

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Permesinan Bubut

Proses permesinan merupakan salah satu cara untuk menghasilkan produk dalam jumlah banyak dengan waktu relatif singkat. Banyak sekali jenis mesin yang digunakan, ini berarti mengarah pada proses yang berbeda-beda untuk setiap bentuk produk. Dalam proses permesinan, benda kerja merupakan jenis material dengan sifat mekanis tertentu yang dipotong secara kontinyu oleh pahat potong untuk menghasilkan bentuk sesuai keinginan, oleh sebab itu perlu penyesuaian material pahat. Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong (Rochim, 1993).

Proses pemotongan dengan menggunakan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas dalam istilah teknik sering disebut dengan nama proses permesinan. Komponen mesin terbuat dari logam mempunyai bentuk yang beraneka ragam. Umumnya mereka dibuat dengan proses permesinan dari bahan yang berasal dari proses sebelumnya yaitu proses penuangan (*casting*) atau proses pengolahan bentuk (*metal forming*). Karena bentuk yang beraneka ragam tersebut maka proses permesinan yang dilakukannya pun bermacam-macam sesuai dengan bidang yang dihasilkan yaitu silindrik atau rata. Klasifikasi proses permesinan yaitu menurut jenis gerakan relatif pahat /perkakas potong terhadap benda kerja dan pembentukan permukaan.

Mesin bubut merupakan mesin perkakas untuk proses pemotongan logam (*metal-cutting process*). Operasi dasar dari mesin bubut adalah melibatkan benda kerja yang berputar dan *cutting tool*-nya bergerak linier. Kekhususan operasi mesin bubut adalah digunakan untuk memproses benda kerja dengan hasil atau bentuk penampang lingkaran atau benda kerja berbentuk silinder.

Prinsip kerja mesin bubut adalah benda kerja yang berputar, sedangkan pahat bubut bergerak memanjang dan melintang. Dari kerja ini dihasilkan potongan dan benda kerja yang umumnya simetris dengan mengatur perbandingan kecepatan rotasi benda kerja dan kecepatan translasi pahat maka akan diperoleh berbagai macam ulir dengan ukuran yang berbeda. Hal ini dapat dilakukan dengan jalan menukar roda gigi translasi yang menghubungkan poros spindle dengan poros ulir. Mesin bubut dapat digunakan untuk membuat bidang-bidang silindris luar dan dalam (membubut lurus dan mengebor), bidang rata (membubut rata), bidang tirus (kerucut), bentuk lengkung (bola), membubut ulir, roda gigi penukar disediakan secara khusus untuk memenuhi keperluan pembuatan ulir. Jumlah gigi pada masing-masing roda gigi penukar bervariasi besarnya mulai dari jumlah 15 sampai dengan jumlah gigi maksimum 127. Roda gigi penukar dengan jumlah 127 mempunyai kekhususan Karena digunakan untuk konvensi dan ulir metrik ke ulir inci.

2.1.1 Jenis-Jenis Mesin Bubut

Jenis-jenis mesin bubut adalah mesin bubut konvensional (*conventional lathe*), mesin bubut CNC (*computer numerical control*), mesin bubut vertikal (*vertical lathe*), mesin bubut horizontal (*horizontal lathe*), mesin bubut gulung (*roll*

turning lathe), mesin bubut miring (*slant bed lathe*), mesin bubut beralas panjang (*long bed lathe*), mesin bubut potong (*cutting lathe*), mesin bubut turret (*turret lathe*), mesin bubut lantai (*floor lathe*), mesin bubut poros engkol (*crankshaft lathe*), dan mesin bubut ulir (*thread lathe*).

a. Mesin bubut Konvensional (*conventional lathe*)

1. Pengertian Mesin bubut konvensional

Mesin bubut atau *turning machine* umumnya dianggap perkakas mesin tertua. Meskipun mesin bubut kayu awalnya dikembangkan selama 1000 hingga 1 SM, mesin bubut pengerjaan logam dengan sekrup timah tidak dibuat sampai akhir tahun 1700-an. Mesin bubut adalah suatu jenis mesin perkakas dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat atau *tools* sebagai alat untuk menyayat benda kerja. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris. Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada chuck pencekam yang terpasang pada *spindle* mesin, kemudian *spindle* dan benda kerja berputar dengan kecepatan sesuai perhitungan. Alat potong pahat yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan disayatkan pada benda kerja yang berputar umumnya pahat bubut dalam keadaan diam.

Dikatakan konvensional karena untuk membedakan mesin-mesin yang dikontrol dengan computer *CNC* dan karena jenis mesin konvensional diperlukan keterampilan manual dari operatornya. Pada kelompok mesin bubut konvensional juga terdapat bagian-bagian otomatis dan pergerakannya bahkan juga ada yang

dilengkapi dengan sistim otomasi baik yang dilayani dengan sistem *hidraulik*, pneumatic ataupun elektrik.

2. Prinsip kerja dan gerakan utama mesin bubut

Poros spindel akan memutar benda kerja melalui piringan pembawa sehingga memutar roda gigi pada poros spindel. Melalui roda gigi penghubung, putaran akan disampaikan ke roda gigi poros ulir. Oleh klem berulir, putaran poros ulir tersebut diubah menjadi gerak translasi pada eretan yang membawa pahat. Akibatnya pada benda kerja akan terjadi sayatan yang berbentuk ulir. Sedangkan gerakan-gerakan utama pada mesin bubut yaitu:

- a) Gerakan berputar yaitu bentuk gerakan rotasi dari benda kerja yang digerakan pada pahat dan di namakan gerak potong.
- b) Gerakan memanjang yaitu bentuk gerakan apabila arah pemotongan sejajar dengan sumbu kerja. Gerakan ini disebut juga dengan gerakan pemakanan.
- c) Gerakan melintang yaitu bentuk gerakan apabila arah pemotongan tegak lurus terhadap sumbu kerja. Gerakan ini disebut dengan gerakan melintang atau pemotongan permukaan.

