi oleh pengaruh sudut geram dan radius ujung pahat. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan pengaruh sudut geram serta radius ujung pahat terhadap nilai kekasaran permukaan yang telah dilakukan pembubutan. Sehingga metode ini diharapkan dapat menghasilkan nilai kekasaran yang lebih baik serta dapat dijadikan inovasi dalam proses pembubutan untuk mengetahui nilai kekasaran.

B. Tujuan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang dibubut dengan variasi parameter pemesinan dan geometri pahat.
2. Mengetahui pengaruh geometri sudut mata pahat terhadap nilai kekasaran permukaan.

3. Mengetahui kekasaran permukaan yang optimal.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini memerlukan batasan – batasan tertentu untuk pelaksanaan yang lebih terarah, maka penulis membatasi lingkup batasan masalah sebagai berikut:

1. Proses pemesinan dilakukan dengan kondisi *Dry Machining* (tanpa cairan pendingin).
2. Geometri pahat yang dikaji yaitu sudut potong utama, sudut geram, sudut bebas dan sudut radius ujung pahat.

D. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan penulis dalam menyusun laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan landasan teori dan beberapa literatur yang mendukung pembahasan tentang studi kasus yang diambil.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan uraian metode yang digunakan untuk mencapai hasil yang diharapkan dalam penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan hasil data pengujian yang telah dilakukan serta dilakukan analisa data sesuai parameter-parameter yang diujikan.

5. SIMPULAN DAN SARAN

Menyimpulkan keseluruhan analisa yang telah dilakukan serta memberikan saran yang berisikan informasi untuk penelitian berikutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi Baja

Memperelajari ilmu logam akan lebih terstruktur jika diklasifikasikan menurut komposisi kimia, struktur, jumlah komponen dan keperluannya. Menurut komposisi kimianya, baja dikategorikan menjadi dua yaitu kelompok baja karbon dan baja paduan. Klasifikasi baja secara lengkap akan dijelaskan pada keterangan yang tertera dibawah ini :

1. Menurut Komposisi Kimia

a. Baja Karbon

Baja karbon mengandung unsur besi dan karbon, dengan kandungan karbon 0,3% - 1,7%. Sebagian besar, baja hanya memiliki kandungan karbon dengan sedikit unsur paduan lain. Baja karbon umumnya disebut baja mesin, karena mengandung sejumlah unsur seperti mangan (Mn), fosfor (P), silicon (Si) dan lain-lain (Zainuri, 2007). Berdasarkan kandungan karbon, baja dikategorikan menjadi tiga jenis antara lain :

1.a.1 Baja karbon rendah

Baja karbon rendah ialah baja yang mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah mudah di

lakukan pemesinan dan pengelasan. Baja karbon rendah memiliki keuletan dan ketangguhan sangat tinggi, namun memiliki kekerasan yang rendah. Baja karbon rendah umumnya digunakan menjadi bahan baku pembuatan seperti komponen struktur bangunan, perpipaan gedung, bodi dan rangka mobil, jembatan dan lain sebagainya.

1.a.2 Baja karbon sedang

Ialah baja yang memiliki kandungan karbon 0,3% - 0,6%. Baja karbon sedang mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon rendah. Kekuatan tarik serta batas regang yang tinggi, tidak akan mudah dibentuk dengan mesin. Baja karbon sedang umumnya digunakan untuk pembuatan rel kereta api, roda gigi, poros dan lain sebagainya.

1.a.3 Baja karbon tinggi

Ialah baja yang memiliki kandungan karbon 0,6% - 1,7%. Baja karbon tinggi mempunyai kekerasan yang tinggi, tetapi keuletannya rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kekuatan tarik paling tinggi dan umumnya digunakan untuk material *tools*. Baja karbon ini banya dimanfaatkan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti gergaji, palu, pahat potong dan lain sebagainya (ASM *handbook*, 1993).

b. Baja Paduan

Baja paduan adalah baja karbon yang sudah mengalami penambahan satu atau lebih unsur-unsur tambahan ke dalamnya, untuk menghasilkan sifat-sifat sesuai keinginan yang tidak akan dimiliki oleh baja karbon. Logam paduan yang biasanya digunakan yaitu nikel, chrom dan mangan. Berdasarkan kadar paduannya, baja paduan dikategorikan tiga jenis antara lain :

1.b.1. Baja paduan rendah

ialah baja paduan dengan kadar unsur paduan yang rendah. Baja paduan dengan jenis ini mempunyai kandungan paduan kurang dari 10%. Baja ini umumnya digunakan untuk alat perkakas seperti poros dan gergaji.

1.b.2. Baja paduan menengah

Baja paduan menengah adalah baja dengan kandungan paduan elemen 2,5% - 10%. Adapun unsur-unsur yang dimiliki baja tersebut misalnya seperti unsur chrom (Cr), mangan (Mn), nikel (Ni), belerang (S), silicon (Si), fosfor (P) dan lain sebagainya.

1.b.3. Baja paduan tinggi

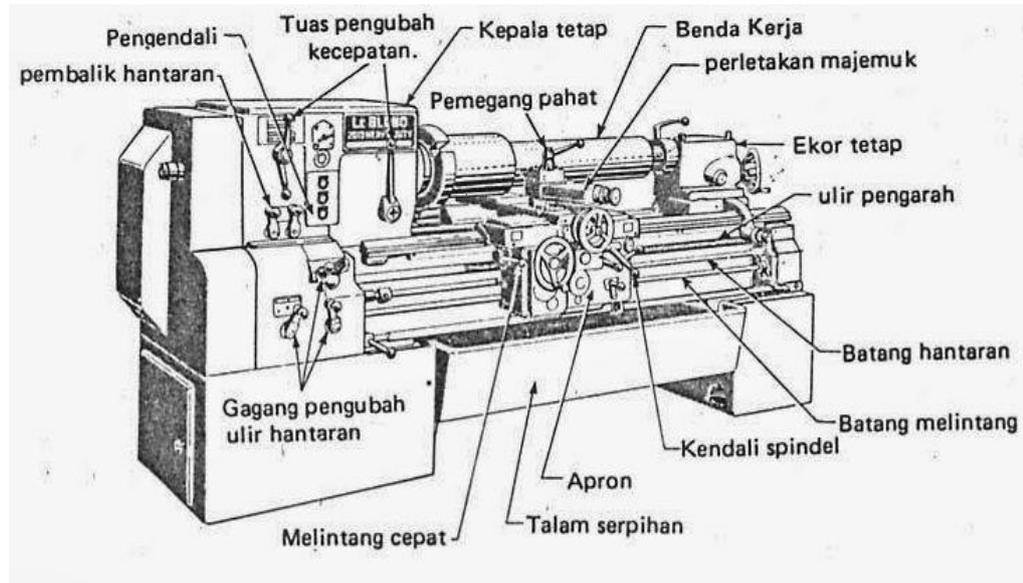
Baja paduan tinggi ialah baja paduan dengan kadar unsur paduan lebih dari 10%. Adapun unsur-unsur yang terkandung pada baja tersebut seperti unsur chrom (Cr), mangan (Mn), belerang (S), silicon (Si) dan fosfor (P) (Mulyanti, 1996).

B. Proses Pemesinan Bubut

Pemesinan bubut (*Turning*) merupakan proses pemesinan dimana menggunakan perkakas mata tunggal (*single point cutting tool*) untuk memotong bagian dari benda kerja atau *specimen* yang berputar. Prinsip kerja dari pemesinan bubut adalah mengurangi diameter benda kerja. Pada proses bubut, benda kerja digenggam oleh pencekam, yang mencekam benda kerja dan dipasang diujung poros utama *spindle*. Kepala diam terdapat lengan pengatur, selanjutnya mengatur lengan pengatur tersebut.

Putaran poros utama (n) dapat digunakan sesuai dengan spesifikasi pahat yang digunakan. Harga putaran poros utama umumnya dibuat bertingkat, sesuai dengan aturan yang sesuai standar, misalnya 165, 275, 425, 960 dan 1020 rpm. Benda kerja melakukan gerak potong dengan gerak rotasi, sedangkan pahat melakukan gerak makan dengan gerak translasi.

