

SKRIPSI

**PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP KUALITAS
PEMBUBUTAN BAJA AISI 1037 DENGAN MENGGUNAKAN PAHAT
KARBIDA**



Oleh:

Andi M Akram Syachrafi S T Sose

D021181502

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2024

SKRIPSI

**PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP KUALITAS
PEMBUBUTAN BAJA AISI 1037 DENGAN MENGGUNAKAN PAHAT
KARBIDA**

DISUSUN DAN DIAJUKAN OLEH:

**ANDI MUHAMMAD AKAM SYACHRAFI S T SOSE
D021 18 1502**

**Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP KUALITAS
PEMBUBUTAN BAJA AISI 1037 DENGAN MENGGUNAKAN PAHAT
KARBIDA**

Disusun dan diajukan oleh

ANDI MUHAMMAD AKRAM SYCHRAFI S T SOSE
NIM. D021181502

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 16 Januari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. H. Ilvas Renreng, M.T.
NIP. 19570914 198703 1 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Hairul Arsyad, S.T., M.T.
NIP. 197550322 200212 1 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin Haddada, S.T., M.T.
NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andi Muhammad Akram Syachrafi S T Sose
NIM : D021181502
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

Pengaruh Variable Permesinan Terhadap Kualitas Pembubutan Baja AISI
1037 Dengan Menggunakan Pahat Karbida

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.


Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 16 Januari 2024

Yang Menyatakan


Andi Muhammad Akram Syachrafi S T Sose

**PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP KUALITAS
PEMBUBUTAN BAJA AISI 1037 MENGGUNAKAN PAHAT KARBIDA**

Nama : **ANDI MUHAMMAD AKRAM SYACHRAFI**
Nim : **D021 18 1502**
Pembimbing I : **Prof . Dr. Ir. H. ILYAS RENRENG, MT**
Pembimbing II : **Dr. Ir. HAIRUL ARSYAD, S.T. MT**

ABSTRAK

Dunia industri manufaktur, keberhasilan suatu proses produksi sangat dipengaruhi oleh mesin-mesin produksi yang digunakan. Mesin - mesin ini banyak digunakan dalam pembuatan atau perbaikan komponen tertentu dalam suatu produk manufaktur. Proses pemesinan (machining) adalah proses pembuangan atau pengambilan material dalam bentuk potongan – potongan kecil (chip), yang tidak diinginkan dari suatu bahan material (workpiece) untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan sesuai dengan desain yang telah ditentukan sebelumnya. Baja merupakan salah satu logam yang banyak digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam bidang industri permesinan dan konstruksi. Salah satu dari sekian banyak jenis baja adalah baja AISI 1037 yang tergolong dalam baja paduan karbon sedang yang banyak digunakan sebagai bahan utama pada mesin seperti gear, batang penghubung piston dan terutama poros pada kendaraan bermotor dan industri. Kekasaran permukaan adalah bagian dari permukaan akhir (tekstur permukaan) yang bisa didefinisikan sebagai tanda yang ditinggalkan oleh tindakan dari proses produksi yang digunakan, seperti operasi balik. Faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan adalah parameter proses yang akan digunakan dalam proses penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) Mengetahui pengaruh parameter pembubutan terhadap kekasaran permukaan material baja AISI 1037 dengan tipe pemotongan orthogonal(2). Untuk mengetahui kontribusi yang dihasilkan oleh parameter pembubutan terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan material baja AISI 1037 berdasarkan metode taguchi(3). Untuk mengetahui optimasi kualitas kekasaran permukaan Hasil pembubutan material baja AISI 1037. Dari hasil analisis didapatkan Berdasarkan

metode taguchi variabel yang paling berpengaruh pada proses pembubutan tersusun sebagai berikut: Gerak makan (feed) dengan persen kontribusi sebesar 79,66%, putaran spindel (n) dengan persen kontribusi sebesar 7,136% dan kedalaman potong (a) dengan persen kontribusi sebesar 16,165%. Pembubutan yang paling optimal dihasilkan pada parameter bubut dengan gerak makan (feed) 0,05 mm/put, putaran spindel (n) 1200 rpm dan kedalaman potong (a) 0,5 mm dengan nilai kekasaran permukaan 0,126 μm .

Kata kunci : Proses permesinan, Mesin bubut, Baja AISI 1037, Kekasaran permukaan

**PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP KUALITAS
PEMBUBUTAN BAJA AISI 1037 MENGGUNAKAN PAHAT KARBIDA**

Nama : ANDI MUHAMMAD AKRAM SYACHRAFI
Nim : D021 18 1502
Pembimbing I : Prof . Dr. Ir. H. ILYAS RENRENG, MT
Pembimbing II : Dr. Ir. HAIRUL ASYAD, S.T. MT

ABSTRACT

In the world of manufacturing industry, the success of a production process is greatly influenced by the production machines used. These machines are widely used in the manufacture or repair of certain components in a manufactured product. The machining process is the process of removing or taking material in the form of small pieces (chips), which are not wanted from a material (workpiece) to get the desired shape according to a predetermined design. Steel is a metal that is widely used in various fields, especially in the engineering and construction industry. One of the many types of steel is AISI 1037 steel which is classified as medium carbon alloy steel which is widely used as the main material in engines such as gears, piston connecting rods and especially shafts in motorized vehicles and industry. Surface roughness is that part of the surface finish (surface texture) which can be defined as the mark left by the actions of the production process used, such as turning operations. Factors that affect surface roughness are process parameters that will be used in the research process. The purpose of this study was to (1) determine the effect of turning parameters on the surface roughness of AISI 1037 steel material with orthogonal cutting type (2). . To find out the optimization of surface roughness quality AISI 1037 steel machining results. From the analysis results obtained based on the taguchi method the variables that have the most influence on the turning process are arranged as follows: Feed motion with a percent contribution of 79,66%, spindle rotation (n) with a contribution percentage of 7,136% and depth of cut (a) with a contribution percentage of 16,165%. The most optimal turning is produced on lathe parameters with a feed motion of 0.05 mm/put, spindle rotation

(n) 1200 rpm and depth of cut (a) 0,5 mm with a surface roughness value of 0,126 μm

Keywords: Machining process, Lathe, AISI 1037 steel, Surface Roughness

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat serta kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang mengambil judul: “Pengaruh Variabel Permesinan Terhadap Kualitas Pembubutan Baja AISI 1037 Menggunakan Pahat Karbida”. Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Jurusan Mesin Prodi Teknik Mesin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku rektor Universitas Hasanuddin;
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin;
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, S.T, M.T. selaku Ketua Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Muhammad Syahid, S.T, M.T. selaku Sekertaris Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Ilyas Renreng, M.T. selaku Dosen Pembimbing pertama, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Hairul Arsyad, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing kedua, yang telah memberikan kritik dan saran serta bimbingan maupun masukan selama penyusunan tugas akhir ini.