3. Fungsi mesin bubut konvensional

Fungsi utama mesin bubut konvensional adalah untuk memproduksi benda berbentuk silindris, misalnya poros lurus, poros bertingkat, poros tirus, poros berulir, dan berbagai bentuk bidang permukaan yang lain (Atmantawarna, 2013).

4. Bagian-Bagian Utama Mesin Bubut Konvensional

Pada umumnya bagian utama mesin bubut konvensional sama walaupun dibuat di pabrik yang berbeda, hanya saja terkadang posisi handle atau tuas, tombol,

tabel penunjukan pembubutan letak/posisinya berbeda (Azhar, 2014). Bagian-bagian mesin bubut dan fungsinya sebagai berikut:

a) Meja Mesin (*Bed*)

Meja mesin adalah tumpuan gaya pemakanan waktu pembubutan mesin berfungsi sebagai tempat dudukan kepala lepas dan eretan. Bentuk alas ini bermacam-macam, ada yang datar dan ada yang kedua sisinya mempunyai ketinggian tertentu. Permukaanya rata, sehingga gerakan kepala lepas dan eretan menjadi lancar.



Gambar 2. 1 Meja mesin
Sumber: (dokumentasi 2023)

b) Sumbu Utama (*Main Spindel*)

Sumbu utama merupakan bagian yang berfungsi sebagai dudukan *chuck* cekam yang di dalamnya terdapat susunan roda gigi yang dapat di geser melalui tuas untuk mengatur putaran mesin sesuai kebutuhan pembubutan



Gambar 2. 2 Sumbu utama
Sumber : (dokumentasi 2025)

c) Cekam (*Chuck*)

Cekam merupakan alat yang digunakan untuk menjepit benda kerja. Jenisnya ada yang bercabang tiga sepusat gerakan rahang bersama-sama pada saat dikencangkan atau dibuka. Sedangkan untuk gerakan rahang tiga dan empat tidak sepusat, setiap rahang dapat bergerak sendiri tanpa diikuti oleh rahang yang lain, maka jenis ini biasanya untuk mencekam benda-benda yang tidak silindris.



Gambar 2. 3 Cekam (*chuck*)
Sumber: (dokumentasi 2025)

d) Eretan (*Carriage*)

Eretan merupakan bagian dari mesin bubut yang berfungsi sebagai pembawaudukan pahat potong. Eretan terdiri dari beberapa bagian seperti engkol dan transporter.



Gambar 2. 4 Eretan
Sumber : (dokumentasi 2025)

e) Kepala Lepas (*Tail Stock*)

Kepala lepas digunakan sebagaiudukan senter putar pendukung benda kerja pada saat pembubutan,udukan bor tangkai tirus, dan cekam bor untuk mencekam bor.



Gambar 2. 5 Kepala lepas
Sumber : (dokumentasi 2025)

f) Penjepit Pahat (*Tolls Post*)

Penjepit pahat digunakan untuk mejepit pahat potong yang bentuknya ada beberapa macam.



Gambar 2. 6 Penjepit pahat
Sumber: (dokumentasi 2025)

g) Transporter dan sumbu pembawa

Transporter atau poros tranporter adalah poros ulir segi empat atau trapezium yang biasanya memiliki kisar 6 m, digunakan untuk membawa eretan pada waktu kerja otomatis, misalnya waktu membubut ulir, alur atau pekerjaan pembubutan lainnya. Sedangkan sumbu pembawa poros adalah poros yang berputar untuk membawa jalannya cekam.



Gambar 2. 7 Transporter
Sumber : (dokumentasi 2025)

h) Tuas Pengatur Kecepatan Sumbu Utama dan Plat Penunjuk Kecepatan

Tuas pengatur kecepatan digunakan untuk mengatur kecepatan putaran mesin sesuai hasil dari perhitungan atau pembacaan dari table putaran.



Gambar 2. 8 Tuas pengatur
Sumber : (dokumentasi 2025)

5. Keunggulan dan keterbatasan Mesin bubut konvensional

- a) Mesin bubut konvensional memiliki fleksibilitas yang mampu menangani berbagai jenis material dengan presisi.
- b) Mesin bubut konvensional memiliki batasan dalam hal kemampuan memproduksi detail yang sangat halus atau bentuk yang sangat kompleks.
- c) Proses pemesinan yang lebih manual dapat menghasilkan hasil yang tidak seakurat yang diinginkan.

6. Jenis pekerjaan yang dapat dikerjakan mesin bubut

Dalam prakteknya ada beberapa jenis pekerjaan yang dapat dikerjakan seperti berikut:

- a) Pembubutan rata adalah pengerjaan benda yang dilakukan sepanjang garis sumbunya. Membubut rata atau silindris dapat dilakukan sekali atau dengan permulaan kasar yang kemudian dilanjutkan dengan pemakanan halus atau *finishing*.
- b) Pembubutan muka (*Facing*) yaitu dilakukan pada tepi penampangnya atau gerak lurus terhadap sumbu benda kerja, sehingga proses yang dihasilkan dari pembubutan diperoleh permukaan yang halus dan rata.
- c) Pembubutan ulir (*Treading*) yaitu Pekerjaan dengan membuat ulir pada benda kerja, seperti pada baut dan sekrup menggunakan pahat ulir
- d) Pembubutan tirus (*Taper*) yaitu pembubutan benda kerja berbentuk konis. Dalam pelaksanaanya pembubutan tirus, dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu, memutar eretan atas (peletakan majemuk), pergeseran kepala lepas (*Tail stock*) dengan menggunakan perlengkapan tirus (*Tapper attachent*).
- e) Pembubutan lubang (*Boring*) merupakan pekerjaan dilakukan untuk memperbesar lubang yang sudah ada pada benda kerja. Proses ini

bertujuan untuk menghasilkan lubang dengan diameter yang lebih presisi pembubutan ini menggunakan pahat bubut dalam.