Pahat dipasang padaudukan pahat sedangkan kedalaman potong (d) melakukan pengaturan dengan menggeser peluncur silang menggunakan roda pemutar (skala yang tertera dipemutar menunjukkan suatu selisih harga diameter) sehingga kedalaman gerak translasi serta gerak makannya diatur melalui lengan pengatur yang terdapat di rumah roda gigi. Gerak makan (f) yang tersedia dimesin bubut dibuat bertingkat dengan aturan yang sesuai dengan standar. Mesin bubut memiliki bagian yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



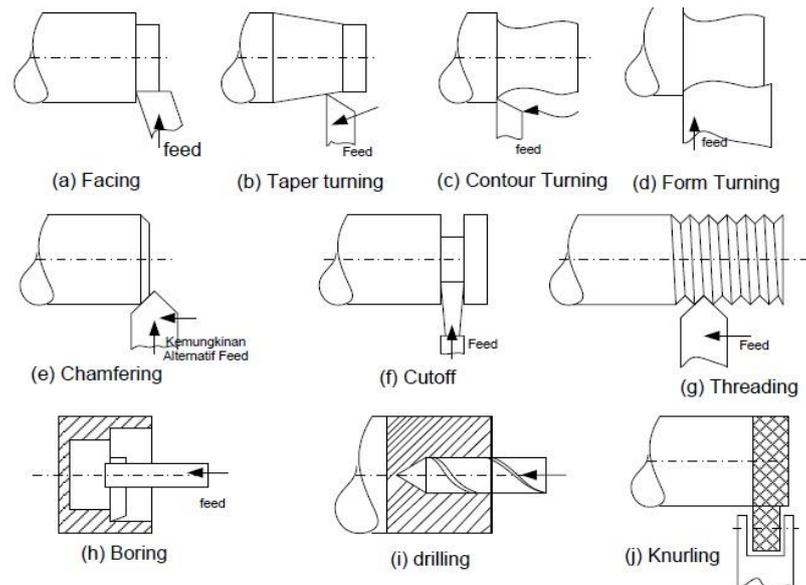
Gambar 1. Bagian - bagian mesin bubut

(Sumber : Setiawan, 2014)

Definisi proses bubut yang sesuai ASM Internasional yaitu proses pemesinan konvensional untuk membentuk permukaan yang dilakukan dengan pahat terhadap benda kerja yang berputar. Pemakaian ini dirancang untuk melakukan pemotongan bagian-bagian material yang tidak perlu digunakan, sehingga benda kerja mendapatkan dimensi, toleransi, dan keberhasilan penyelesaian yang sesuai dengan rancangan teknisnya.

Fungsi mesin bubut yaitu membentuk *spesimen* sesuai dengan spesifikasi geometri yang telah ditentukan, umumnya berpenampang silinder dan berbahan dari logam, sesuai dengan ukuran dan bentuk yang dikehendaki dengan melakukan pemotongan atau membuang. Bagian dari benda kerja yang terbentuk menjadi geram dengan menggunakan pahat potong yang lebih keras dari benda kerja yang akan dipotong (Setiawan, 2014). Jenis – jenis

proses mesin bubut berdasarkan posisi benda kerja yang akan dibuat pada mesin bubut, ada beberapa proses bubut yaitu : pembubutan silindris (*turning*), pengerjaan tepi atau bubut muka (*facing*), bubut alur (*grooving*), bubut ulir (*threading*), pemotongan (*Cut – off*), meluaskan lubang (*boring*), bubut bentuk (*forming*), bubut inti (*trepanning*) dan bubut konis.

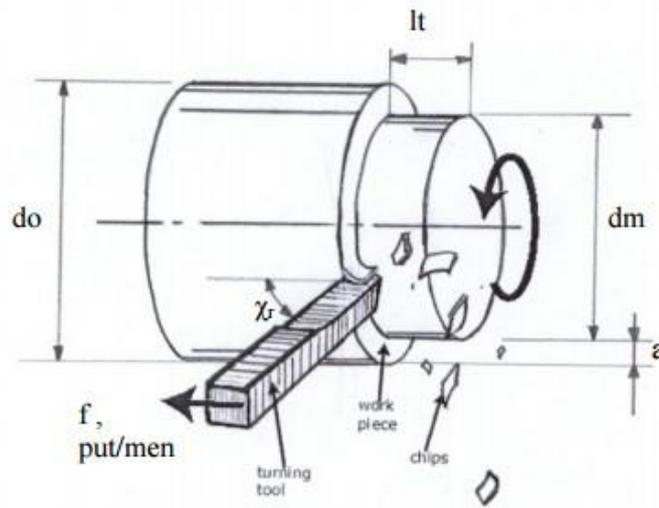


Gambar 2. Proses pengerjaan pada mesin bubut

(Sumber : Purnomo, 2017)

C. Parameter Pemesinan Bubut

Beberapa parameter yang perlu diperhatikan saat melakukan proses pemesinan, terutama proses bubut. Berikut adalah penjelasan gambar untuk lebih memahami proses bubut :



Gambar 3. Skema proses bubut

(Sumber : Purnomo,2017)

- Keterangan :
- do = Diameter awal (mm)
 - dm = Diameter akhir (mm)
 - l_t = Panjang pemotongan (mm)
 - a = Kedalaman pemakanan (mm)
 - χ_r = Sudut potong utama ($^{\circ}$)
 - f = Putaran poros utama (putaran/menit)

1. Kecepatan Potong

Kecepatan potong merupakan sebagai kerja rata – rata sebuah titik lingkaran yang terdapat dipahat potong dalam waktu satu menit. Kecepatan putar (*speed*) selalu dikaitkan dengan sumbu utama (*spindle*) serta benda kerja. Kecepatan putar secara sederhana diasumsikan dengan keliling benda kerja dikali dengan kecepatan putar dan dinyatakan dengan unit satuan m/menit (Widarto, 2008).

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} ; \dots\dots\dots (1)$$

$$d = \frac{(d_0 - d_m)}{2} ; \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : d = diameter rata – rata (mm)

V = kecepatan potong (m/menit)

2. Kecepatan Pemakanan

Gerak makan (*feeding*) merupakan jarak yang ditempuh pahat setiap benda kerja yang mengalami putaran dalam satu kali sehingga satuannya adalah mm/rev. Gerak makan dapat ditentukan oleh material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, kekuatan mesin serta tingkat kehalusan permukaan yang diinginkan. Kecepatan makan memiliki pengertian yaitu jarak dari gerakan pahat potong sepanjang jarak kerja untuk setiap putaran dari *spindle* (Purnomo, 2017).

$$V_f = f \times n ; \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan : V_f = Kecepatan pemakanan (mm/min)

f = gerak makan (mm/rev)

n = putaran *spindle* (rpm)

3. Waktu Pemotongan

Waktu pemotongan merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk (Rochim, 1993). Rumus waktu pemotongan yaitu:

$$t_c = \frac{lf}{vf}; \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan : t_c = waktu pemotongan (menit)

lf = panjang pemotongan (mm)

4. Kedalaman Potong

Kedalaman potong dapat diartikan yaitu kedalaman geram yang diambil oleh pahat potong. Ketika pembubutan kasar, kedalaman potong menjadi maksimum tergantung kondisi mesin tersebut, tipe pahat potong yang akan dipakai dan ketermesinan dari benda kerja (Rochim, 1993). Rumus kedalaman potong yaitu:

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

Keterangan : d_o = Diameter awal (mm)

d_m = diameter akhir (mm)

5. Kecepatan Penghasilan Geram

Geram merupakan potongan dari material yang terlepas dari benda kerja oleh pahat potong dan dapat dijelaskan dalam rumus berikut :

$$Z = A \times Vc ; \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$A = a \times f ;$$

Keterangan : Z = Besar laju pembuangan tatal (cm^3/min)

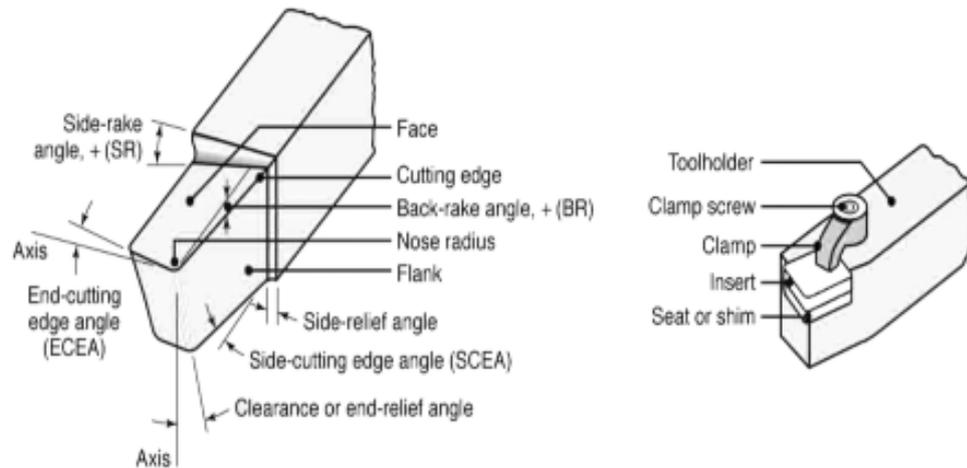
A = Penampang tatal sebelum terpotong (mm)

a = Kedalaman pemotongan (mm)

f = gerak makan (mm/rev)

D. Geometri Pahat

Groover (2010) telah menjelaskan bahwa alat potong dibagi menjadi dua yaitu *single tools* dan *multiple cutting edge*. *Single cutting tools* digunakan untuk pengerjaan bubut, pengurdian, *shaping* dan *planning*. *Multiple cutting edge* digunakan untuk pengerjaan bor, *milling* dan *sawing*. Geometri pahat terdiri atas beberapa bidang antara lain sudut potong sisi samping (*side cutting edge angle*), sudut bebas muka (*end cutting edge angle*), sudut bebas geram (*side rake angle*) dan sudut bebas sisi (*side relief angle*). Kekasaran permukaan benda kerja yang sudah dibubut dipengaruhi oleh geometri sudut pahat. Sudut potong dan radius ujung pahat mempengaruhi kehalusan hasil pemesinan bubut.