7. Bapak Marthen dan Kak Minhajul selaku Plp Laboratorium Teknologi Mekanik Departemen Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Bapak dan Ibu Dosen dan serta staff Civitas Akademika Fakultas Teknik Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu Penulis dalam mengurus dan memudahkan perjalanan berkas Penulis menuju Rektorat.
9. Kepada Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, S.T., M.T. selaku Dosen yang membantu Penulis dalam pengujian kekasaran hasil pembubutan spesimen.
10. Kepada saudara(i) seperjuangan REACTOR'18 yang selalu ada dalam suka maupun duka. Khususnya kepada saudara Angga Asteriasti Aji, Rizal Hadi, Ikhsan Biring, Fatur, serta teman-teman lain yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu.
11. Teristimewa kepada Orang Tua, Keluarga dan terkhusus kepada Saudara Penulis yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moral, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
12. Kepada Teman Penulis yang selalu menjadi Support System bagi penulis, WARGA SUNU, Nabila Putri Syahirah teman seperjuangan Penulis yang membantu penulis sampai di Tugas Akhir.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Gowa 16 Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Permesinan.....	5
2.2. Mesin Bubut.....	8
2.3. Bagian-bagian Mesin Bubut	10
2.3.1 Kepala tetap (<i>Headstock</i>).....	10
2.3.2 Meja Mesin (<i>Bed</i>).....	10
2.3.3 Eretan (<i>Carriage</i>).....	10
2.3.4 Kepala lepas (<i>Tail stock</i>)	11
2.3.5 Penjepit pahat (<i>Toolpost</i>).....	11
2.3.6 Pencekam (<i>Chuck</i>)	11
2.3.7 Kran pendingin	11
2.4. Variabel Permesinan.....	11
2.5. Pahat Bubut.....	14
2.6. Pahat karbida.....	16
2.7. Baja AISI 1037	17
2.8. Kekasaran Permukaan	17
2.9. Metode <i>Taguchi</i>	18
2.9.1 Tahap Perencanaan.....	19
2.9.2 Tahap Pelaksanaan.....	21
2.9.3 Tahap Analisis	22
2.9.4 Rasio S/N.....	24
2.10. Minitab	25

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3 Metode Penelitian.....	30
3.4 Variabel Penelitian.....	30
3.4.1 Variabel Bebas.....	31
3.4.2 Variabel Terikat	31
3.5 Pelaksanaan Penelitian	31
3.5.1 Prosedur Proses Bubut.....	31
3.5.2 Pengambilan Data	31
3.5.3 Flowchart Penelitian.....	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Proses Pembubutan	35
4.2 Pengambilan Data kekasaran Dari Masing-masing Spesimen.....	36
4.4 Menganalisis Hubungan Antara <i>Feed</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (R_a) Akibat <i>Depth of Cut</i>	39
4.6 <i>Analisis Of Varians</i> (ANOVA).....	45
BAB 5 PENUTUP	47
5.1 kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN 1. Tabel Distribusi.....	50
LAMPIRAN 2. Dokumentasi Kegiatan	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Komponen Mesin Bubut.....	8
Gambar 2.2	: Gerakan Pada Proses Pembubutan.....	9
Gambar 2.3	: Panjang permukaan benda kerja.....	12
Gambar 2.4	: Gerak makan (f) dan kedalaman pemotongan (h).....	12
Gambar 3.1	: Mesin Bubut.....	27
Gambar 3.2	: Kunci <i>Chuck</i>	28
Gambar 3.3	: Kunci T	28
Gambar 3.4	: Jangka sorong.....	28
Gambar 3.5	: Kuas	29
Gambar 3.6	: Gurinda.....	29
Gambar 3.7	: Pahat Karbida	30
Gambar 3.8	: Baja AISI ST37.....	30
Gambar 3.9	: Alat Metalografi.....	30
Gambar 3.10	: Flowchart penelitian.....	33
Gambar 4.1	: Hasil Proses Pembubutan.....	35
Gambar 4.2	: Lokasi titik pengambilan sampel kekasaran	37
Gambar 4.3	: Hubungan Antara <i>Feed</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat <i>Depth of Cut</i> pada Kecepatan spindel 750 Rpm	40
Gambar 4.4	: Hubungan Antara <i>Feed</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat <i>Depth of Cut</i> pada Kecepatan spindel 900 Rpm	40
Gambar 4.5	: Hubungan Antara <i>Feed</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat <i>Depth of Cut</i> pada Kecepatan spindel 1000 Rpm	41
Gambar 4.6	: Hubungan Antara <i>Feed</i> Terhadap Kekasaran Permukaan (Ra) Akibat <i>Depth of Cut</i> pada Kecepatan spindel 1200Rpm	41
Gambar 4.7	: Grafik Plot Rata-rata Untuk S/N Ratios Nilai kekasaran permukaan (<i>smaller is better</i>) Menggunakan Aplikasi	

Minitab 21.....	45
Gambar 4.8 ; Grafik Plot Rata-rata Untuk Nilai Kekasaran permukaan (<i>smaller is better</i>) Menggunakan Aplikasi Minitab 21.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Kecepatan Potong pada material.....	14
Tabel 2.2	: Matrix orthogonal	21
Tabel 2.3	: Tabel <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA).....	22
Tabel 4.1	: Variasi Parameter Permesinan Pada Pembubutan Spesimen	35
Tabel 4.2	: Variabel permesinan pembubutan spesimen	38
Tabel 4.3	: variable bebas penelitian	43
Tabel 4.4	: <i>Design Of Experiment</i> (DOE) <i>Matriks Ortogonal Array</i> Minitab 21	44
Tabel 4.5	: Hasil Perhitungan Rasio S/N (<i>Signal To Noise Rasio</i>)	44
Tabel 4.6	: <i>Response Table for Signal to Noise Ratios</i> Menggunakan Minitab 21	45
Tabel 4.7	: <i>Response Table for Means</i> Menggunakan Minitab 21	45
Tabel 4.8	: <i>Factor Information</i>	46
Tabel 4.9	: <i>Analysis of Variance</i>	47

DAFTAR SIMBOL

a	: Kedalaman Pemakanan
f	: Gerak Makan
n	: Kecepatan Spindel
DF	: Derajat Bebas
Adj SS	: Jumlah Kuadrat
Adj MS	: Kuadrat Rata-rata
F-Value	: f-Hitung

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	:	Tabel Distribusi Ftabel untuk Probabilitas = 0,05	53
LAMPIRAN 2	:	Memotong benda kerja.....	53
LAMPIRAN 3	:	Proses pembubutan benda kerja	53
LAMPIRAN 4	:	Hasil pembubutan benda kerja	54
LAMPIRAN 5	:	Pengambilan Data Kekasaran Permukaan pada Mikroskop Metalografi	54
LAMPIRAN 6	:	Metode Taguchi pada Minitab 21.....	55
LAMPIRAN 7	:	<i>Analysis of variance</i> (ANOVA)	55

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, suatu hasil produksi harus di imbangi dengan peningkatan kualitas hasil produksi, khususnya pada proses produksi yang menggunakan mesin-mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin skrap, mesin frais dan mesin bor. Ditemukanya mesin-mesin produksi akan mempermudah dalam pembuatan komponen-komponen mesin. Adanya mesin perkakas produksi, pembuatan komponen mesin akan semakin efisien dan dengan ketelitian yang sangat tinggi (Husein, 2015).

Proses pemesinan dengan menggunakan prinsip pemotongan logam dibagi dalam tiga kelompok dasar, yaitu: proses pemotongan dengan mesin pres, proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas, dan proses pemotongan *non conventional*. Proses pemotongan dengan menggunakan mesin pres meliputi pengguntingan (*shearing*), pengepresan (*pressing*) dan penarikan (*drawing, elongating*). Proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas meliputi proses bubut (*turning*), proses frais (*milling*), sekrap (*shaping*). Proses pemotongan logam ini biasanya dinamakan proses pemesinan, yang dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak digunakan menjadi Geram (*chips*) sehingga terbentuk benda kerja (Sugeng, 2009).

Penggunaan baja telah mengalami peningkatan yang cukup pesat di industri manufaktur, dimana sebagaimana ditentukan oleh nilai ekonomisnya. Baja AISI 1037 merupakan salah satu jenis baja karbon rendah yang memiliki sifat mudah di tempa dan mudah di proses permesinan. Pahat bubut Karbida banyak digunakan untuk melakukan proses permesinan baja AISI 1037 dalam pembuatan roda gigi, poros dan baut (Surdia dan Saito, 1999).