- f) Pembubutan (*Drilling*) Yaitu pembubutan dengan mata bor (*Drill*) sehingga memperoleh lubang pada benda kerja. Pekerjaan ini merupakan awal dari pekerjaan *boring* (bubut dalam).

2.2 Material

Material adalah sesuatu yang disusun atau dibuat oleh bahan (Calister dan Wiliam, 2014). Pengertian material adalah bahan baku yang diolah perusahaan industri perusahaan diperoleh dari pembelian lokal, impor atau pengolahan yang dilakukan sendiri (Mulyadi, 2000). Dari beberapa pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa material adalah sebagian beberapa bahan yang dijadikan untuk membuat suatu produk atau barang jadi yang lebih bermanfaat.

2.2.1 Klasifikasi Material

a. Pengertian Baja

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja. Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 1,7% berat sesuai grade-nya. Dalam proses pembuatan baja terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang tertinggal didalam baja seperti mangan (Mn), Silikon (Si), Kromium (Cr), Vanadium (V) dan unsur lainnya. Aplikasi dari baja adalah sebagai bahan baku untuk alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-komponen otomotif, kebutuhan rumah tangga dan lain-lain (Surdia, 1999). Menurut Smith & Hashemi (2011) baja merupakan paduan logam yang

memiliki rasio antara kekuatan dan berat yang baik, serta dapat dioptimalkan sifatnya melalui berbagai metode produksi dan perlakuan panas, seperti quenching dan tempering. Klasifikasi baja menurut keperluan masing-masing adalah sebagai berikut:

1. Menurut cara pembuatannya: baja bessemer, baja Siemens-Martin (*Openhearth*), baja listrik, dan lain-lain.
2. Menurut penggunaannya: baja konstruksi, baja mesin, baja pegas, baja ketel, baja perkakas.
3. Menurut kekuatannya: baja kekuatan rendah, baja kekuatan tinggi.
4. Menurut struktur mikronya: baja eutektoid, baja hypoeutektoid, baja hypereutektoid, baja austenitik, baja martensitik, dan lain-lain.
5. Menurut komposisi kimia: baja karbon, baja paduan rendah, baja paduan tinggi

b. Jenis-Jenis Baja

1. Baja Karbon (*Carbon Steel*)

- a) Baja karbon rendah (*low carbon steel*): Kandungan karbon $< 0,3\%$, memiliki sifat lunak dan mudah dibentuk. Contoh: baja struktural dan plat baja.
- b) Baja karbon sedang (*medium carbon steel*): Kandungan karbon $0,3\%–0,6\%$, lebih kuat tetapi tetap dapat ditempa. Digunakan untuk poros dan roda gigi.
- c) Baja karbon tinggi (*high carbon steel*): Kandungan karbon $0,6\%–2,1\%$, sangat keras dan tahan aus. Digunakan untuk alat pemotong dan pegas.

2. Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Memiliki tambahan unsur seperti krom, nikel, vanadium, dan molibdenum untuk meningkatkan kekuatan, ketahanan korosi, dan ketahanan panas. Contoh: baja tahan karat (*stainless steel*), baja perkakas, dan baja tahan panas.

3. Baja Tahan Karat (*Stainless steel*)

Mengandung minimal 10,5% kromium, yang membentuk lapisan oksida pelindung terhadap korosi. Tipe umum yaitu :

- a) Austenitik: Non-magnetik, tahan korosi tinggi (contoh: 304, 316).
- b) Ferritik: Magnetik, tahan korosi sedang (contoh: 430).
- c) Martensitik: Keras, tetapi lebih rentan terhadap korosi (contoh: 410).
- d) Baja Perkakas (*Tool Steel*) Memiliki kekerasan dan ketahanan aus tinggi. Digunakan untuk pisau, cetakan, dan alat pemotong.

c. Sifat-Sifat Baja

- 1. Kuat dan ulet: Tahan terhadap tegangan dan deformasi.
- 2. Dapat ditempa dan dilas: Bisa dibentuk melalui pemanasan dan proses pengerjaan logam.
- 3. Tahan terhadap korosi (terutama *stainless steel*).
- 4. Bersifat magnetik (tergantung pada jenisnya, seperti baja karbon dan ferritik *stainless steel*).

d. Baja *Stainless steel* 316

Stainless steel merupakan material yang banyak digunakan dalam berbagai industri karena sifatnya yang tahan terhadap korosi dan memiliki kekuatan yang

baik. Salah satu jenis stainless steel yang memiliki ketahanan lebih tinggi terhadap lingkungan korosif adalah *stainless steel* 316.

Stainless steel 316 adalah jenis baja tahan karat yang termasuk dalam keluarga austenitic *stainless steel* yang memiliki kandungan molibdenum (Mo) sekitar 2-3 %. Penambahan molibdenum ini meningkatkan ketahanan terhadap korosi, terutama terhadap korosi pitting dan celah dalam lingkungan asam dan air garam.

1. Sifat fisik dan mekanik *stainless steel* 316, yaitu :

- a) Ketahanan korosi : lebih tinggi dibandingkan *stainless steel* 304, terutama dalam lingkungan asam dan garam
- b) Kekuatan tarik : sekitar 515 MPa (Mega Pascal)
- c) Kekasaran : lebih tinggi dibandingkan *stainless steel* 304, tetapi masih mudah dibentuk dan dilas
- d) Ketahanan panas : stabil hingga 800-900°C sebelum terjadi oksidasi

2. Komposisi kimia *stainless steel* 316 secara umum:

Tabel 2. 1 Komposisi kimia *stainless steel*

Sumber : (ASTM Internasional 2020)

Unsur	Komposisi (%)
Besi (Fe)	Sisa
Kromium (Cr)	16-18
Nikel (Ni)	10-14
Molibdenum (Mo)	2-3
Karbon (C)	$\leq 0,08$
Mangan (Mn)	≤ 2
Silikon (Si)	≤ 1
Fosfor (P)	$\leq 0,045$
Belerang (S)	$\leq 0,03$

3. Jenis Stainless Steel

a) Austenitic Stainless Steel (Seri 200 & 300)