Gambar 4. Geometri sudut pahat

(Sumber :Groover, 2010)

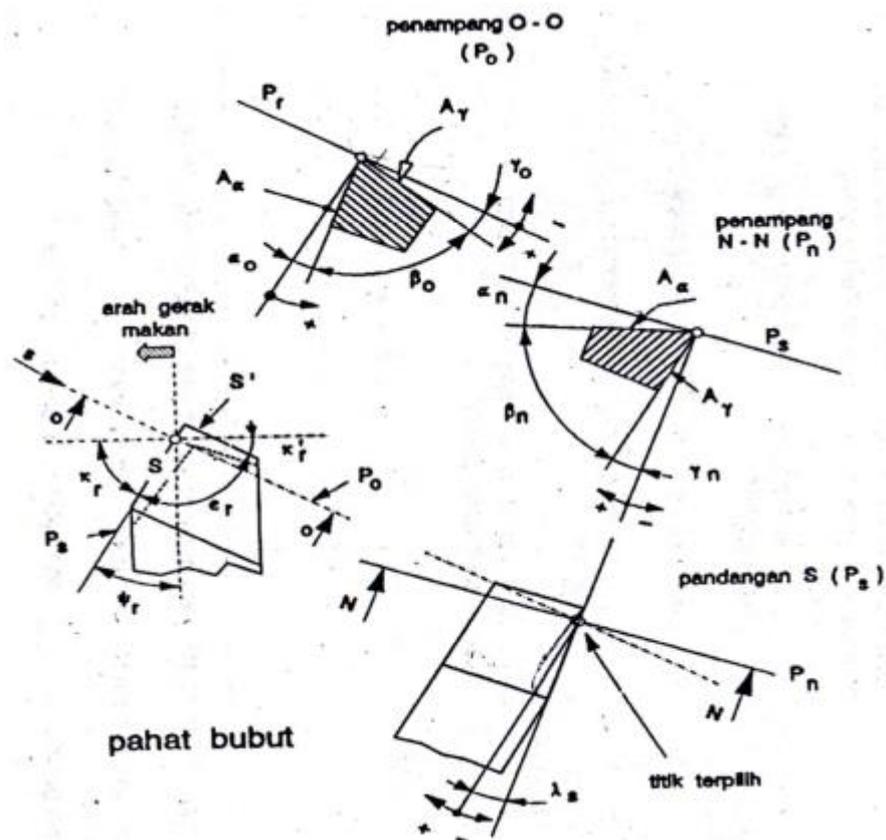
Beberapa geometri sudut pahat yang memiliki pengaruh terhadap umur pakai pahat dan kekasaran permukaan antara lain :

1. Sudut bebas orthogonal (α_o)

Kegunaan dari sudut bebas adalah untuk mengurangi gesekan antara bidang utama pahat dengan bidang *transien* dari benda kerja. Temperatur yang tinggi akan yang berasal dari gesekan akan dihindari dengan keausan tepi (*flank wear*) akan tidak cepat terjadi. Pemilihan dari besar sudut bebas ditentukan oleh jenis benda kerja yang digunakan dan kondisi pemotongan.

Semakin besar gerak pemakanan, gaya pemotongan yang ditimbul akan semakin besar, sehingga agar memperkuat pahat dibutuhkan penampang β_o yang besar, maka dari itu sudut bebas α_o harus diperkecil (jika sudut geram γ_o tidak boleh diubah) (Rochim, 1993). Umumnya untuk besar gerak pemakanan tertentu memiliki harga optimum untuk sudut bebas

yang memberikan umur pahat paling tinggi. Sebab, pengaruh deformasi akibat gaya pemakanan yang tinggi, maka besar sudut bebas dapat diperkecil jika material benda kerjanya sangat keras serta dapat diperbesar jika benda kerja relatif lunak.



Gambar 5. Geometri sudut pahat HSS

(Sumber : Rochim, 1993)

2. Sudut geram orthogonal (γ_o)

Sudut geram memiliki pengaruh terhadap proses terjadinya pembentukan geram. Kecepatan potong tertentu, sudut geram yang besar akan terjadi penurunan rasio pemampatan tebal geram λ_h yang mengakibatkan terjadinya kenaikan sudut geser Φ . Sudut geser yang besar akan menurunkan penampang bidang geser, sehingga gaya pemotongan

mengalami penurunan. Sudut geram γ_o tidak boleh besar, karena menjaga kekuatan pahat serta untuk memperlancar proses perambatan panas. Perambatan panas yang terhambat dapat menaikkan temperatur pahat, sehingga umur pahat mengalami penurunan.

3. Sudut miring (λ_s)

Sudut miring akan mempengaruhi arah aliran geram, bila sudut miring bernilai 0 maka arah aliran geram akan tegak lurus mata potong. Aliran geram menghasilkan sudut sebesar ρ_c terhadap garis tegak lurus mata potong. Menurut Stebler, sudut miring pada aliran geram kurang lebih sama dengan sudut miring λ_s . Adanya sudut miring akan mengakibatkan panjang kontak antara pahat potong dengan benda kerja menjadi lebih panjang dan energi pemotongan spesifik E_{sp} tidak berubah hingga sudut miring mencapai 20° (Rochim, 1993). Temperatur bidang kontak memiliki harga minimum, yaitu jika λ_s berharga $+5^\circ$ untuk proses *finishing* dan -5° untuk proses *roughing*. Untuk memperkuat pahat dan menurunkan gaya kejut (*impact*) dalam proses pembubutan dapat digunakan sudut miring -20° .

4. Sudut potong utama (K_r)

Sudut potong utama memiliki peranan penting, antara lain :

- a. Menentukan lebar serta tebal geram sebelum terjadinya pemotongan.
- b. Menentukan panjang mata potong yang akan aktif atau panjang kontak antara geram dengan bidang pahat.

c. Menentukan besar gaya radial F_x .

Kedalaman pemotongan tertentu dan kecepatan potong yang stabil, dan dengan memperkecil sudut potong utama akan menghasilkan turunnya tebal geram sebelum pemotongan dan meningkatkan lebar geram. Tebal geram yang kecil akan berdampak menurunkan temperatur pemotongan, sedangkan lebar geram yang besar akan mempercepat proses perambatan panas pada pahat, sehingga temperatur pahat potong akan lebih rendah serta umur pahat lebih lama (Rochim, 1993). Pemakaian sudut potong utama yang terlalu kecil tidak selalu menguntungkan, karena menaikkan gaya radial F_x . Gaya radial yang besar memungkinkan menaikkan lenturan atau getaran sehingga menurunkan ketelitian kualitas produk dan hasil pemotongan menjadi kasar. Maka sebab itu sudut potong utama K_r dapat diubah sampai mendapat harga yang optimum.

5. Sudut potong bantu (K'_r)

Orientasi dari bidang potong bantu terhadap suatu permukaan benda kerja yang sudah dilakukan pemotongan ditentukan sudut bantu K'_r dan sudut bebas minor. Bila sudut bebas minor α' cukup besar untuk mengurangi gesekan, prinsip sudut potong bantu K'_r dapat dipilih sekecil mungkin, sebab selain memperkuat ujung pahat, kehalusan produk dapat meningkat (Rochim, 1993). Kendalanya adalah kekakuan sistem pemotongan (benda kerja, metode pencekam benda kerja dan pahat serta mesin perkakas yang akan digunakan), sebab sudut potong bantu yang

kecil akan dapat mempertinggi gaya radial F_x . Aturan yang digunakan sebagai acuan adalah antara lain :

- a. Sistem pemotongan kaku, $K'_r = 5^\circ$ hingga 10° .
- b. Sistem pemotongan lemah, $K'_r = 10^\circ$ hingga 20° .