Banyak faktor yang mempengaruhi agar benda menjadi rata dan halus, mulai dari kecepatan spindel, kedalaman pemakanan, kecepatan pemakanan,

sudut dan jenis pahat, kemampuan mesin, jenis pendingin, jenis benda, dan operator, khususnya dalam hal mesin bubut CNC. Menurut Prasetya (2010) ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil pembubutan, diantaranya adalah laju pemakanan, media pendingin, kecepatan spindel, kedalaman pemotongan, bahan dan geometri pahat. Pada proses pembubutan konvensional beberapa faktor tersebut sangatlah penting, dan perlu perhatian yang khusus. Pada proses pemesinan konvensional, cara yang digunakan untuk mendapatkan setingan kekasaran tertentu adalah dengan mencoba-coba, atau dengan feeling. Biasanya dilakukan dengan memperbesar atau memperkecil kecepatan spindel, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan. Tentunya hasilnya tidak dapat dipastikan, bergantung dari skill dan pengalaman operator (Alfiansyah, 2017).

Pahat karbida memiliki kelas dari bahan keras, tahan aus, tahan api di mana karbida keras partikel diikat menjadi satu, atau disemen, oleh pengikat logam yang lunak dan ulet. Bahan-bahan ini pertama kali dikembangkan di Jerman pada awal 1920-an menanggapi permintaan untuk bahan cetakan yang memiliki ketahanan aus yang cukup untuk menggambar kabel filamen pijar tungsten untuk menggantikan berlian yang mahal kemudian digunakan. Karbida yang disemen pertama diproduksi adalah tungsten karbida (WC) dengan pengikat kobalt (Singh, 2006).

Pemotongan tegak (*Orthogonal cutting*) merupakan suatu sistem pemotongan dengan gerakan relatif antara mata pahat dan benda kerja membentuk sudut potong tepat 90° atau yang dinamakan dengan sudut potong utama (K_r), dan besarnya lebar mata pahat lebih besar dari lebar benda kerja yang akan dipotong (Susarno, 2012).³ Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti akan membahas tentang “PENGARUH VARIABEL PERMESINAN TERHADAP KUALITAS PEMBUBUTAN BAJA AISI 1037 DENGAN MENGGUNAKAN PAHAT KARBIDA” untuk membuktikan bahwa parameter apa yang paling berpengaruh terhadap kualitas pembubutan sesuai dengan parameter permesinan [Kecepatan spindel (rpm), Kedalaman potong (mm), dan Gerak makan (mm/put)].

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa masalah yang dapat dirumuskan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh kecepatan spindel terhadap hasil kekasaran pembubutan?
2. Bagaimana pengaruh kedalaman potong terhadap hasil kekasaran pembubutan?
3. Bagaimana pengaruh gerak makan (*feeding*) terhadap hasil kekasaran pembubutan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengetahui kekasaran permukaan yang optimal akibat pengaruh ke spindel.
2. Untuk mengetahui kekasaran permukaan yang optimal akibat perubahan kedalaman potong
3. Untuk mengetahui gerak makan (*feeding*) yang paling optimal yang berpengaruh terhadap hasil kekasaran permukaan.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Material yang digunakan adalah baja AISI 1037 berbentuk silinder dengan permukaan rata.
2. Menggunakan pahat karbida dimana kondisi pahat dianggap selalu sama.
3. Parameter permesinan yang divariasikan adalah Kecepatan spindel (750 rpm, 900 rpm 1000 rpm, 1200 rpm), Kecepatan makan (0,05 mm/put, 0,17 mm/put, 0,21mm/put 0,30 mm/put) dan Kedalaman potong (0,5 mm, 0,75 mm, 1 mm, 1,5 mm).

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan pengetahuan tentang pengaruh parameter permesinan terhadap kualitas pembubutan Baja AISI 1037.
2. Dapat memberikan informasi sebagai referensi tambahan dibidang Manufaktur.
3. Sebagai pemenuhan syarat untuk memperoleh gelar S1 pada program studi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Permesinan

Proses Permesinan adalah istilah yang mencakup banyak koleksi proses manufaktur yang dirancang untuk menghilangkan bahan yang tidak diinginkan, biasanya dalam bentuk *chip*, dari benda kerja. Proses Permesinan digunakan untuk merubah hasil coran, tempa, atau blok logam yang sudah terbentuk sebelumnya menjadi bentuk yang diinginkan, dengan ukuran dan hasil akhir yang ditentukan untuk memenuhi persyaratan desain. Hampir setiap produk yang diproduksi memiliki komponen yang memerlukan pemesinan, seringkali dengan presisi tinggi. Oleh karena itu, kumpulan proses ini adalah salah satu proses yang paling penting dari proses manufaktur dasar karena nilai tambah pada produk akhir. Dengan cara yang sama, proses pemesinan seringkali lebih mahal.

Sebagian besar aplikasi industri permesinan adalah logam. Meskipun proses pemotongan logam telah menolak analisis teoretis karena kerumitannya, penerapan proses ini di dunia industri tersebar luas. Proses pemesinan dilakukan pada berbagai peralatan mesin. Contoh lain dari peralatan mesin dasar adalah mesin giling, bor tekan, penggiling, pembentuk, mesin penggerek, dan gergaji (ASM Internasional. Vol 16, 1995).

Setiap jenis alat mesin dasar memiliki banyak konfigurasi yang berbeda. misalnya, mesin bubut turet mesin bubut, mesin pelacak roda, atau mesin sekrup otomatis. Mesin bubut telah mengikuti tren alat mesin lainnya, dan mesin bubut CNC sekarang dapat dibeli secara mudah. Proses pembentukan *chip* utama tercantum di bawah ini, dengan versi alternatif dalam tanda kurung. Setiap proses adalah dilakukan pada satu atau lebih peralatan mesin dasar. Misalnya, pengeboran dapat dilakukan pada mesin bor, penggilingan mesin, mesin bubut, dan beberapa mesin diantaranya:

- *Turning (boring, facing, cutoff, taper turning, form cutting, chamfering, recessing, thread cutting).*

- *Shaping (planing, vertical shaping)*
- *Milling (hobbing, generating, thread milling)*
- *Drilling (reaming, tapping, spot facing, counterboring, countersinking)*
- *Sawing (filing)*
- *Abrasive machining (grinding, honing, lapping)*

Baja atau besi tempa sebagai bahan produk yang akan dibentuk melalui proses pemesinan biasanya memiliki bentuk profil berupa bentuk dan ukuran yang telah distandarkan misalnya, bentuk bulat “O”, segi empat, segi enam “L”, “T” “H” dan lain lain.

Proses pemesinan dengan menggunakan prinsip pemotongan logam dibagi dalam tiga kelompok dasar, yaitu: proses pemotongan dengan mesin press, proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas, dan proses pemotongan *non conventional*. Proses pemotongan dengan menggunakan mesin pres meliputi pengguntingan (*shearing*), pengepresan (*pressing*) dan penarikan (*drawing elongating*). Proses pemotongan konvensional dengan mesin perkakas meliputi proses bubut (*turning*), proses frais (*milling*), sekrup (*shaping*). Proses pemotongan logam ini biasanya dinamakan proses pemesinan, yang dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak digunakan menjadi beram (*chips*) sehingga terbentuk benda kerja. Proses pemesinan adalah proses yang paling banyak dilakukan untuk menghasilkan suatu produk jadi yang berbahan baku logam. Diperkirakan sekitar 60% sampai 80% dari seluruh proses pembuatan suatu mesin yang komplet dilakukan dengan proses pemesinan.