Mengandung nikel tinggi, non-magnetik, sangat tahan korosi Contoh: 304, 316 (tahan korosi lebih tinggi karena Mo). Aplikasi: Peralatan medis, peralatan makanan, industri kimia.

b) Ferritic Stainless Steel (Seri 400)

Mengandung kromium tinggi, magnetik, lebih murah Contoh: 430 (digunakan di dekorasi, peralatan dapur). Aplikasi: Interior otomotif, peralatan rumah tangga

c) Martensitic Stainless Steel (Seri 400)

Kadar karbon lebih tinggi, keras, dapat dikeraskan dengan perlakuan panas Contoh: 410, 420 (digunakan untuk pisau, peralatan bedah). Aplikasi: Pisau bedah, gear, alat olahraga

d) Duplex Stainless Steel

Kombinasi sifat austenitic dan ferritic, lebih kuat dan tahan korosi Contoh: 2205, 2507. Aplikasi: Industri maritim, kilang minyak, industri kimia

e) Precipitation Hardening Stainless Steel

Mengandung elemen tambahan seperti tembaga, dapat dikeraskan dengan perlakuan panas Contoh: 17-4 PH (baja kekuatan tinggi). Aplikasi: Industri dirgantara, militer, dan energi.

4. Kelebihan Stainless Steel

- a) Tahan korosi – Tidak mudah berkarat
- b) Tahan panas – Stabil pada suhu tinggi
- c) Kuat dan tahan lama
- d) Estetika baik – Mengkilap dan mudah dibersihkan
- e) Ramah lingkungan – Dapat didaur ulang

5. Kekurangan Stainless Steel

- a) Harga lebih mahal dibanding baja karbon
- b) Sulit dalam proses pengerjaan seperti pemotongan dan pengelasan

- c) Tidak semua jenis tahan terhadap bahan kimia tertentu

6. Aplikasi Stainless Steel

- a) Industri makanan dan minuman (peralatan dapur, tangki penyimpanan)
- b) Industri medis (implan, alat bedah)
- c) Industri otomotif dan dirgantara (knalpot, rangka pesawat)
- d) Konstruksi dan arsitektur (jembatan, railing, fasad bangunan)
- e) Industri energi (kilang minyak, pipa gas)

7. Proses Pembuatan Stainless Steel

Pembuatan *stainless steel* terdiri dari beberapa tahap utama:

- a) Peleburan dan Pencampuran
 - 1) Bahan baku utama seperti bijih besi, kromium, nikel, dan molibdenum dilebur dalam tungku listrik.
 - 2) Karbon dalam jumlah tertentu dikontrol untuk mendapatkan sifat mekanis yang diinginkan.
- b) Proses Pemurnian
 - 1) *Argon Oxygen Decarburization* (AOD): Mengurangi kadar karbon tanpa mengurangi kromium.
 - 2) *Vacuum Oxygen Decarburization* (VOD): Menghilangkan karbon dengan oksigen dalam kondisi vakum untuk meningkatkan kemurnian.
- c) Pembentukan dan Pengerolan
 - 1) Stainless steel dicetak dalam bentuk slab, billet, atau bloom.
 - 2) Dilanjutkan dengan proses pengerolan panas (*hot rolling*) atau dingin (*cold rolling*) untuk mendapatkan ketebalan yang diinginkan.

d) Perlakuan Panas dan Anil

- 1) Dilakukan untuk menghilangkan tegangan internal dan meningkatkan ketahanan terhadap korosi.
- 2) Anil dilakukan dengan pemanasan hingga suhu tinggi, lalu didinginkan dengan cepat.

e) *Finishing*

- 1) *Pickling*: Menghilangkan oksida permukaan dengan larutan asam.
- 2) *Polishing*: Memperbaiki estetika dan meningkatkan ketahanan terhadap korosi.
- 3) *Coating/PVD (Physical Vapor Deposition)*: Menambahkan warna atau pelapisan khusus untuk meningkatkan daya tahan.

8. Teknologi dan Inovasi dalam Stainless Steel

Seiring perkembangan, *stainless steel* terus mengalami inovasi:

- a) *Super Stainless Steel*: Mengandung lebih banyak kromium, nikel, dan molibdenum untuk ketahanan korosi ekstrem (misalnya dalam air laut).
- b) *Nano-Coated Stainless Steel*: Menggunakan teknologi nano untuk meningkatkan ketahanan terhadap noda dan sidik jari.
- c) *Recycled Stainless Steel*: Banyak digunakan dalam industri ramah lingkungan dengan proses daur ulang yang lebih efisien.
- d) *High-Temperature Stainless Steel*: Dikembangkan untuk tahan suhu ekstrem dalam industri pesawat terbang dan energi

2.3 Pahat Bubut

Pahat bubut adalah penyayat yang digunakan pada mesin bubut. benda kerja bergerak berputar, disayat dengan pahat yang dapat digerakkan kekiri, kekanan, atau kedepan sesuai dengan gerakan penyayatan yang diperlukan.

Pahat bubut merupakan salah satu alat potong yang sangat diperlukan pada proses pembubutan, karena pahat bubut dengan berbagai jenisnya dapat membuat benda kerja dengan berbagai bentuk sesuai tuntutan pekerjaan misalnya, dapat digunakan untuk membubut permukaan/ facing, rata, bertingkat, alur, champer, tirus, bentuk, memperbesar lubang, ulir dan memotong kemampuan/performa pahat bubut dalam melakukan pemotongan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, jenis bahan/ material yang digunakan, geometris pahat bubut dan teknik penggunaannya. Apabila beberapa faktor tersebut diatas dapat terpenuhi berdasarkan standar yang telah ditentukan, maka pahat bubut akan maksimal kemampuannya/performanya.

Mata pahat merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk memotong atau memahat benda kerja yang akan dibubut. Mata pahat memiliki banyak jenis sesuai dengan kebutuhan proses pembubutan yang akan dilakukan (Firstamarsyah, 2019).