6. Radius pojok (r_ϵ)

Radius pojok digunakan untuk memperkuat ujung pertemuan antara mata potong utama S dengan mata potong minor S' dan juga untuk menentukan kehalusan hasil pemotongan. Semakin besar penampang tatal maka pojok pahat harus dipilih lebih kuat. Radius pojok yang besar dapat memperbesar gaya radial F_x . Berikut adalah tabel harga radius pojok yang dianjurkan untuk kedalam potong yang akan digunakan (Rochim, 1993):

Tabel 1. Harga Radius Pojok

Kedalaman Pemakanan (mm)	r_ϵ (mm)
s.d. 3	0,5 s.d. 0,8
3 s.d. 10	0,8 s.d. 1,5
10 s.d. 20	1,5 s.d. 2,0

E. Pahat

Pahat merupakan alat potong yang terpasang pada mesin perkakas dengan penggunaan untuk memotong benda kerja atau membentuk benda kerja menjadi bentuk yang dikehendaki. Pahat berfungsi untuk memotong

material-material yang keras, sehingga material pahat harus memiliki sifat – sifat yang dijelaskan dibawah ini:

1. Keras, tingkat kekerasan material pahat harus lebih keras dari pada material benda kerja.
2. Tahan terhadap gesekan, bertujuan agar saat proses pembubutan pahat tidak mudah habis atau berkurang dimensinya, hal ini untuk mencapai tingkat keakuratan dimensi dan ukuran benda kerja.
3. Ulet, karena pada saat terjadi proses pembubutan, pahat akan menerima beban kejut.
4. Tahan panas, material pahat harus tahan panas, disebabkan saat pahat melakukan pemakanan, menimbulkan panas yang cukup tinggi (250°C – 400°) tergantung putaran dari mesin bubut yang digunakan (semakin tinggi putaran mesin bubut, maka semakin tinggi suhu yang dihasilkan).
5. Ekonomis, sebab pemilihan material pahat harus sesuai dengan jenis pengerjaan yang dilakukan dan jenis material benda kerja.

Keuletan yang rendah dan ketahanan *thermal* yang rendah akan mengakibatkan rusaknya mata pahat maupun retak mikro pada pahat yang dapat mengakibatkan kerusakan fatal di pahat potong dan benda kerja. Sifat unggul diatas perlu dimiliki oleh material pahat, namun semua sifat diatas dapat dipenuhi secara seimbang. Meningkatnya kekerasan, ketahanan gesek dan ketahanan thermal selalu diikuti oleh penurunan keuletan. Berbagai penelitian dilakukan untuk meningkatkan kekerasan dan upaya menjaga

keuletan agar tidak rendah sehingga pahat potong tersebut dapat difungsikan pada kecepatan potong yang tinggi.

Mulanya untuk memotong baja diperlukan baja karbon tinggi untuk bahan pahat potong, dengan penggunaan kecepatan potong bisa mencapai 10 m/menit. Berkat kemajuan teknologi, kecepatan potong ini dapat meningkat sehingga mampu mencapai sekitar 700 m/menit dengan menggunakan pahat CBN (*Cubic Baron Nitride*). Selain CBN, jenis karbida dan keramik dapat digunakan dengan baik untuk kecepatan potong dengan temperatur kerja yang tinggi. Material pahat saat ini yang sering digunakan adalah HSS dan karbida. Berikut ini adalah jenis material - material pahat secara beruntun dari yang paling lunak namun ulet, hingga paling keras namun getas, antara lain :

1. Baja Karbon Tinggi
2. HSS (*High Speed Steels*)
3. Paduan Cor Non Ferro
4. Karbida
5. CBN (*Cubic Baron Nitride*)

Pahat HSS merupakan baja paduan yang mengalami proses perlakuan panas (*heat treatment*) sehingga kekerasannya cukup tinggi dan tahan terhadap temperatur tinggi tanpa mengalami menjadi lunak (*annealed*). Pahat HSS juga dapat digunakan untuk kedalaman potong yang lebih dalam pada kecepatan potong yang lebih tinggi dibandingkan dengan pahat baja karbon. Bila telah mengalami keausan, maka pahat HSS dapat diasah kembali.

Keuletan pahat HSS relatif baik hingga saat ini berbagai jenis pahat HSS masih tetap digunakan. *Hot Hardness* dan *recovery hardness* yang cukup tinggi pada pahat HSS dapat diperoleh berkat adanya unsur-unsur paduan W, Cr, V, Mo dan Co. Pengaruh unsur-unsur diatas pada unsur besi (Fe) dan karbon (C) adalah sebagai berikut :

- a. Tungsten atau *wolfram* (W) meningkatkan *Hot Hardness* dengan membentuk (F_3W_2C) sehingga menimbulkan kenaikan temperatur untuk proses *hardening* dan *hot hardness*.
- b. *Chromium* (Cr) dapat menaikkan *hardenability* dan *hot hardness*.
- c. *Vanadium* (V), dapat menurunkan sensitivitas terhadap *overheating* serta menghaluskan besar butir.
- d. *Molybdenum* (Mo), memiliki efek yang sama seperti W, namun lebih sensitif terhadap *overheating*, serta lebih liat.
- e. *Cobalt* (Co) untuk meningkatkan *hot hardness* dan tahan terhadap keausan.

Material pahat HSS dapat dipilih dengan jenis M atau T. Jenis M adalah pahat HSS yang mengandung unsure *molybdenum*, sedangkan jenis T berarti pahat HSS mengandung unsur tungsten. Beberapa jenis HSS dengan standar AISI dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Jenis Pahat HSS

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

F. Kekasaran Permukaan

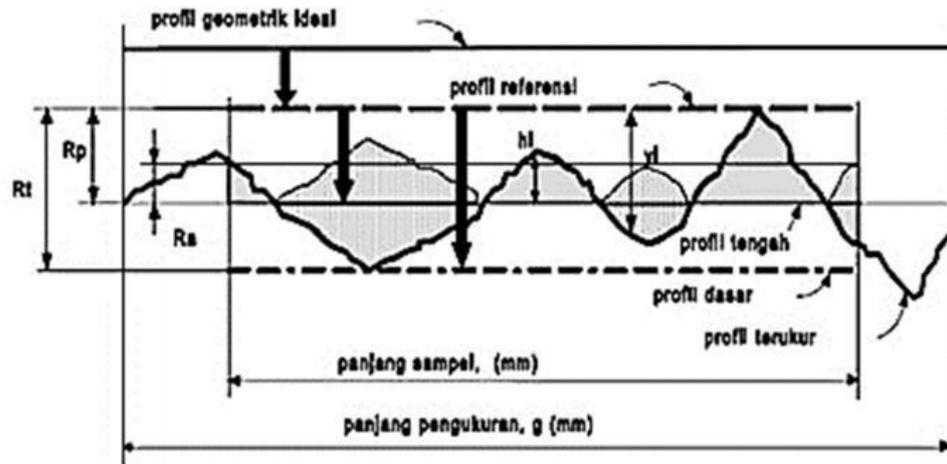
Permukaan benda kerja yang mengalami proses pemesinan akan mengalami kekasaran permukaan. Permukaan adalah batas yang memisahkan antara benda padat dengan sekelilingnya. Ditinjau skala kecil, dasar konfigurasi permukaan ialah suatu karakteristik geometri golongan mikrogeometri. Golongan makrogeometri merupakan permukaan secara menyeluruh yang membuat bentuk atau rupa yang spesifik, contohnya lubang, permukaan poros, permukaan sisi dan lain – lain yang mencakup pada dimensi geometri ukuran, bentuk dan posisi (Chang Xue, 2002).

Pengertian dari kekasaran permukaan adalah ketidak teraturan konfigurasi dan adanya penyimpangan rata – rata aritmetik dari garis rata – rata permukaan yang dapat terlihat pada profil permukaan. Kekasaran permukaan

juga dapat dinyatakan dengan jarak rata – rata dari profil ke garis tengah antara puncak tertinggi dan lembah terdalam dari suatu permukaan yang menyertai proses produksi karena disebabkan oleh proses pengerjaan mesin.

Permukaan suatu benda kerja akan memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda – beda, sesuai dengan kualitas suatu proses pemesinan dan parameternya. Nilai kekasaran permukaan mempunyai nilai kualitas (N) yang berbeda – beda. Nilai kualitas kekasaran permukaan telah diklasifikasikan oleh ISO dengan ukuran paling kecil adalah N1 dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) 0,025 μm sedangkan yang paling tinggi N12 dengan nilai kekasaran 50 μm (Kurniawan, 2018). Kekasaran permukaan dapat dibedakan menjadi dua jenis, antara lain :

1. *Ideal Surface Roughness*, merupakan kekasaran ideal yang dapat dicapai dalam proses pemesinan dengan kondisi ideal.
2. *Natural Surface Roughness* merupakan kekasaran alamiah yang timbul dalam proses pemesinan karena adanya suatu hadirnya faktor yang mempengaruhi proses pemesinan, antara lain :
 - a. Keahlian operator.
 - b. Getaran yang terjadi pada mesin.
 - c. Ketidak teraturan mekanisme makan.
 - d. Adanya cacat pada material.