Berikut ini adalah klasifikasi proses permesinan yaitu:

1. Berdasarkan gerak relatif pahat

Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan geram dan sementara itu permukaan benda kerja secara bertahap akan terbentuk menjadi komponen yang dikehendaki. Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua komponen gerakan yaitu:

- Gerak potong (*cutting movement*), Dimana gerak potong adalah gerak yang menghasilkan permukaan baru pada benda kerja.

- Gerak makan (*feeding movement*), Gerak makan adalah gerak yang menyelesaikan permukaan baru yang telah di potong oleh gerak potong.

2. Berdasarkan jumlah mata pahat yang digunakan

Pahat yang dipasangkan pada suatu jenis mesin perkakas memiliki mata pahat yang berbeda-beda. Jenis pahat/perkakas potong disesuaikan dengan cara pemotongan dan bentuk akhir dari produk. Adapun pahat dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis pahat yaitu pahat bermata potong tunggal (*single point cutting tools*) dan pahat bermata potong jamak (*multiple point cuttings tools*).

3. Berdasarkan orientasi permukaan

Selain ditinjau dari segi orientasi permukaan maka poses pemesinan dapat diklasifikasikan berdasarkan proses terbentuknya permukaan (proses generasi permukaan; *surface generation*). Dalam hal ini proses tersebut dikelompokkan dalam dua garis besar proses yaitu:

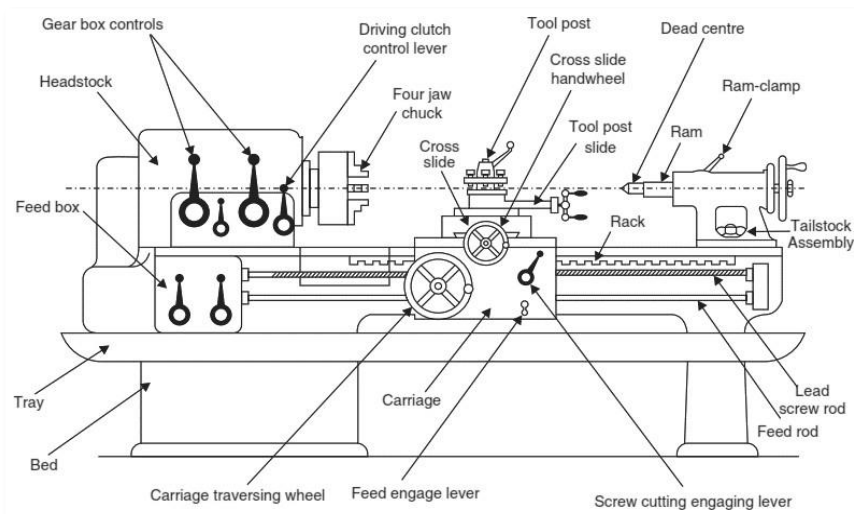
- Generasi permukaan silindrik atau konis dan
- Generasi permukaan rata/lurus dengan atau tanpa putaran benda kerja

4. Berdasarkan mesin yang digunakan

Dalam proses pemesinan jika kita ingin melakukan suatu pekerjaan, maka perlu kita ketahui terlebih dahulu dengan mesin apa yang semestinya kita gunakan sehingga produk yang kita buat sesuai dengan yang diinginkan. Beberapa jenis proses mungkin dapat dilakukan pada satu mesin perkakas. Misalnya, mesin bubut tidak selalu digunakan sebagai untuk membubut saja melainkan dapat pula digunakan untuk menggurdi, memotong dan melebarkan lubang (*boring*) dengan cara mengganti pahat dengan yang sesuai. Bahkan dapat digunakan untuk mengefreis, menggerinda atau mengasah halus asalkan pada mesin bubut yang bersangkutan dapat dipasangkan peralatan tambahan (*attachments*) yang khusus (Kencanawati, 2017).

2.2. Mesin Bubut

Mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan pahat potong (*cutting tools*) sebagai alat untuk memotong benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris, namun dapat juga dipakai untuk beberapa kepentingan lain. Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada *chuck* (pencekam) yang terpasang pada spindle mesin, kemudian *spindel* dan benda kerja diputar dengan kecepatan tertentu. Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan ditempelkan pada benda kerja yang berputar sehingga benda kerja terbentuk sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Umumnya pahat bubut dalam keadaan diam, pada perkembangannya ada jenis mesin bubut yang berputar alat potongnya, sedangkan benda kerjanya diam.



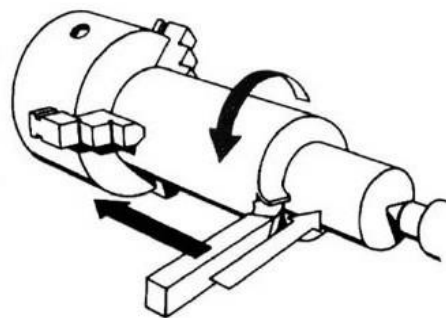
Gambar 2.1 Komponen Mesin Bubut

Sumber: (Gupta, et al., 2009)

Pada kelompok mesin bubut juga terdapat bagian-bagian otomatis dalam pergerakannya bahkan juga ada yang dilengkapi dengan layanan sistem otomatis, baik yang dilayani dengan sistem hidraulik ataupun elektrik. Ukuran mesinnya pun tidak semata-mata kecil karena tidak sedikit mesin bubut konvensional yang dipergunakan untuk mengerjakan pekerjaan besar

seperti yang dipergunakan pada industri perkapalan dalam membuat atau merawat poros baling-baling kapal yang diameternya mencapai 1.000 mm atau lebih (Azhar, 2014).

Pergerakan memanjang dari pahat sepanjang luncuran (*sliding*) menghasilkan suatu permukaan yang bundar, dan pergerakan melintang untuk “*surfacing*” (atau *facing*) menghasilkan suatu permukaan yang rata. Gerak putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan (*feeding*). Bila gerak umpan lebih lambat dibandingkan dengan gerak potongnya akan dihasilkan benda kerja berbentuk silindrik dengan alur spiral yang hampir tidak kelihatan, dapat dikatakan, permukaan benda kerja tersebut halus. Bila gerak umpannya secara translasi dipercepat dan gerak potongnya diperlambat maka bentuk alur spiral yang mengelilingi benda kerja silindrik tersebut semakin jelas atau permukaan benda kerja kasar (Upara, 2009).



Gambar 2.2 Gerakan Pada Proses Pembubutan
Sumber: Handout Permesinan Bubut (Nurdjito dan Arifin, 2015)

Mesin bubut merupakan salah satu *metal cutting machine* dengan gerak utama berputar, tempat benda kerja dicekam dan berputar pada sumbunya, sedangkan alat potong (*cutting tool*) bergerak memotong sepanjang benda kerja, sehingga akan terbentuk geram. Prinsip kerja mesin bubut adalah:

1. Benda kerja berputar pada sumbunya
2. Gerakan alat potong:
 - a. Alat potong bergerak sejajar sumbu utama disebut pembubutan memanjang.

- b. Alat potong bergerak tegak lurus terhadap sumbu utama disebut pembubutan permukaan.
- c. Alat potong bergerak bersudut terhadap sumbu utama disebut pembubutan konis atau pembubutan tirus (Nurdjito dan Arifin, 2015).

2.3. Bagian-bagian Mesin Bubut

2.3.1 Kepala tetap (*Headstock*)

Kepala tetap (*Headstock*), adalah bagian dari mesin bubut yang merupakan tempat dari komponen-komponen utama penggerak dari sumbu utama (*main spindle*) yang berfungsi sebagai tempat dudukan pencekam (*Chuck*), plat pembawa, kolet, senter, pada sebuah sumbu utama (*Main spindle*) terpasang sebuah pencekam. *Thermoelectric Cooler* (*Chuck*), di dalam box transmisi (*Gearbox Transmission*) terdapat susunan roda gigi yang dapat digeser-geser melalui tuas (*Handle*) berfungsi dapat mengoperasikan mesin sesuai dengan kebutuhan pembubut.