2.3.1 Klasifikasi Pahat Bubut

Pada proses kerjanya pahat digunakan untuk memotong material-material yang keras sehingga material dari pahat haruslah lebih keras dari pada material yang akan dibubut.

1. Sifat-sifat material/bahan pahat

Material pahat harus mempunyai sifat-sifat yaitu :

- a. Keras, kekerasan material pahat harus melebihi kekerasan dari material benda kerja, Tahan terhadap material pahat harus tahan terhadap gesekan dan panas hal ini bertujuan pada saat proses pembubutan berlangsung pahat tidak mudah habis (berkurang dimesinnya) untuk mencapai keakuratan dimensi dari benda kerja,
- b. Ulet, material dari pahat haruslah ulet, dikarenakan pada saat proses pembubutan pahat pasti akan menerima beban kejut.
- c. Tahan panas, material dari pahat harus tahan panas, karena pada saat benda kerja akan menimbulkan panas yang cukup tinggi (2500°C - 4000°C) tergantung putaran dari mesin bubut (semakin tinggi putaran mesin bubut maka semakin tinggi suhu yang dihasilkan)
- d. Ekonomis, material pahat harus bersifat ekonomis (pemilihan material pahat harus sesuai dengan jenis pengerjaan yang dilakukan dan jenis material dari benda kerja).

2. Bahan/Material pahat bubut

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini begitu pesat terutama dalam industri manufaktur/permesinan, sehingga sudah banyak diproduksi berbagai variasi jenis dan sifat material, baik untuk alat potong pahat bubut atau bahan/row material. Pada awalnya manusia hanya mampu membuat alat potong pahat bubut dari jenis baja karbon, kemudian ditemukan unsur atau paduan yang lebih keras sampai ditemukannya material alat potong pahat bubut yang paling keras yaitu diamond. Unsur-unsur yang berpengaruh terhadap performa alat potong/pahat bubut diantaranya: Tungsten/ Wolfram(W), Chromium (Cr),

Vanadium (V), Molybdenum (Mo) dan Cobalt (Co). Sifat yang diperlukan untuk sebuah alat potong tidak hanya kerasnya saja, akan tetapi masih ada sifat lain yang diperlukan untuk membuat suatu alat potong memiliki performa yang baik misalnya, bagaimana ketahanan terhadap gesekan, ketahanan terhadap panas, ketahanan terhadap benturan dll. Macam-macam pahat bubut dilihat dari jenis material/bahan yang digunakan meliputi: Baja karbon, Baja kecepatan tinggi/*High Speed Steels-HSS Paduan cor nonferro (cast nonferrous alloys; cast carbides)*, Karbida (*cemented carbides; hardmetals*), Keramik (*ceramics*), CBN (*cubic boron nitrides*), dan Intan (*sintered diamonds & natural diamond*).

a. Baja karbon

Yang termasuk didalam kelompok baja karbon adalah High Carbon Steel (HCS) dan Carbon Tool Steels (CTS). Baja jenis ini mengandung karbon yang relative tinggi (0,7%-1,4% C) dengan prosentasi unsur lain relatif rendah yaitu Mn, W dan C masing-masing 2% sehingga mampu memiliki kekerasan permukaan yang cukup tinggi. Dengan proses perlakuan panas pada suhu tertentu, struktur bahan akan bertransformasi menjadi martensit dengan hasil kekerasan antara $500 \div 1000$ HV. Karena martensit akan melunak pada temperatur sekitar 250 C, maka baja karbon jenis ini hanya dapat digunakan pada kecepatan potong yang rendah (10 m/menit) dan hanya dapat digunakan untuk memotong logam yang lunak atau kayu.

b. Baja Kecepatan Tinggi (*High Speed Steel-HSS*)

Pada sekitar tahun 1898, ditemukan jenis baja paduan tinggi dengan unsur paduan Crom (Cr) dan Tungsten/Wolfram (W) dengan melalui proses penuangan (*molten metallurgy*) selanjutnya dilakukan pengerolan atau penempaan dibentuk menjadi

batang segi empat atau silinder. Pada kondisi masih bahan (*raw material*), baja tersebut diproses secara pemesinan menjadi berbagai bentuk pahat bubut. Setelah proses perlakuan panas dilaksanakan, kekerasannya akan menjadi cukup tinggi sehingga dapat digunakan untuk kecepatan potong yang tinggi yaitu sampai dengan tiga kali kecepatan potong pahat CTS. Baja Kecepatan Tinggi (*High Speed Steel-HSS*) apabila dilihat dari komposisinya dapat dibagi menjadi dua yaitu, Baja Kecepatan Tinggi (*High Speed Steel-HSS*) konvensional dan Baja Kecepatan Tinggi (*High Speed Steel-HSS*) spesial. Baja Kecepatan Tinggi (HSS) konvensional, terbagi menjadi dua yaitu: Molibdenum HSS dan Tungsten HSS. Untuk Baja Kecepatan Tinggi konvensional (HSS) spesial, terbagi menjadi enam yaitu : *Cobalt Added* HSS, *High Vanadium* HSS, *High Hardness Co* HSS, *Cast* HSS, *Powdered* HSS dan *Coated* HSS

c. Karbida

Jenis karbida yang “disemen” (*Comented Carbides*) merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (sintering) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dengan bahan pengikat yang umumnya dari Cobalt (Co). dengan cara carburizing masing-masing bahan dasar (serbuk) Tungsten/Wolfram (W), Tintanium (Ti), Tantalum (Ta) dibuat menjadi karbida yang kemudian digiling (ball mill) dan disaring. Salah satu atau campuran serbuk karbida tersebut kemudian dicampur dengan bahan pengikat (Co) dan dicetak tekan dengan memakai bahan pelumas (lilin). Setelah itu dilakukan presintering (1000° C) pemanasan mula untuk menguapkan bahan pelumas) dan kemudian sintering (1600° C) sehingga bentuk keeping (sisipan) sebagai hasil proses cetak tekan (Cold atau HIP) akan menyusut menjadi sekitar

80% dari volume semula. Hot Hardness Carbida yang disemen (diikat) ini hanya akan menurun bila terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin besar prosentase pengikat Comaka kekerasannya menurun dan sebaliknya keuletannya membaik. Terdapat tiga jenis utama pahat karbida sisipan.

d. Keramik (*Ceramics*)

Keramik menurut definisi yang sempit adalah material paduan metalik dan non-metalik. Sedangkan menurut definisi yang luas adalah semua material selain metal atau material organik, yang mencakup juga berbagai jenis karbida, nitride, oksida, boride dan silikon serta karbon. Keramik secara garis besar dapat dibedakan menjadi 2 yaitu keramik tradisional dan keramik industri.