Gambar 6. Profil kekasaran permukaan

(Sumber : Rochim, 2007)

Profil kekasaran permukaan memiliki penjelasan yang terkait dengan gambar diatas, sebagaimana dapat dijelaskan dibawah ini :

- Profil geometrik ideal yaitu permukaan yang sempurna bisa berupa garis lurus, lengkung dan busur.
- Profil terukur (*measured* profil) merupakan profil permukaan yang terukur.
- Profil referensi yaitu profil yang difungsikan sebagai acuan untuk menganalisa ketidakaturan konfigurasi permukaan.
- Profil akar atau alas, adalah profil referensi yang dapat digeserkan kebawah sehingga menyinggung titik terendah profil terukur.
- Profil tengah, merupakan profil yang digeserkan kebawah sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagi daerah – daerah diatas profil tengah sampai profil terukur adalah sama dengan jumlah luas daerah – daerah dibawah profil tengah sampai ke profil terukur.

Berdasarkan profil pada gambar 4.diatas, dapat didefinisikan bahwa adanya beberapa variabel permukaan, yaitu (Purnomo, 2017) :

1. Kekasaran total (*peak to valley height or total height*), R_t (μm) merupakan jarak antara profil referensi dengan profil alas.
2. Kekasaran perataan (*depth of surface smoothness or peak to mean line*), R_p (μm) merupakan jarak rata – rata antara profil referensi dengan profil terukur.
3. Kekasaran rata – rata aritmetik (*mean roughness index or center line average, CLA*), R_a (μm) merupakan harga rata – rata aritmetik dibagi dengan harga absolutnya jarak antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_a = \frac{1}{l} \int |h_i| dx \quad ; (\mu\text{m}) \dots\dots\dots (7)$$

4. Kekasaran rata – rata kuadratik (*root mean square height*), R_q (μm) merupakan akar bagi jarak kuadrat rata – rata antar profil terukur dengan profil tengah.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int h_i^2 dx} \quad ; (\mu\text{m}) \dots\dots\dots (8)$$

5. Kekasaran total rata – rata , R_z (μm) adalah jarak rata – rata profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata – rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.

$$R_z = \frac{\sum(R_1 + R_2 + \dots R_5 - R_6 \dots R_{10})}{5} \quad ; (\mu\text{m}) \dots\dots\dots (9)$$

variabel kekasaran yang umumnya dipakai dalam proses produksi untuk mengukur kekasaran permukaan benda adalah kekasaran rata – rata (R_a). Harga R_a lebih sensitif dengan adanya perubahan yang terjadi pada proses pemesinan. Faktor lain yang mempengaruhi harga R_a seperti yang diriwayatkan oleh Schey (2009) adalah bila sebuah alat iris dengan jari-jari kelengkungan moncong alat iris atau radius (R) digerakkan dengan pengumpanan f diantara sejumlah pemotongan yang berurutan, maka nilai kekasaran melintang idealnya dapat dihitung dengan mempertimbangkan geometrinya :

$$R_a = \frac{f^2}{32R} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan : R_a = harga kekasaran permukaan

f = gerak makan

R = radius

Toleransi harga R_a , sebagai contoh halnya ukuran (lubang dan poros) harga kekasaran rata – rata aritmetis R_a juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Harga toleransi kekasaran R_a menurut ISO R 1302 ditunjukan pada tabel 3.

Tabel 3. Toleransi Harga Kekasaran Rata – rata (Ra)

Kelas Kekasaran	Harga C L A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi	Panjang Sampel (mm)
N1	1	0,0025	0,02 – 0,04	0,08
N2	2	0,05	0,04 – 0,08	
N3	4	0,0	0,08 – 0,15	0,25
N4	8	0,2	0,15 – 0,3	
N5	16	0,4	0,3 – 0,6	
N6	32	0,8	0,6 – 1,2	
N7	63	1,6	1,2 – 2,4	
N8	125	3,2	2,4 - 4,8	0,8
N9	250	6,3	4,8 – 9,6	
N10	500	12,5	9,6 – 18,75	2,5
N11	1000	25,0	18,75 – 37,5	
N12	2000	50,0	37,5 – 75,0	8

(Sumber : ISO R 1302)

Toleransi harga kekasaran rata – rata (Ra) dari suatu permukaan benda kerja bergantung pada proses pengerjaannya. Hasil pengerjaan permukaan dengan menggunakan mesin gerinda akan lebih halus dari pada dengan menggunakan mesin bubut. Tabel 4. berikut ini akan menjelaskan contoh harga kelas kekerasan rata – rata kekasaran menurut proses pengerjaannya.

Tabel 4. Tingkat Kekasaran Rata – rata Permukaan Menurut Proses Pengerjaannya

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
<i>Flat and cylindrical lapping,</i>	$N_1 - N_4$	0.025 – 0.2
<i>Super finishing diamond turning</i>	$N_1 - N_6$	0.025 – 0.8
<i>Flat cylindrical grinding</i>	$N_1 - N_8$	0.025 – 3.2
<i>Finishing</i>	$N_4 - N_8$	0.1 – 3.2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	$N_5 - N_{12}$	0.4 – 50
<i>Shapping, planning, horizontal milling</i>	$N_6 - N_{12}$	0.8 – 50
<i>Sand casting and forging</i>	$N_{10} - N_{11}$	12.5 – 25
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	$N_6 - N_8$	0.8 – 3.2
<i>Die casting</i>	$N_6 - N_7$	0.8 – 1.6

G. Metode Taguchi

Metode Taguchi digagas oleh Dr. Genichi Taguchi tahun 1949 saat mendapat tugas untuk memperbaiki sistem komunikasi di Jepang. Beliau mempunyai latar belakang *engineering*, serta mendalami statistika dan matematika tingkat lanjut sehingga berhasil menggabungkan antara teknik statistik dan pengetahuan *engineering*.

Metode Taguchi dikembangkan untuk melakukan perbaikan kualitas dengan langkah percobaan baru, artinya adanya pendekatan lain yang dapat menghasilkan tingkat kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Process Control*). Keberhasilan Taguchi menghasilkan disiplin ilmu dan struktur desain eksperimen, sehingga adanya standarisasi metodologi desain

yang mudah dapat diterapkan oleh pengembang. Adapun konsep Taguchi yaitu:

1. Kualitas harusnya inti suatu produk dan bukan diinspeksi intinya.
2. Kualitas dapat tercapai dengan baik melalui cara meminimalkan deviasi target. Produk harus dibangun sedemikian rupa sampai dapat menanggulangi faktor lingkungan yang tidak terkendali.
3. Biaya dari kualitas produk selayaknya dikalkulasikan sebagai fungsi deviasi dari standar yang digunakan beserta kerugian produk yang dihitung dalam sistem.

Konsep Taguchi dirancang dari penelitian W.E. Deming dengan 85% kualitas yang buruk disebabkan proses manufaktur dan hanya 15% berasal dari pekerja. Hasil eksperimen harus melalui analisa agar dapat memenuhi syarat satu atau lebih kondisi sebagai berikut:

1. Menentukan kondisi terbaik untuk sebuah produk atau proses.
2. Memperkirakan persentase kontribusi dari masing – masing variabel.
3. Memperkirakan respon yang terjadi dari kondisi optimum.

Kelebihan dari penggunaan metode Taguchi antara lain:

- a. Mengurangi jumlah percobaan, jika dibandingkan dengan menggunakan percobaan *full factorial*, sehingga dapat menghemat waktu dan biaya.
- b. Melakukan pengamatan terhadap rata-rata dan variasi karakteristik kualitas sekaligus, sehingga pemecahan masalah lebih luas.

- c. Mengetahui variabel yang memiliki pengaruh terhadap karakteristik kualitas melalui perhitungan *Average* dan Rasio S/N, sehingga variabel yang berpengaruh tersebut dapat diupayakan perhatian khusus.

Kekurangan dari penggunaan metode Taguchi yaitu jika percobaan yang dilakukan dengan banyak faktor dan interaksi, akan mengakibatkan pembauran beberapa interaksi oleh faktor utama. Sehingga keakuratan hasil percobaan akan berkurang, jika interaksi yang diabaikan tersebut memang benar – benar berpengaruh terhadap karakteristik yang diamati. Menurut Robert H Lochner and Joseph E Matar (1990), filosofi Taguchi dirangkum menjadi tujuh elemen dasar (*Seven Point Taguchi*) :

1. Hal penting dari suatu kualitas produk yang akan diproduksi adalah total kerugian yang terdapat pada produk tersebut ke konsumen.
2. Era ekonomi yang penuh dengan persaingan, perbaikan kualitas yang berkelanjutan dan pengurangan biaya merupakan hal penting untuk dapat bertahan dalam dunia bisnis.
3. Perbaikan yang berkelanjutan meliputi pengurangan variansi dari karakteristik produk dari nilai harga yang ada.
4. Kerugian yang dialami oleh konsumen akibat adanya produk yang bervariasi seringkali mendekati proporsi deviasi kuadrat dari karakteristik nilai harga target.
5. Kualitas produk akhir dan biaya produksi ditetapkan oleh perluasan yang besar dengan desain *engineering* dari produk dan produksinya.

6. Variasi dari produk maupun proses dapat diminimalkan dengan mengeksploitasikan efek nonlinear dari variabel produk maupun proses karakteristiknya.
7. Desain eksperimen dengan statistik dapat digunakan untuk mengidentifikasi *setting* variabel produk atau proses sehingga dapat mengurangi variasi.