2.3.2 Meja Mesin (*Bed*)

Meja mesin bubut juga berfungsi tempat dari dudukan kepala lepas, eretan lepas, penyangga diam (*Steady rest*) dan merupakan tumpuan dari gaya pemakanan saat pembubutan bentuk dari alas bermacam-macam, ada yang datar permukaannya halus dan rata, sehingga gerakan dari kepala lepas bergerak lancar.

2.3.3 Eretan (*Carriage*)

Eretan (*Carriage*), adalah bagian dari komponen mesin yang digunakan untuk penyetelan dari posisi pahat Karbida pada arah memanjang, ke kanan dan kiri baik secara manual dan otomatis. Eretan tersebut terdiri dari, yaitu:

1) Eretan memanjang

Eretan memanjang digunakan untuk bisa mengerakkan atau menyetel pahat ke arah sumbu memanjang pada saat mesin beroperasi atau mesin dalam keadaan mati.

2) Eretan melintang (*Cross carriage*)

Eretan melintang ditempatkan memanjang fungsinya agar dapat

mengatur posisi pahat posisi pahat pada saat proses pembubutan sehingga dapat diatur mendekati atau menjauhi operator.

3) Eretan atas (*Top carriage*)

Eretan atas antara eretan melintang dan eratan atas juga dipasang support yang juga dilengkapi dengan skala serajat, juga berfungsi sebagaiudukan penjepit (*toolpost*) mata pahat pada mesin bubut.

2.3.4 Kepala lepas (*Tail stock*)

Kepala Lepas merupakan bagian utama dari mesin bubut yang berfungsi sebagai penopang dalam membubut benda kerja yang panjang, agar benda kerja tetap berputar pada sumbunya, meletakkan mata bor, dan tap.

2.3.5 Penjepit pahat (*Toolpost*)

Penjepit pahat (*Toolpost*) digunakan untuk menjepit atau memasag pahat, maka bisa menambahkan lempengan plat besi, agar posisi ujung pahat tingginya dapat satu sumbu (*senter*) dengan kepala lepas.

2.3.6 Pencekam (*Chuck*)

Pencekam (*Chuck*), berfungsi digunakan untuk menjepit benda kerja pada mesin bubut. Jenis cekamnya ada yang berahang 3 (tiga) sepusat (*Self centering chuck*) dan ada juga yang berahang 3 (tiga) dan 4 (empat) tidak sepusat.

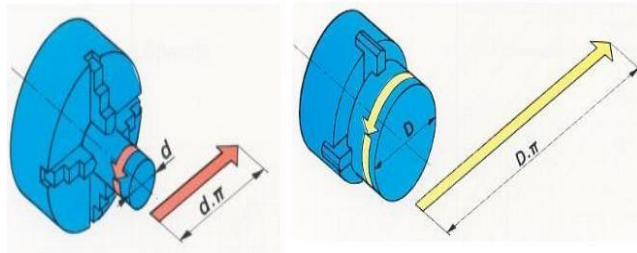
2.3.7 Kran pendingin

Kran pendingin berfungsi untuk menyalurkan cairan pendingin (*bromus*) saat proses pembubutan. Pemberian cairan pendingin berfungsi untuk mendinginkan benda kerja Baja AISI 37 dan pahat potong Karbida pada saat terjadinya proses pembubutan sehingga pahat tidak mudah aus.

2.4. Variabel Permesinan

Ada 3 (tiga) parameter utama pada setiap proses bubut yaitu kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas

adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut.

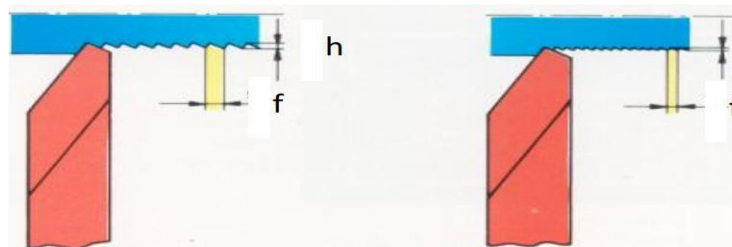


Gambar 2.3 Panjang permukaan benda kerja

Sumber : Handout Permesinan Bubut (Nurdjito dan Arifin, 2015)

Kecepatan putar, n (*speed*), selalu dihubungkan dengan spindel (sumbu utama) dan benda kerja. Karena kecepatan putar diekspresikan sebagai putaran per menit (*revolutions per minute, rpm*), hal ini menggambarkan kecepatan putarannya. Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*Cutting speed* atau V) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/ keliling benda kerja (gambar 2.3).

Dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja faktor bahan benda kerja dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong. Pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat. Harga kecepatan potong sudah tertentu tergantung jenis bahan/benda kerja, jenis alat potong, dan kekasaran pemakanan pahat bubut. Misalnya untuk benda kerja *Mild Steel* dengan pahat dari karbida, kecepatan potongnya antara 20 sampai 30 m/menit.



Gambar 2.4 Gerak makan (f) dan kedalaman pemotongan (h)

Sumber : Handout Permesinan Bubut (Nurdjito dan Arifin, 2015)

Gerak makan, f (*feed*), adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali (gambar 2.4), sehingga satuan f adalah

mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong h . Gerak makan tersebut berharga sekitar $1/3$ sampai $1/20$ h , atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.

Kedalaman potong, h (*depth of cut*), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong (gambar 2.4). Ketika pahat memotong sedalam h , maka diameter benda kerja akan berkurang $2h$, karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar (Nurdjito dan Arifin, 2015).

Bagi suatu tingkat proses, ukuran produk terlebih dahulu ditentukan dan kemudian pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran benda kerja tercapai. Hal ini tidak terlepas dari elemen dasar proses pemesinan.

Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut ini:

- Kecepatan potong

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} ; m/min \quad (2.1)$$

Dimana:

d = diameter rata-rata

$$= (d_o + d_m) / 2, \text{ mm} \quad (2.2)$$

- Kecepatan makan

$$V_f = f \cdot n, \text{ mm/min} \quad (2.3)$$

Dimana:

f = gerak makan, mm/put

n = putaran spindel, rpm

Tabel 2.1. Variabel pemesinan yang direkomendasikan pada proses pembubutan.

Workpiece material	Cutting tool	Range for roughing and finishing		
		Depth of cut, mm	Feed, mm/rev	Cutting Speed, m/min
Low carbon and free Machining Steel	Uncoated carbide	0,5-7,6	0,15-1,1	60-135
	Ceramic-coated carbide	“	“	180-495
	Triple coated carbide	“	“	90-245
	Tin coated carbide	“	“	60-230
	Al2O3 ceramic	“	“	365-550
Medium and High Carbon Steel	Uncoated carbide	2,5-7,6	0,15-0,75	135-225
	Ceramic-coated carbide	“	“	120-210
	Triple coated carbide	“	“	75-215
	Tin coated carbide	“	“	45-215
	Al2O3 ceramic	“	“	245-455

Sumber: (Kalpakjian & Schmid, 2014)

Secara sederhana variabel pemesinan merupakan segala variabel yang mempengaruhi proses maupun hasil pemesinan. Variabel pemesinan ini terdiri atas variabel yang bergantung pada mesin dan variabel yang bergantung pada benda kerja. Adapun variabel pemesinan yang dimaksud adalah sebagai berikut.