3. Pahat HSS Kobalt (Co)

HSS (*High Speed Steel*) merupakan baja paduan tinggi dengan unsur paduan utama karbon (C), tungsten (W), vanadium (V), molybdenum (Mo), kromium (Cr) ataupun kobalt (Co). Jenis HSS yang dikenal antara lain HSS jenis Tungsten, HSS jenis Tungsten-Molybdenum dan High Performance HSS. Faktor utama yang mempengaruhi kualitas suatu pahat bubut adalah cutting ability atau kemampuan potong dari pahat bubut. *Cutting ability* dari suatu pahat bubut sangat dipengaruhi oleh kekerasan (*hardness*), kekerasan panas (*hot hardness*), ketahanan aus (*wear resistance*), dan ketangguhan (*toughness*).

Di industri manufaktur terdapat beberapa jenis pahat bubut HSS yang dibuat oleh Negara maju dan berkembang seperti dari Asia dan Eropa. Permasalahannya adalah, walaupun mempunyai merk dan ukuran yang sama, tetapi mempunyai harga yang berbeda. Pahat bubut HSS buatan Eropa dalam hal ini adalah Jerman

mempunyai harga yang jauh lebih mahal daripada buatan asia. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari pahat bubut HSS pada pemesinan.

Pahat kobalt adalah pahat bubut yang terbuat dari paduan kobalt (Co) yang berfungsi sebagai pelarut unsur-unsur lain. Pahat kobalt memiliki beberapa keunggulan seperti pemotongan yang lebih cepat, umur yang lebih panjang, performa yang baik pada material keras. HSS kobatl merupakan jenis baja kecepatan tinggi (High Speed Steel) yang dipadukan dengan unsur kobalt (Co) dalam jumlah tertentu, biasanya antara 5% -8%, untuk meningkatkan ketahanan panas dan kekerasan suhu tinggi dan keausan saat digunakan dalam proses permesinan. Pahat ini biasanya digunakan untuk membuat alur, pemotongan dan pemotongan sudut pada benda kerja logam. Pahat bubut HSS cobalt adalah jenis pahat yang dirancang untuk digunakan dalam proses pembubutan. Berikut penjelasan mengenai beberapa karakteristik utama dari pahat bubut HSS Cobalt :

a. Karakteristik Pahat HSS Kobalt:

- 1) Komposisi Material: Mengandung kandungan karbon tinggi serta unsur paduan seperti tungsten (W), molibdenum (Mo), kromium (Cr), dan vanadium (V) yang meningkatkan ketahanan terhadap aus dan panas.
- 2) Kekerasan dan Ketahanan Panas: Memiliki kekerasan yang cukup tinggi setelah proses perlakuan panas (HRC sekitar 62-66) dan Tahan terhadap suhu tinggi saat proses pemotongan, sehingga cocok digunakan pada kecepatan tinggi.
- 3) Daya Tahan Terhadap Aus: Tahan terhadap gesekan dan keausan lebih lama dibanding baja perkakas biasa.

- 4) Aplikasi: Cocok digunakan untuk pembubutan, pengefraisan, dan pengeboran pada berbagai material seperti baja karbon, baja paduan, *stainless steel*, dan besi cor.
 - 5) Keunggulan: Mudah diasah kembali, Mampu mempertahankan ketajaman dalam waktu lama, dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi pemesinan, termasuk pemotongan kering atau dengan coolant.
 - 6) Pahat ini sering digunakan dalam industri manufaktur dan bengkel pemesinan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses pemotongan material keras.
- b. Kelebihan HSS Kobalt :
- 1) Ketahanan panas tinggi : tetap tajam dan tidak melunak saat suhu tinggi.
 - 2) Kekerasan tinggi : mampu memotong logam keras tanpa cepat aus.
 - 3) Kinerja tinggi dalam kecepatan pemotongan yang (makanya disebut “high speed”).
 - 4) Kekurangan HSS Kobalt : Lebih mahal dibanding HSS biasa

2.4 Parameter Penelitian

Parameter penelitian adalah karakteristik atau variabel spesifik yang diidentifikasi dan dipelajari dalam suatu proyek penelitian untuk mendefinisikan ruang lingkup dan memberikan arah penelitian. Parameter penelitian ini adalah sudut potong dan kecepatan putaran.

Dalam melakukan proses pengerjaan ada tiga parameter utama pada setiap proses pembubutan yaitu. Kecepatan putaran putaran (*speed*), gerak makan (*feed*)

dan sudut potong. Tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa di atur oleh operator langsung pada mesin bubut. Kecepatan putar, n (*speed*), selalu di hubungkan dengan sumbu utama (*spindle*) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran permenit (*rotation per minute, rpm*).

Pengaturan parameter pada mesin bubut dengan benar sangat penting untuk mencapai hasil pemotongan yang optimal, efisien dan kualitas permukaan yang baik. Pengaturan yang tepat akan mengurangi keausan pahat, memperpanjang umur mesin serta menghindari kerusakan pada benda kerja.

2.4.1 Sudut Potong

Sudut potong adalah parameter penting dalam proses pemesinan yang menentukan bagaimana alat potong berinteraksi dengan benda kerja. Sudut ini mempengaruhi keausan alat, kualitas permukaan, dan efisiensi pemotongan.