Penggunaan respon Taguchi terhadap kekasaran permukaan adalah *smaller is better*. Respon *smaller is better* yaitu semakin kecil hasil S/N ratio masing – masing faktor, maka data variabel terikat suatu penelitian memiliki kualitas yang semakin baik. Rumus respon *smaller is better* adalah sebagai berikut :

$$S/N SiB = -10 \log\left[\frac{1}{n} \sum y^2\right] \dots \dots \dots (11)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan dilaboratorium Teknologi Produksi Universitas Lampung. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2018 sampai dengan Desember 2018. Jadwal dapat dilihat dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 5. Rincian Jadwal Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan				
		Agustus	September	Oktober	November	Desember
1.	Studi Pustaka	■				
2.	Persiapan dan Set-up Alat		■			
3.	Pelaksanaan Percobaan			■		
4.	Analisa Data Percobaan				■	
5.	Pembuatan Laporan					■

B. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Material ST 37

Material benda yang digunakan untuk penelitian ini sebagai specimen uji adalah material ST-37. Benda kerja yang digunakan berbentuk bulat dengan diameter 30 mm dan panjang 400 mm. ST-37 adalah jenis material yang diklasifikasikan kedalam baja karbon rendah (*low carbon steel*). Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini mempunyai ketangguhan dan keuletan tinggi, namun mempunyai sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, dan lain sebagainya.

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

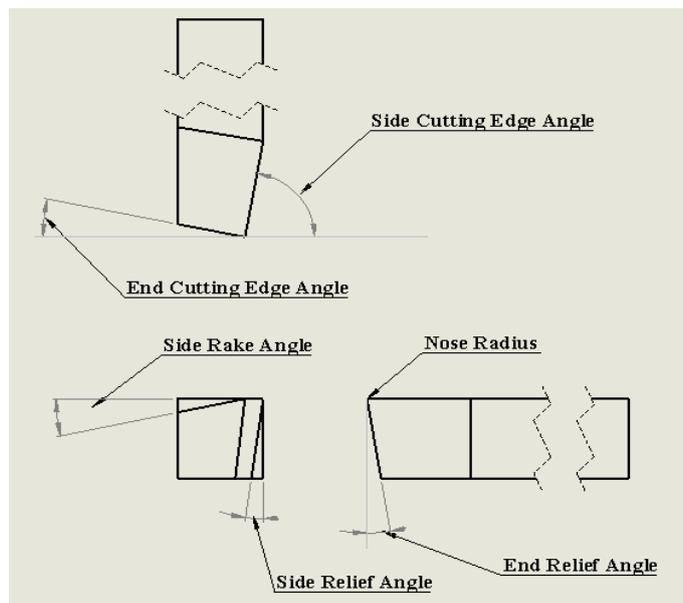
1. Pahat Bubut HSS

Pahat ini memiliki kekerasan 65 HRC dan dipakai untuk baja karbon.



Gambar 7. Pahat bubut HSS

Pahat bubut rata mempunyai sudut potong dan sudut – sudut kebebasan sebagai berikut :sudut potong sisi samping (*Side Cutting Edge Angle*) 85° , 80° dan 75° , sudut bebas geram (*Side Rake Angle*) 12° , 15° dan 18° , sudut bebas muka (*End Cutting Edge Angle*) $8^\circ - 10^\circ$ dan sudut bebas samping (*Side Relief Angle*) $10^\circ - 13^\circ$. Geometri pahat dapat dilihat dengan gambar dibawah ini :



Gambar 8. Geometri sudut pahat

2. Mesin Bubut

Mesin bubut yang digunakan adalah mesin bubut konvensional merk PINACHO type S-90/200. Berikut spesifikasi mesin bubut tersebut :

Tabel 6. Spesifikasi Mesin Bubut

Fitur	Spesifikasi
Merk	PINACHO
Tipe	S-90/200

Buatan	Spain, July 1999
<i>Central High</i>	200 mm
<i>Central Distance</i>	750 – 1150 mm
<i>Swing Over Bed</i>	400 mm
<i>Swing Over Carriage</i>	370 mm
<i>Swing Cross Slide</i>	210 mm
<i>Swing Over Grap</i>	600 mm
<i>Bed Width</i>	300 mm
<i>Main Motor Power</i>	4 Kw
<i>Pump Motor Power</i>	0,06 Kw



Gambar 9. Mesin bubut

3. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter benda kerja.



Gambar 10. Jangka sorong

4. *Surface Roughness Tester*

Alat ini digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan dengan standar properties pengukuran Ra, Rz, Ry dan memiliki ketelitian alat 0,01 μm .

Berikut ini tabel spesifikasi *Surface Roughness Tester* yang digunakan :

Tabel 7. Spesifikasi *Surface Tester*

Merk	Mitutoyo SJ-210
Pabrikasi	Japan
Ketelitian	0,01 μm



Gambar 11. *Surface roughness taster*

5. Mal Radius

Mal radius berfungsi untuk mengukur *nose radius* pada saat melakukan pengasahan geometri pahat HSS.



Gambar 12. Mal radius

6. Mesin Gerinda

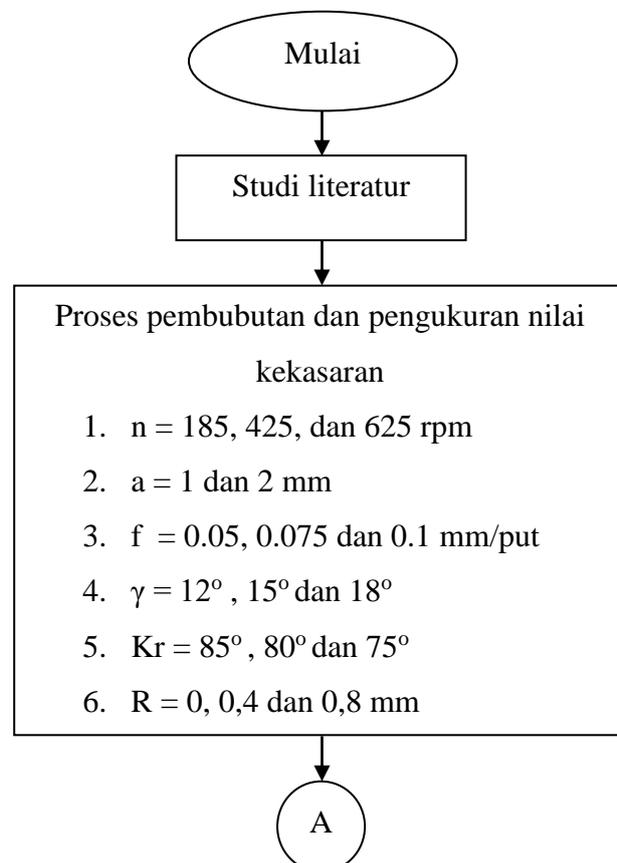
Mesin gerinda digunakan untuk melakukan pengasahan pahat agar mendapatkan sudut-sudut pemotongan.