1. Benda kerja:

d_o = diameter mula (mm)

d_f = diameter akhir (mm)

l_t = panjang pemotongan (mm)

d = kedalaman pemotongan (mm)

2. Mesin:

f = gerak makan (mm/putaran)

n = putaran poros utama (rpm)

2.5. Pahat Bubut

Kualitas benda kerja dan efisiensi kerjanya akan tergantung dari pahat yang digunakan. Pahat memiliki arti proses memotong (*cutting process*),

yaitu memotong logam untuk mendapatkan bentuk dan ukuran, serta kualitas permukaan potong yang direncanakan. Setiap pekerjaan diperlukan pahat yang tepat, misalnya untuk pekerjaan kasar (*roughing*), halus (*finishing*), permukaan (*facing*), bor, ulir dan lain-lain, diperlukan pahat yang khusus untuk tujuan masing-masing. (Upara, 2009)

Kekerasan dan tahan terhadap gesekan yang rendah tidak diinginkan pada material pahat, sebab akan menyebabkan keausan pada material pahat tersebut. Keuletan yang rendah dan ketahanan thermal yang rendah akan mengakibatkan rusaknya pahat terhadap mata potong maupun retak mikro pada pahat yang mengakibatkan kerusakan fatal pada pahat dan benda kerja. Sifat-sifat unggul diatas memang perlu dimiliki oleh material pahat. Akan tetapi tidak semua sifat tersebut dapat dipenuhi secara berimbang. Pada umumnya kekerasan, ketahanan gesek dan ketahanan thermal yang tinggi selalu diikuti oleh penurunan keuletan. Berbagai penelitian dilakukan untuk mempertinggi kekerasan dan menjaga supaya keuletan tidak terlalu rendah sehingga pahat tersebut dapat digunakan pada kecepatan potong yang tinggi.

Pada mulanya untuk memotong baja digunakan baja karbon tinggi sebagai bahan dari pahat, dimana kecepatan potongnya pada waktu itu hanya bisa mencapai sekitar 10 m/menit. Berkat kemajuan teknologi kecepatan potong ini dapat dinaikkan sehingga mencapai sekitar 700 m/menit yaitu dengan menggunakan CBN (*Cubic Boron Nitride*). Kekerasan tersebut dapat dicapai berkat kekerasan yang tetap relatif tinggi meskipun temperatur kerjanya cukup tinggi. Dari kemajuan teknologi tersebut dapat diketahui bahwa hanya material dari jenis karbida dan keramiklah yang tetap berfungsi dengan baik pada kecepatan potong atau temperatur kerja yang tinggi. Meskipun demikian, bukan berarti hanya Karbida dan Keramik saja yang saat ini di pakai sebagai pahat potong tetapi jenis lain masih tetap dipilih yaitu pada saat di perlukan sifat keuletan yang dan nilai ekonomis yang tinggi. Namun pada saat ini material pahat yang banyak digunakan adalah Karbida dan HSS. Berikut ini adalah material-material pahat secara berurutan dari yang paling lunak tetapi ulet sampai dengan yang paling keras tetapi getas,

yaitu: (i) Baja Karbon Tinggi, (ii) HSS (*High Speed Steels*), (iii) Paduan *Cor Nonferro*, (iv) Karbida, (v) CBN (*Cubic Baron Nitride*). (Azhar, 2014)

2.6. Pahat karbida

Karbida memiliki kelas dari bahan keras, tahan aus, tahan api di mana karbida keras partikel diikat menjadi satu, atau disemen, oleh pengikat logam yang lunak dan ulet. Bahan-bahan ini pertama kali dikembangkan di Jerman pada awal 1920-an menanggapi permintaan untuk bahan cetakan yang memiliki ketahanan aus yang cukup untuk menggambar kabel filamen pijar tungsten untuk menggantikan berlian yang mahal kemudian digunakan. Karbida yang disemen pertama diproduksi adalah tungsten karbida (WC) dengan pengikat kobalt. Penggunaan tungsten sebagai elemen paduan memberi baja penahan yang baik kekerasan pada suhu tinggi dari 900°C hingga 1000°C. Karbida dibuat dengan cara mencampur bubuk logam tungsten dengan karbon dan memanaskan campuran ke sekitar 1600°C di atmosfer hidrogen sampai kedua zat itu hilang zat kimianya. Saat ini, tiga kelompok karbida berikut secara luas diterapkan untuk elemen alat potong: a. WC + Co + (WC-TiC-TaC-NiC) untuk digunakan dalam permesinan baja. b. WC + Co untuk digunakan dalam permesinan besi cor dan logam non ferro. c. TiC + Ni + Mo untuk digunakan dalam pemesian logam kekuatan tinggi suhu tinggi. Karbida semen memiliki kekerasan yang sangat tinggi (hanya setelah berlian) dan keausan tinggi resistensi terhadap abrasi. Mereka tidak kehilangan sifat pemotongannya, kekerasan melebihi suhu hingga 900°C-1000°C. Karenanya alat berujung karbida mampu mengolah logam yang paling keras secara efisien, termasuk baja yang dikeraskan pada kecepatan potong tinggi. Alat tersebut dapat beroperasi pada kecepatan potong dari 16 hingga 25 Kali lipat yang diizinkan untuk alat yang terbuat dari baja perkakas karbon. Satu kelemahan dari semen karbida adalah kerapuhannya. Kekakuan sangat tinggi (modulus Young sekitar tiga kali dari baja) dari karbida yang disemen mensyaratkan bahwa mereka didukung dengan ketebalan yang cukup, bahkan untuk sejumlah kecil deformasi ikatan dalam pada bahan

kekakuan ini dapat menyebabkan tegangan tarik yang sangat tinggi. Karbida disemen lemah pada tegangan daripada kompresi. Mereka memiliki kecenderungan kuat untuk terbentuk las tekanan pada kecepatan potong rendah. Dalam pandangan 17 ini mereka harus dioperasikan dengan kecepatan jauh lebih banyak dari yang digunakan dengan alat baja kecepatan tinggi. Ini disebabkan untuk peralatan mesin dari peningkatan daya. Karbida yang memperoleh persentase kobalt tinggi adalah lebih keras dan lebih kuat dari yang mengandung kobalt rendah. Karenanya mereka digunakan untuk pemotongan kasar, pemotongan terputus dan untuk penggilingan. Varietas kobalt rendah digunakan untuk jadi operasi seperti berputar dengan penampang chip yang halus dan pemotongan kontinu. Disarankan untuk menjaga braze metal setipis mungkin. (Singh, 2006)

2.7. Baja AISI 1037

Di dunia industri, terdapat banyak sekali jenis baja, maka terdapat kode-kode untuk mengelompokkan jenis baja. Misalnya adalah baja konstruksi yang biasanya kekuatan merupakan faktor yang paling penting, penamaannya berdasarkan kekuatan tariknya. Pada standarisasi Jerman (DIN), baja konstruksi dinyatakan dengan huruf ST kemudian diikuti dengan angka yang menunjukkan kekuatan tarik minimum dari baja, kode St 37 adalah baja berkekuatan tarik paling tidak 37 kg/mm². Baja ST37 merupakan baja konstruksi dengan kekuatan tarik sebesar 37 kg/mm². Untuk baja ST37 digolongkan kadar karbon rendah (hypoeutectoid) setelah diteliti didapatkan nilai karbon ST37 (0,468 - 0,574%) baja tersebut sudah cukup ideal bila digunakan untuk alat-alat perkakas.