1. Jenis-Jenis Sudut Potong

Beberapa sudut utama dalam alat potong antara lain:

- a. Sudut Rake (*Rake Angle*/ γ)
 - 1) Sudut antara permukaan potong utama dengan bidang referensi.
 - 2) Berpengaruh pada gaya pemotongan dan pembentukan geram.
 - 3) Sudut rake positif mempermudah pemotongan, sedangkan sudut rake negatif meningkatkan kekuatan alat potong.
- b. Sudut Bebas (*Relief Angle*/ α)
 - 1) Sudut antara permukaan bebas alat dengan benda kerja.
 - 2) Mengurangi gesekan antara alat potong dan benda kerja.
- c. Sudut Pahat Utama (*Principal Cutting Edge Angle*/ κ_r)

- 1) Sudut antara arah pemakanan dan sisi utama pahat.
- 2) Mempengaruhi distribusi gaya potong dan bentuk geram.
- d. Sudut Pahat Samping (*Side Cutting Edge Angle*/ κ' r)
 - 1) Sudut antara sisi potong samping dan benda kerja.
 - 2) Mempengaruhi lebar geram dan gaya pemotongan.
- e. Sudut Hidung (*Nose Angle*/ ϵ r) Sudut di ujung alat potong yang menentukan kekuatan alat dan kualitas permukaan benda kerja.

2. Pengaruh Sudut Potong dalam Pemesinan

- a. Sudut yang tepat mengurangi gaya pemotongan, memperpanjang umur alat, dan meningkatkan hasil akhir pemesinan.
- b. Sudut rake yang terlalu besar dapat menyebabkan alat cepat aus, sementara sudut yang terlalu kecil meningkatkan beban pemotongan.
- c. Sudut bebas yang terlalu kecil dapat menyebabkan gesekan berlebih, sedangkan sudut yang terlalu besar mengurangi kekuatan alat potong.

2.4.2 Kecepatan Putaran

Kecepatan putaran adalah jumlah putaran yang dilakukan oleh alat potong atau benda kerja dalam satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam *revolutions per minute* (RPM). Kecepatan ini sangat berpengaruh pada hasil pemesinan, umur alat potong, dan efisiensi proses.

1. Faktor yang Mempengaruhi Kecepatan Putaran

- a. Jenis Material Benda Kerja
 - 1) Material keras membutuhkan kecepatan lebih rendah untuk mencegah keausan alat.

2) Material lunak dapat diproses dengan kecepatan lebih tinggi.

b. Jenis Material Alat Potong adalah Alat potong dari HSS (*High-Speed Steel*) memiliki batas kecepatan lebih rendah dibandingkan *Carbide* atau *Ceramic Tools*.

c. Diameter Benda Kerja atau Alat Potong adalah Semakin besar diameter, semakin rendah kecepatan putaran yang diperlukan untuk menjaga kecepatan potong tetap optimal.

d. Jenis Operasi Pemesinan

1) Pembubutan → kecepatan lebih rendah dibandingkan frais karena kontak yang lebih lama.

2) Frais → kecepatan lebih tinggi, tergantung pada jenis pahat dan arah pemakanan.

1. Dampak Kecepatan Putaran yang Tidak Tepat

a. Terlalu tinggi → alat potong cepat aus, benda kerja terbakar.

b. Terlalu rendah → waktu pemesinan lebih lama, hasil kurang halus

Kecepatan putaran ditentukan berdasarkan kecepatan potong (Rahidiyanta, 2018).

Kecepatan potong potong (V_c) adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik dalam satuan meter pada selubung pisau dalam waktu satu menit (widarto, 2018:196).

Adapun rumus menghitung kecepatan potong untuk suatu proses pembentukan benda kerja mesin bubut dengan menggunakan persamaan:

Untuk menghitung nilai rata-rata per spesimen yang digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Ra = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5} \mu m \dots \dots \dots (1)$$

Kemudian untuk menghitung nilai Ra total digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ra_{total} = \frac{Ra_{sp1} + Ra_{sp2} + Ra_{sp3}}{3} \mu m \dots \dots \dots (2)$$

Dengan demikian rumus dasar untuk mengetahui putaran mesin adalah :

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d} \dots \dots \dots (3)$$

2.5 Kekasaran

Kekasaran merupakan kualitas permukaan yang tidak halus dan karenanya terkait dengan persepsi manusia (haptik) terhadap tekstur permukaan. Dari perspektif matematika, hal ini terkait dengan struktur variabilitas spasial permukaan, dan secara inheren merupakan properti multiskala. Hal ini memiliki interpretasi dan definisi yang berbeda tergantung pada disiplin ilmu yang dipertimbangkan.

2.5.1 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga rata-rata dari kekasaran permukaan. Dalam dunia industri, permukaan benda kerja memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari alat tersebut. Nilai kekasaran permukaan memiliki nilai kualitas (N) yang berbeda, Nilai kualitas kekasaran permukaan telah diklasifikasikan oleh ISO dimana yang paling kecil adalah N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan (Ra) $0,025 \mu m$ dan yang

paling tinggi N12 yang nilai kekasarannya 50 μm . Jenis permukaan dibagi menjadi

2 yaitu :

- a. Kondisi ideal adalah kekasaran ideal yang dapat dihasilkan dalam proses permesinan atau disebut *Ideal Surface Rounghness*.
- b. Kondisi kekasaran alamiah akan muncul pada waktu proses permesinan atau disebut *Natrual Surface Rounghness* karena faktor-faktor berikut :
 - 1) Kemampuan operator
 - 2) Getar pada mesin
 - 3) Alat potong yang sudah aus.
 - 4) Adanya cacat pada material

Tabel 2. 2 Nilai Kekasaran

Sumber : (Kalpakjian, S., & Schmid, S.R. 2010).