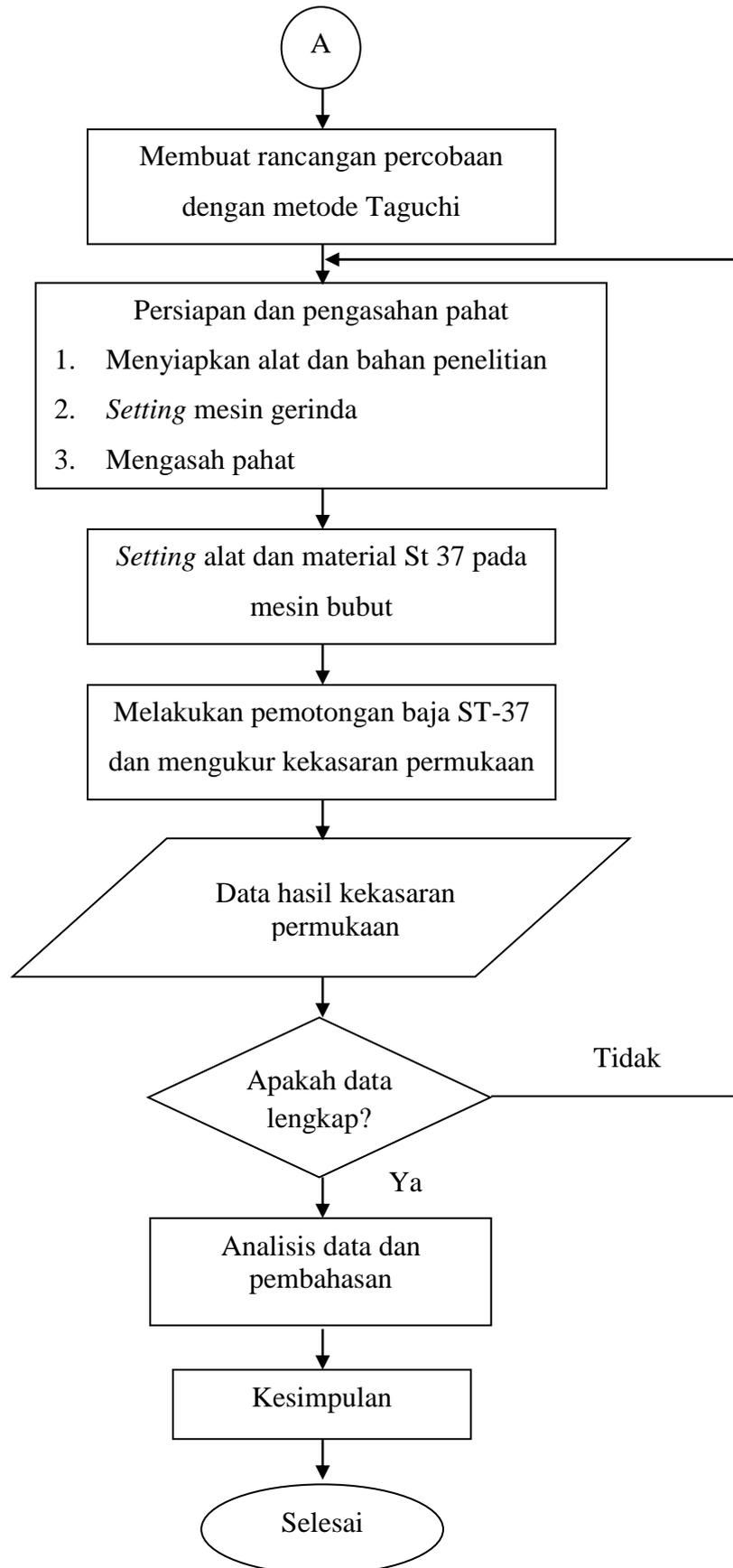


Gambar 13. Mesin gerinda

C. Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan :





Gambar 14. Diagram alir penelitian

D. Prosedur Percobaan

Adapun prosedur percobaan yang akan dilakukan pada penelitian ini, terbagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Menentukan Kondisi Pemesinan

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu menentukan parameter yang akan digunakan untuk proses pembubutan. Variabel yang digunakan antara lain kecepatan potong (V_c), *Feeding* (f) dan kedalaman pemotongan (a), serta kecepatan *spindle* (n). Berikut variasi variabel yang akan dijadikan untuk penelitian adalah sebagai berikut :

Tabel 8. Variasi Variabel Pemesinan

Variabel Pemesinan	Variasi Variabel Pemesinan
Kecepatan potong (V_c)	17.42, 40 dan 58.87 m/min
<i>Feeding</i> (f)	0.05, 0.075 dan 0.1 mm/rev
Kedalaman pemotongan (a)	1 dan 2 mm
Kecepatan putaran <i>spindel</i> (n)	185, 425 dan 625 rpm

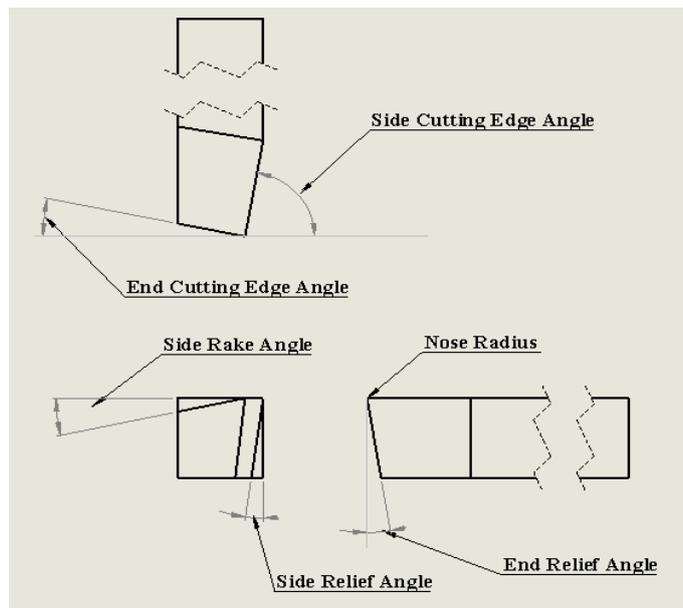
Kondisi pemesinan saat proses pembubutan adalah sebagai berikut :

Tabel 9. Kondisi Pemesinan

Kondisi Pemesinan	Keterangan
Pahat	HSS <i>oblique</i>
Benda Kerja	<i>Low Carbon Steel</i> (ST-37)
Kondisi	Tanpa cairan pendingin

2. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang dilakukan menggunakan beberapa variasi variabel pemesinan dan sudut – sudut potong pahat HSS. Rancangan percobaan tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 15. Sudut-sudut pahat HSS

Tabel 10. Rancangan Percobaan

No	Variabel Pemesinan	1	2	3
1	Kecepatan potong (V_c)	17,42 m/min	40 m/min	58,87 m/min
2	Kecepatan putaran (n)	185 rpm	425 rpm	625 rpm
3	Kedalaman pemotongan (a)	1 mm	2 mm	
4	<i>Feeding</i> (f)	0,05 mm/ rev	0,075 mm/rev	0,1 mm/rev
5	<i>Nose radius</i> (R)	0 mm	0,4 mm	0,8 mm
6	<i>Side rake angle</i> (γ)	12°	15°	18°
7	<i>Side cutting edge angle</i> (K_r)	85°	80°	75°

3. Prosedur Eksperimen

a. Persiapan

Adapun persiapan yang dilakukan sebelum proses pembubutan adalah sebagai berikut :

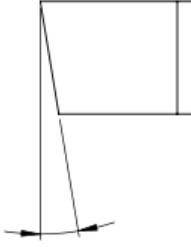
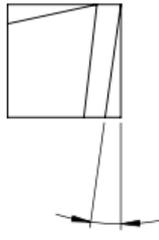
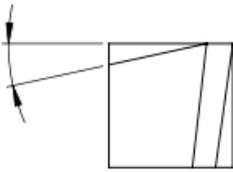
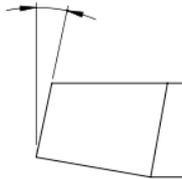
- 1) Menyiapkan mesin bubut, benda kerja, jangka sorong, pahat HSS, dan *Surface Roughness Tester*.
- 2) Menyiapkan dimensi benda kerja yang akan diuji dengan dimensi panjang 300 mm dan diameter 30 mm.
- 3) Memberi tanda pada benda kerja untuk setiap jarak pembubutan.

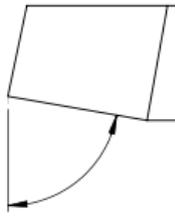
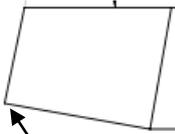
b. Prosedur pengasahan pahat

Berikut prosedur pengasahan pahat sebagai berikut :

Tabel 11. Prosedur Pengasahan Pahat

No	Tahap	Waktu	Penjelasan
1.	Alat-alat  Mesin gerinda  <i>Bevel protector</i>	15 menit	<ol style="list-style-type: none"> a. Mempersiapkan mesin gerinda, <i>bevel protector</i> dan mal radius. b. Memastikan mesin gerinda telah terhubung dengan sumber arus listrik. c. Menyalakan mesin gerinda dengan menekan saklar ON.

	 <p>Mal radius</p>		
2.	 <p>Sudut α_n</p>	15 menit	<p>a. Mengasah bagian ujung pahat sudut α_n sebesar 10°.</p> <p>b. Menggunakan <i>bevel protector</i> untuk mengukur sudut yang terbentuk.</p>
3.	 <p>Sudut α_o</p>	15 menit	<p>a. Mengasah bagian sisi pahat sudut α_o sebesar 10°.</p> <p>b. Menggunakan <i>bevel protector</i> untuk mengukur sudut yang terbentuk.</p>
4.	 <p>Sudut γ</p>	15 menit	<p>a. Mengasah bagian sisi pahat sudut γ sebesar 12°, 15° dan 18°.</p> <p>b. Menggunakan <i>bevel protector</i> untuk mengukur sudut yang terbentuk.</p>
5.	 <p>Sudut λ_s</p>	15 menit	<p>a. Mengasah bagian sisi pahat sudut λ_s sebesar 10°.</p> <p>b. Menggunakan <i>bevel protector</i> untuk mengukur sudut yang terbentuk.</p>

6.	 <p style="text-align: center;">Sudut Kr</p>	15 menit	<p>a. Mengasah bagian sisi pahat sudut Kr sebesar 85°, 80° dan 75°.</p> <p>b. Menggunakan <i>bevel protector</i> untuk mengukur sudut yang terbentuk.</p>
7.	 <p style="text-align: center;">Radius (R)</p>	15 menit	<p>a. Mengasah bagian <i>nose radius</i> (R) sebesar 0,4 mm dan 0,8 mm.</p> <p>b. Menggunakan mal radius untuk mengukur <i>nose radius</i>.</p>

c. Prosedur pelaksanaan eksperimen

Tahap prosedur pelaksanaan eksperimen proses pembubutan antara lain:

- 1) Mensetting mesin bubut sesuai dengan variabel yang telah ditentukan, misal untuk percobaan 1, mesin bubut disetting pada *feeding* 0.05 mm/rev, kecepatan putaran mesin 185 rpm dan kedalaman pemotongan 1 mm, *nose radius* 0,4 mm, *side rake angle* 12° , *side cutting edge angle* 85° kemudian memasang pahat dan benda kerja yang telah disiapkan.
- 2) Melakukan proses pembubutan untuk percobaan pertama.
- 3) Melakukan langkah 1 dan 2 untuk percobaan seterusnya.
- 4) Setelah proses pembubutan selesai, hasil bubut dilakukan pengukuran kekasaran permukaan.