2.8 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan suatu karakteristik permukaan dan ketidakaturan konfigurasi permukaan berupa guratan yang terlihat pada profil permukaan. Kekasaran permukaan dapat juga dikatakan jarak penyimpangan rata-rata dari garis rata-rata profil. Faktor yang mempengaruhi nilai kekasaran antara lain yaitu mekanisme parameter

pemotongan, geometri dan dimensi pahat, cacat pada material benda kerja dan kerusakan pada aliran geram. Hasil pembubutan adalah benda kerja yang dihasilkan setelah mendapat perlakuan pada mesin bubut yang meliputi pengurangan ukuran karena pemakanan yang dilakukan oleh pahat. Hasil pembubutan dapat dikatakan baik atau buruk didasarkan dua faktor, yaitu ketepatan pada ukuran-ukurannya (kepresisian) dan tingkat kualitas permukaan yang dihasilkan. Melihat kedua faktor tersebut maka hasil bubutan dapat dikatakan baik apabila benda kerja mempunyai tingkat kekasaran yang rendah (halus), benda kerja yang dikerjakan dengan mesin dan dilakukan pemotongan pada permukaan tidak dapat rata atau halus sama sekali, tetapi akan meninggalkan berkas berupa lembah atau puncak yang disebut kekasaran permukaan. (Rochim, 2001)

2.9. Metode Taguchi

Dr. Genichi Taguchi (1940) memperkenalkan metode *Taguchi* yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses, serta bertujuan menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Soejanto (2009) menyatakan bahwa metode *Taguchi* menjadikan produk dan proses tidak sensitif terhadap berbagai faktor gangguan (*noise*). Metode Taguchi menjadikan produk dan proses memiliki sifat robust terhadap faktor-faktor gangguan tersebut, sehingga disebut sebagai *robust design*.

Metode *Taguchi* memiliki beberapa kelebihan bila dibandingkan dengan metode desain eksperimen lainnya. Kelebihan-kelebihan tersebut antara lain (Soejanto, 2009):

1. Lebih efisien karena dapat melaksanakan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan level faktor.
2. Dapat memperoleh proses yang menghasilkan produk secara konsisten dan robust terhadap faktor yang tidak dapat dikontrol.
3. Menghasilkan kesimpulan mengenai level dari faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Oleh karena metode *Taguchi* memiliki struktur rancangan yang sangat kompleks, maka metode ini juga memiliki rancangan yang mengorbankan pengaruh interaksi yang cukup signifikan. Untuk mengatasi hal tersebut, pemilihan rancangan percobaan harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai dengan tujuan penelitian.

Desain eksperimen dengan menggunakan metode *Taguchi* dibagi menjadi tiga tahap utama yang mencakup semua pendekatan eksperimen, yaitu sebagai berikut:

2.9.1 Tahap Perencanaan

Tahap ini terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

- a. Perumusan Masalah harus dirumuskan secara spesifik. Perumusan masalah harus jelas secara teknis sehingga dapat dituangkan ke dalam eksperimen yang akan dilakukan.
- b. Penentuan Tujuan Eksperimen Tujuan eksperimen yang ditentukan harus dapat menjawab masalah yang telah dirumuskan.
- c. Penentuan Respon memiliki nilai yang tergantung pada faktor-faktor lain yang disebut variabel bebas.
- d. Pengidentifikasian Faktor/Variabel Bebas Faktor adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada langkah ini akan dipilih faktor-faktor yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap respon yang bersangkutan. Dalam suatu eksperimen, tidak semua faktor yang diperkirakan mempengaruhi respon harus diselidiki. Dengan demikian, eksperimen dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.
- e. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan Faktor-faktor yang diamati dapat dibagi menjadi faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam desain eksperimen *Taguchi*, keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab pengaruh antar kedua faktor tersebut berbeda. Faktor kontrol adalah faktor yang nilainya dapat dikendalikan sedangkan faktor gangguan adalah faktor yang nilainya tidak dapat dikendalikan.

- f. Penentuan Jumlah dan Nilai Level Faktor Pemilihan jumlah level akan mempengaruhi ketelitian hasil dan biaya pelaksanaan eksperimen. Semakin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen yang diperoleh akan semakin akurat, tetapi biaya yang harus dikeluarkan akan semakin banyak.
- g. Penentuan Matriks Ortogonal Matriks ortogonal merupakan matriks eksperimen yang memuat 28 beberapa faktor-faktor dan level-level dari faktor tersebut. Matriks ini adalah matriks yang seimbang antara faktor dan level, sehingga pengaruh suatu faktor atau level tidak tercampur dengan pengaruh faktor atau level yang lain (Soejanto, 2009).

Dalam matriks ortogonal, elemen-elemennya disusun menurut baris dan kolom. Kolom pada matriks tersebut berisi faktor-faktor atau kondisi-kondisi yang dapat diubah dalam eksperimen. Baris berisikan keadaan (level) dari faktor yang terdapat pada kolom. Matriks disebut ortogonal karena level-level dari faktor-faktor berimbang jumlahnya.

Penggunaan matriks ortogonal bertujuan untuk mengefisiensikan dan meminimalkan biaya eksperimen serta memperhatikan faktor gangguan (sehingga disebut *Robust Design*). Hal ini sangat bermanfaat dalam penelitian khususnya penelitian industri, karena dalam penelitian tersebut banyak faktor yang saling berpengaruh dan berinteraksi, serta adanya faktor gangguan yang sangat mahal untuk dikendalikan.

Penentuan matriks ortogonal digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen yang akan dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Matriks ortogonal yang tepat dapat ditentukan apabila jumlah derajat kebebasan eksperimen telah dihitung. Derajat kebebasan dapat didefinisikan sebagai jumlah perbandingan antara faktor atau parameter yang dibuat untuk menentukan level mana yang lebih baik dan seberapa jauh parameter tersebut lebih baik (Lin, 2002).

Jadi langkah awal dalam penentuan matriks ortogonal adalah penentuan jumlah faktor dan levelnya agar jumlah derajat kebebasan dapat ditentukan.

Derajat kebebasan dari matriks ortogonal (ν_{mo}) dapat ditentukan dengan menjumlahkan derajat kebebasan dari faktor dan level (ν_{fl}).

Derajat kebebasan dari faktor dan level (ν_{fl}) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

- $\nu_{fl} = \text{Jumlah level faktor} - 1$

Jumlah eksperimen minimal yang digunakan untuk penentuan matriks ortogonal didapatkan dari persamaan berikut:

- $\text{Jumlah eksperimen (n)} = \nu_{mo} + 1$

Jenis matriks ortogonal yang tersedia secara standar dapat dilihat pada Tabel 2.3 Matriks ortogonal L4 (23) berarti jumlah eksperimen yang dilakukan adalah empat, jumlah derajat kebebasan dari matriks ortogonal (ν_{mo}) maksimal adalah tiga, serta matriks tersebut dapat digunakan untuk jumlah faktor maksimal 3 dengan masing-masing memiliki 2 level.

Tabel 2.2 Matriks Ortogonal

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Level Gabungan
L ₄ (2 ³)	L ₉ (3 ⁴)	L ₁₆ (4 ³)	L ₂₅ (5 ⁶)	L ₁₈ (2 ¹ X 3 ⁷)
L ₈ (2 ⁷)	L ₂₇ (3 ¹³)	L ₆₄ (4 ²¹)		L ₃₂ (2 ¹ X 4 ⁹)
L ₁₂ (2 ¹¹)	L ₈₁ (3 ⁴⁰)			L ₃₆ (2 ¹¹ X 3 ¹²)
L ₁₆ (2 ¹³)				L ₃₆ (2 ³ X 3 ¹³)
L ₃₂ (2 ³¹)				L ₅₄ (2 ¹ X 3 ²⁵)
L ₅₄ (2 ⁶³)				L ₅₀ (2 ¹ X 5 ¹¹)

Sumber: (Soejanto, 2009)

2.9.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan terdiri dari 2 hal, yaitu penentuan jumlah replikasi dan randomisasi pelaksanaan eksperimen.