Kelas kekasaran	Harga C L A (μm)	Harga Ra (μm)
N1	1	0,0025
N2	2	0,05
N3	4	0
N4	8	0,2
N5	16	0,4
N6	32	0,8
N7	63	1,6
N8	125	3,2
N9	250	6,3
N10	500	12,5
N11	1000	25
N12	200	50,0

Pengukuran kekasaran dilakukan untuk mengetahui hasil benda kerja setelah proses pemesinan dimana tekstur permukaan terdiri dari sayatan yang berulang-ulang dan dapat juga berupa sayatan acak dari permukaan suatu benda yang dapat mempengaruhi kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan terbentuk karena adanya goresan pahat pada permukaan spesimen selama proses pemesinan, goresan ini terus terjadi setiap kali pahat bersentuhan dengan spesimen, dan goresan ini dapat dilihat pada topografi permukaan. Pengukuran kekasaran permukaan ini dapat dilakukan dengan berbagai metode. Secara umum, pengukuran kekasaran permukaan dibagi menjadi dua jenis, yaitu pengukuran kekasaran permukaan

secara tidak langsung dan pengukuran secara langsung dan menggunakan alat uji kekasaran *surface roughness tester*.

Untuk menguji kekasaran permukaan yang halus merupakan salah satu kriteria material yang ideal dari sebuah komponen (Oki Bagus Hartanto, 2019). Hasil pengerjaan permukaan dengan menggunakan mesin bubut, berikut ini contoh-contoh harga kelas kekasaran rata-rata kekasaran menurut pengerjaannya:

Tabel 2. 3 Tingkat kekasaran rata-rata permukaan menurut proses pengerjaannya

Sumber : (Sudji Munanji, 1980)

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga (Ra)
<i>Flat and Cylindrical lapping</i>	N1-N4	0,025-0,2
<i>Super finishing diamond turning</i>	N1-N6	0,0025-0,8
<i>Flat cylindrical grinding</i>	N1-N8	0,025-32
<i>Finishing</i>	N4-N8	0,1-3,2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	N5-N12	0,4-50
<i>Shapping, planing, horizontal milling</i>	N6-N12	0,8-50
<i>Sand casting and forging</i>	N10-N11	12,5-25
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	N6-N8	0,8-3,2
<i>Die casting</i>	N6-N7	0,8-1,6

2.6 Jurnal Rujukan

Menurut Fahrizal DKK (2020), dalam proses pembubutan kekasaran permukaan dipengaruhi oleh parameter pemotong seperti kecepatan pemotong, kedalaman potongan, laju umpan dan sebagainya. Namun, tidak banyak informasi tentang hubungan atau interaksi antara parameter pemotong dan kekasaran permukaan yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh parameter pemotongan terhadap nilai kekasaran permukaan baja karbon rendah. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan mesin bubut konvensional dengan insert HSS tanpa menggunakan cairan pemotongan. Disimpulkan bahwa parameter pemotongan memiliki efek yang signifikan pada kekasaran permukaan. Nilai kekasaran permukaan terendah diperoleh pada kecepatan spindle 280 rpm, kedalaman pemotongan 0,5 mm dan laju umpan 0,2 mm/putaran dengan nilai kekasaran 2,968 μm . Kontribusi setiap parameter terhadap kekasaran permukaan masing-masing adalah 42,2 % dari kecepatan spindle, 10% dari kedalaman pemotongan dan 20,3% dari laju pengumpan.

Menurut Baharuddin Anwar (2020), kecepatan putaran mesin bubut berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan baja ST 37. Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai signifikansi Ra sebesar 0,012 ($<0,01$), yang mengkonfirmasi adanya hubungan nyata antara variasi kecepatan putaran (230, 490, 650 RPM) dengan nilai kekasaran permukaan hasil pembubutan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pengukuran langsung menggunakan surface Roughness Tester TR 220, dimana peningkatan kecepatan putaran menghasilkan variasi rata-rata kekasaran permukaan yang berbeda secara statistik.

Termuan ini menegaskan bahwa parameter kecepatan putaran mesin perlu dioptimalkan untuk mengontrol kualitas permukaan baja ST 37 dalam proses manufaktur.

Menurut Rini Sadiana (2023), menentukan sudut potong pada proses bubut untuk menghasilkan kekasaran permukaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaturan sudut potong yang tepat pada proses bubut, sehingga dapat meminimalkan kekasaran permukaan dalam proses bubut mild steel baja 37 melalui metode eksperimen dengan sampel sebanyak 9 spesimen, dengan parameter kecepatan gerak makan 0,2 mm/rev, kedalaman potongan 1 mm, putaran mesin 800 rpm, dan variasi sudut potong 650, 750, dan 850 diperoleh hasil bahwa pengaturan sudut potong yang dipilih, meskipun semakin besar nilai potong yang dipilih (untuk rentang 650-850) maka akan semakin kecil nilai permukaan kekasaran yang diperoleh dari suatu proses bubut baj ST 37 dengan parameter yang telah ditetapkan, pemilihan sudut potong 750 akan menghasilkan nilai rata-rat getaran terkecil, nilai kecepatan getaran yang diperoleh juga cenderung stabil.

Menurut Ardiyan Susarno (2012), penelitian ini menguji pengaruh parameter penelitian terhadap kekasaran permukaan baja ST 37 menggunakan pahat HSS variasi sudut potong (85° , 90° , 95°), kecepatan putaran mesin (230, 490, 650 rpm), dan gerak makan (0,11;0,14;0,21 mm/rev) dianalisis dengan kedalaman potong tetap 1 mm. Hasil pengukuran kekasaran menggunakan Surface Roughness Tester menunjukkan bahwa sudut potong 95° menghasilkan kekasaran terendah ($3,9\mu\text{m}$), sedangkan sudut potong 85° menghasilkan kekasaran tertinggi ($7,25\mu\text{m}$). Temuan ini menunjukkan bahwa parameter sudut potong dan kecepatan putaran

berpengaruh signifikan terhadap kualitas permukaan. Dengan mengoptimalkan kombinasi parameter pada sudut potong 95° , kecepatan 650 rpm, kekasaran dapat ditekan hingga 46% dibanding kondisi terburuk.