- 5) Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *Surface Tester* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 12. Rancangan Pengukuran Kekasaran Permukaan

No	a (mm)	n (rpm)	f (mm/rev)	R (mm)	γ (°)	Kr (°)	RA (μm)
1	1	185	0,05	0	12	85	
2	1	185	0,075	0,4	15	80	
3	1	185	0,1	0,8	18	75	
4	1	425	0,05	0	15	80	
5	1	425	0,075	0,4	18	75	
6	1	425	0,1	0,8	12	85	
7	1	625	0,05	0,4	12	75	
8	1	625	0,075	0,8	15	85	
9	1	625	0,1	0	18	80	
10	2	185	0,05	0,8	18	80	
11	2	185	0,075	0	12	75	
12	2	185	0,1	0,4	15	85	
13	2	425	0,05	0,4	18	85	
14	2	425	0,075	0,8	12	80	
15	2	425	0,1	0	15	75	
16	2	625	0,05	0,8	15	75	
17	2	625	0,075	0	18	85	
18	2	625	0,1	0,4	12	80	

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berikut adalah simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini :

1. Nilai kekasaran permukaan yang terbaik terdapat pada pahat no 16 dengan kedalaman pemotongan (a) 2 mm, kecepatan putaran *spindle* (n) 625 rpm, *feeding* (f) 0,05 mm/rev, *nose radius* (R) 0,8 mm, *side rake angle* (γ) 15° dan *side cutting edge angle* (Kr) 75° dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 1,16 μm
2. Analisis taguchi dengan menggunakan *SN ratios*, dengan respon *smaller is better* menempatkan *nose radius* (R) memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan di peringkat 1, *feeding* (f) diperingkat ke 2, *side rake angle* (γ) menempati peringkat ke 3, kecepatan putaran (n) menempati peringkat ke 4, kedalaman pemotongan menempati (a) peringkat ke 5 dan *side cutting edge angle* (Kr) menempati peringkat terakhir.
3. Pengujian anova menggunakan variabel-variabel pemesinan, menghasilkan *nose radius* (R) dan *feeding* (f) memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan

4. Hasil pengujian anova terhadap variabel *nose radius* (R) menghasilkan nilai Fhitung lebih besar dari Ftabel ($17,98 > 3,11$) dengan nilai signifikansi dibawah P-value ($0,003 < 0,05$). Variabel *feeding* (f) menghasilkan nilai Fhitung lebih besar dari Ftabel ($8,48 > 3,11$) dengan nilai signifikansi dibawah P-value ($0,018 < 0,05$).
5. Kekasaran permukaan optimum pemesinan bubut baja ST-37 dengan variabel kedalaman pemotongan (a) 1 mm, kecepatan putaran *spindle* (n) 625 rpm, *feeding* (f) 0,05 mm/rev, *nose radius* (R) 0,8 mm, *side rake angle* (γ) 12° dan *side cutting edge angle* (K_r) 85° menghasilkan prediksi nilai kekasaran permukaan optimum sebesar $0,512778 \mu\text{m}$

B. Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Hasil analisis ini dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan pengaruh getaran terhadap nilai kekasaran permukaan untuk mendapatkan hasil akurasi yang lebih baik.
2. Dapat menjadi bahan bagi penulis lain, untuk mengembangkan analisis kekasaran permukaan dengan variabel yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M.F., Abdullah, C., Hakimi, M.L., Sulong, A.B., dan Ghani, J.A. 2010.

Effect of Insert Nose Radius and Processing Cutting Parameter on the Surface Roughness of AISI 316 Stainless Steel. In Key Engineering Materials, 447, 51-54. Trans Tech Publication.

Aditya S, Bima., dan Mahendra S, Arya. 2010. Pengaruh Kedalaman dan Cairan

Pendingin Terhadap Kekasaran dan Kekerasan Permukaan pada Proses Bubut Konvensional. Jurusan Pendidikan Teknik Mesin. Universitas Negeri Surabaya.

American Society for Metals. Metals Park, Ohio etc. 1965.

ASM Handbook. 1993. *Properties and Selection : Iron Steel and High Performance Alloys.* Metals Handbook. Vol 1. PP 249-257 and 329-335.

Azhar, Muhamad Choirul. 2014. Analisa Kekasaran Permukaan Benda Kerja Dengan Variasi Jenis Material Dan Pahat Potong. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Bengkulu.

Belavendram, N. 1995. *Quality in Design, Taguchi Technique for Industrial Experimentation*, Prentice Hall International.

Chang, Xue. 2002. *Mean Flank Temperature Measurement In High Speeddry Cutting of Magnesium Alloy*. *Journal of Materials Processing Technology* 167 (2005) 119-123.

Groover, Mikell P. 2010. *Fundamentals Of Modern Manufacturing Materials Processes and System*. United State of America: Industrial and System Engineering Lehigh University.

Ibrahim, Gusri A. 2014. Identifikasi Nilai Kekasaran Permukaan pada Pemesinan Paduan Magnesium, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 5, 2014. Universitas Lampung.

Jonoadji, Ninuk dan J. Dewanto. 1999. Pengaruh Parameter Potong dan Geometri Pahat terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut. *Jurnal Teknik Mesin*, 1 (1): 82 – 88. Universitas Kristen Petra.

Kurniawan, Muchdy. 2018. Analisis Kekasaran Permukaan Dan Getaran Pada Pemesinan Bubut Menggunakan Pahat Putar Modular (*Modular Rotary Tools*) Untuk Material Titanium 6AL-4V ELI. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung.

Lesmono, I. 2013. Pengaruh Jenis Pahat Kecepatan Spindel dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekerasan dan Kerasaran Permukaan Baja ST 42 pada Proses Bubut Konvensional. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Negeri Surabaya.

Marlina, Dewi., Pujiyanto, Eko., Rosidi, dan Cucuk Nur. 2003. Perancangan *Setting Level* Optimal dan Penentuan *Quality Loss Function* pada Pembuatan Tegel dengan Metode Taguchi. Jurnal Jurusan Teknik Industri. Vol. 2, No 1 : 31 – 39. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Mulyanti. 1996. Pengaruh Kadar Mangan (Mn) dan Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Paduan Baja Mangan Austenit. Universitas Indonesia. Jakarta. Hal 75-78.

Purnama, Ahmad R. H, Sumbodo, Wirawan dan Murdani. 2018. Pengaruh *Nose Radius* dan *Cutting Parameter* terhadap Tingkat Kekasaran Pembubutan Baja Karbon EMS 45. Teknik Mesin. Vol. 16, No. 2 Desember 2018. Universitas Negeri Semarang.

Purnomo, Bagus. 2017. Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31 yang Dibubut Menggunakan Pahat Putar dan Udara Dingin. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Rochim, Taufiq. 1993. Teori dan teknologi Proses Permesinan. ITB. Bandung.

Santoso, Joko. 2103. Pekerjaan Mesin Perkakas. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Schey, John A. 1999. Proses Manufaktur (*Introduction to Manufacturing Processes*). Yogyakarta. Penerbit Andi. Indonesia.

Setiawan, Feny. 2014. Karakteristik Penyalaan Magnesium AZ31 pada Proses Bubut Menggunakan Aplikasi Thermografi. Tugas Akhir. Teknik Mesin. Universitas Lampung.

Susarno, Ardiyan. 2012. Studi Pengaruh Sudut Pahat HSS Pada Proses Bubut Dengan Tipe Pemotongan *Orthogonal* Terhadap Kekasaran Permukaan. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Sutrisna, K. Nugraha., Nugraha, I N Pasek., Dantes, K Rihendra. 2017. Pengaruh Variasi Kedalaman Potong Dan Kecepatan Putar Mesin Bubut Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan Rata Pada Bahan Baja ST 37. Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (JJPTM). Vol: 8 No: 2. Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja.

Widarto. 2008. Teknik Pemesinan Jilid 1. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.

Zainuri, M.A. 2007. Kekuatan Bahan (*Strength of Materials*). CV Andi Offset.
Yogyakarta.