- Jumlah Replikasi Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama pada kondisi yang sama dalam sebuah percobaan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih tinggi, mengurangi tingkat kesalahan serta memperoleh harga taksiran dari kesalahan.
- Randomisasi Pengaruh faktor-faktor lain yang tidak diinginkan atau tidak dapat dikendalikan selalu ada dalam sebuah eksperimen. Pengaruh

itu dapat diperkecil dengan menyebarkan faktor-faktor tersebut melalui randomisasi (pengacakan) urutan percobaan. Randomisasi dilakukan bertujuan untuk menyebarkan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit eksperimen serta memberikan kesempatan yang sama pada semua unit eksperimen untuk menerima suatu perlakuan sehingga ada kehomogenan pengaruh dari setiap perlakuan yang sama. Selain itu, randomisasi juga bertujuan mendapatkan hasil eksperimen yang bebas satu sama lain. Jika replikasi bertujuan untuk memungkinkan dilakukannya uji signifikansi, maka randomisasi bertujuan untuk memberikan validasi terhadap uji signifikansi tersebut dengan menghilangkan sifat bias.

2.9.3 Tahap Analisis

Pada tahap ini, pengolahan data dilakukan. Selain itu, juga dilakukan perhitungan dan pengujian data statistik pada data hasil eksperimen. *Analysis of Variance* (ANOVA) digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam desain secara statistik. Analisis ini dilakukan dengan menguraikan seluruh variasi atas bagian-bagian yang diteliti. ANOVA pada matriks ortogonal dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah kuadrat untuk masing masing kolom. Analisis variansi digunakan untuk menganalisis data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dengan dua level atau lebih. Tabel ANOVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (db), jumlah kuadrat (*sum of square*, SS) dan kuadrat tengah (*mean of square*, MS) seperti ditunjukkan pada Tabel 2.4

Tabel 2.3 Tabel *Analysis of Variance* (ANOVA)

Sumber Variansi	Db	SS	MS
Faktor A	v_A	SS_A	MS_A
Faktor B	v_B	SS_B	MS_B
Faktor C	v_C	SS_C	MS_C
Faktor D	v_D	SS_D	MS_D
Faktor E	v_E	SS_E	MS_E
Faktor F	v_F	SS_F	MS_F

Error	ν_{error}	SS_{error}	MS_{error}
Total	ν_T	SS_T	

Sumber : (Soejanto, 2009)

Dimana:

ν_T = derajat bebas total

$$= N - 1 \quad (2.6)$$

ν_A = derajat bebas faktor A

$$= k_A - 1 \quad (2.7)$$

ν_B = derajat bebas faktor B

$$= k_B - 1 \quad (2.8)$$

ν_C = derajat bebas faktor C

$$= k_C - 1 \quad (2.9)$$

ν_{error} = derajat bebas error

$$= \nu_T - \nu_A - \nu_B - \nu_C - \nu_D - \nu_E - \nu_F \quad (2.10)$$

T = jumlah keseluruhan

$$= \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.11)$$

CF = faktor koreksi

$$= \frac{T^2}{N} \quad (2.12)$$

SS_T = jumlah kuadrat total

$$= \sum_{i=1}^n y_i^2 - CF \quad (2.13)$$

$$= \sum_{i=1}^n (y_i - T)^2 \quad (2.14)$$

SS_A = jumlah kuadrat faktor A

$$= \left[\sum_{i=0}^{k_A} \binom{A_1^2}{n_{A_1}} \right] - CF \quad (2.15)$$

SS_B = jumlah kuadrat faktor B

$$= \left[\sum_{i=0}^{k_B} \binom{B_1^2}{n_{B_1}} \right] - CF \quad (2.16)$$

SS_C = jumlah kuadrat faktor C

$$= \left[\sum_{i=0}^{k_C} \binom{C_1^2}{n_{C_1}} \right] - CF \quad (2.17)$$

SS_E = jumlah kuadrat error

$$= SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D - SS_E - SS_F \quad (2.18)$$

$$MS_A = \text{kuadrat tengah faktor A} \\ = SS_A - v_A \quad (2.19)$$

$$MS_B = \text{kuadrat tengah faktor B} \\ = SS_B - v_B \quad (2.20)$$

$$MS_C = \text{kuadrat tengah faktor C} \\ = SS_C - v_C \quad (2.21)$$

$$MS_E = \text{kuadrat tengah faktor error} \\ = SS_E - v_E \quad (2.22)$$

2.9.4 Rasio S/N

Rasio S/N (*Signal to Noise Ratio*) digunakan untuk memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Penggunaan Rasio S/N dilakukan untuk meminimalkan karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan. Perhitungan rasio S/N tergantung dari jenis karakteristik kualitas, yaitu: (Soejanto, 2009)

1. Semakin kecil semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai 0 dan non-negatif sehingga nilai yang semakin kecil atau mendekati nol adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N = - 10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n} \right] \quad (2.23)$$

2. Tertuju pada nilai tertentu adalah karakteristik kualitas dengan nilai target tidak nol dan terbatas sehingga nilai yang semakin mendekati target tersebut adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N = - 10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - y)^2}{n} \right] \quad (2.24)$$

Semakin besar semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan non-negatif sehingga nilai yang semakin besar adalah nilai yang diinginkan. Rasio S/N untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N = - 10 \log \left[\sum_{i=1}^n \frac{1/y_i^2}{n} \right] \quad (2.25)$$

2.10. Minitab 21

Minitab adalah program komputer yang dirancang untuk melakukan pengolahan statistik. Minitab mengkombinasikan kemudahan penggunaan layaknya Microsoft Excel dengan kemampuannya melakukan analisis statistik yang kompleks. Minitab dikembangkan di Pennsylvania State University oleh periset Barbara F. Ryan, Thomas A. Ryan, Jr., dan Brian L. Joiner pada tahun 1972. Minitab memulai versi ringannya OMNITAB, sebuah program analisis statistik oleh NIST.

Minitab didistribusikan oleh Minitab Inc, sebuah perusahaan swasta yang bermarkas di State College, Pennsylvania, dengan kantor cabang di Coventry, Inggris (Minitab Ltd.) Paris, Prancis (Minitab SARL) dan Sydney, Australia (Minitab Pty.). Kini, Minitab sering kali digunakan dalam implementasi *Six Sigma*, CMMI serta metode perbaikan proses yang berbasis statistika lainnya.

Minitab 21, versi terbaru perangkat lunak ini, tersedia dalam tujuh bahasa: Inggris, Prancis, Jerman, Jepang, Korea, Mandarin, dan Spanyol. Minitab Inc. juga membuat perangkat lunak sebagai pelengkap Minitab 21. *Quality Trainer*; sebuah paket *e-Learning* yang mengajarkan metode statistik dan konsep dalam konteks perbaikan kualitas yang terintegrasi dengan Minitab 21 dan Quality Companion 3, sebuah perangkat lunak untuk mengelola proyek *Six Sigma* dan *Lean Manufacturing* yang memungkinkan data Minitab di kombinasikan dengan dan manajemen proyek. Penggunaan Minitab diantaranya:

1. Mengelola data dan file *spreadsheet* untuk analisis data yang lebih baik.
2. Analisis regresi dan perancangan percobaan.
3. *Power* dan ukuran sampel.
4. Tabel dan grafik dan analisis varians untuk menentukan perbedaan antar data.

5. Analisis *multivariate* termasuk analisis faktor, analisis klaster, analisis korespondensi dan lainnya
6. Test *nonparametrics* berbagai tes termasuk test signal, *run test*, *friedman test*, dan lainnya.
7. *Time Series* dan *Forecasting* membantu menunjukkan kecenderungan pada data yang dapat digunakan untuk membuat dugaan. *Time series plots*, *exponential smoothing*, *trend analysis*.
8. *Statistical Process Control* dan analisis sistem pengukuran.