

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Baja

Baja karbon adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan sedikit Silikon (Si), Mangan (Mn), fosfor (P), dan Sulfur (S). Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, oleh karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja adalah seluruh macam besi yang dengan tidak dikerjakan terlebih dahulu lagi, sudah dapat ditempa. Baja adalah bahan yang serba kesamaannya (homogenitasnya) tinggi, terdiri terutama dari Fe dalam bentuk kristal dan C. Pembuatannya dilakukan sebagai pembersihan dalam temperatur yang tinggi dari besi mentah yang didapat dari proses dapur tinggi. Baja adalah besi mentah tidak dapat ditempa. (Anwar, 2020)

Baja karbon umumnya disebut baja mesin, karena mengandung sejumlah unsur seperti mangan (Mn), fosfor (P), silikon (Si) dan lain-lain (Zainuri, 2007). Berdasarkan kandungan karbon, baja dikategorikan menjadi tiga jenis antara lain :

1. Baja karbon rendah Baja karbon rendah ialah baja yang mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah mudah dilakukan pemesinan dan pengelasan. Baja karbon rendah memiliki keuletan dan ketangguhan sangat tinggi, namun memiliki kekerasan yang rendah. Baja karbon rendah umumnya digunakan menjadi bahan baku pembuatan seperti komponen struktur bangunan, perpipaan gedung, bodi dan rangka mobil, jembatan dan lain sebagainya.

2. Baja karbon sedang ialah baja yang memiliki kandungan karbon 0,3% - 0,6%. Baja karbon sedang mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon rendah. Kekuatan tarik serta batas regang yang tinggi, tidak akan mudah dibentuk dengan mesin. Baja karbon sedang umumnya digunakan untuk pembuatan rel kereta api, roda gigi, poros dan lain sebagainya.
3. Baja karbon tinggi ialah baja yang memiliki kandungan karbon 0,6% - 1,7%. Baja karbon tinggi mempunyai kekerasan yang tinggi, tetapi keuletannya rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kekuatan tarik paling tinggi dan umumnya digunakan untuk material *tools*. Baja karbon ini banyak dimanfaatkan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti gergaji, palu, pahat potong dan lain sebagainya (ASM handbook, 1993).
4. Baja Paduan Baja paduan adalah baja karbon yang sudah mengalami penambahan satu atau lebih unsur-unsur tambahan ke dalamnya, untuk menghasilkan sifat-sifat sesuai keinginan yang tidak akan dimiliki oleh baja karbon. Logam paduan yang biasanya digunakan yaitu nikel, chrom dan mangan. Berdasarkan kadar paduannya, baja paduan dikategorikan tiga jenis antara lain :
 - a. Baja paduan rendah ialah baja paduan dengan kadar unsur paduan yang rendah. Baja paduan dengan jenis ini mempunyai kandungan paduan kurang dari 10%. Baja ini umumnya digunakan untuk alat perkakas seperti poros dan gergaji.

- b. Baja paduan menengah Baja paduan menengah adalah baja dengan kandungan paduan elemen 2,5% - 10%. Adapun unsur-unsur yang dimiliki baja tersebut misalnya seperti unsur *chrom* (Cr), mangan (Mn), nikel (Ni), belerang (S), *silicon* (Si), *fosfor* (P) dan lain sebagainya.
- c. Baja paduan tinggi Baja paduan tinggi ialah baja paduan dengan kadar unsur paduan lebih dari 10%. Adapun unsur-unsur yang terkandung pada baja tersebut seperti unsur *chrom* (Cr), mangan (Mn), belerang (S), *silicon* (Si) dan *fosfor* (P) (Mulyanti, 1996)

2.2 Sifat-sifat umum dari baja

- a. Keteguhan (*solidity*) artinya mempunyai ketahanan terhadap tarikan, tekanan atau lentur.
- b. Elastisitas (*elasticity*) artinya kemampuan atau kesanggupan untuk dalam batas- batas pembebanan tertentu, sesudahnya pembebanan diiadakan kembali kepada bentuk semula.
- c. Kekenyalan/keliatan (*tenacity*) artinya kemampuan atau kesanggupan untuk dapat menerima perubahan bentuk yang besar tanpa menderita kerugiankerugian berupa cacat atau kerusakan yang terlihat dari luar dan dalam untuk jangka waktu pendek.
- d. Kemungkinan ditempa (*malleability*) sifat dalam keadaan merah pijar menjadi lembek dan plastis sehingga dapat dirubah bentuknya. (Paridawati, 2015).

- e. Kemungkinan dilas (*weldability*) artinya sifat dalam keadaan panas dapat digabungkan satu sama lain dengan memakai atau tidak memakai bahan tambahan, tanpa merugikan sifat-sifat keteguhannya.
- f. Kekerasan (*hardness*) kekuatan melawan terhadap masuknya benda lain
Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja, diantaranya: ST 37, ST 42, ST 50, dan seterusnya. Standart DIN (Jerman) ST X X kekuatan dalam kg/mm² steel (baja). Contoh : ST 37: baja dengan kekuatan 37 kg/mm².

Baja ST 37 banyak digunakan untuk konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan kepekan terhadap retaklas. Baja ST 37 adalah berarti baja yang mempunyai kekuatan tarik antara 37 kg/mm² sampai 45kg/mm². Kekuatan tarik ini adalah maksimum kemampuan sebelum material mengalami patah. Kekuatan tarik yield (σ_y) baja harganya dibawah kekuatan tarik maksimum. Baja pada batas kemampuan yield merupakan titik awal dimana sifatnya mulai berubah dari elastis menjadi plastis, Perubahan sifat material baja tersebut pada kondisi tertentu sangat membahayakan fungsi konstruksi mesin. Kemungkinan terburuk konstruksi mesin akan mengalami kerusakan ringan sampai serius. Baja ST 37 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon rendah, disebut juga baja lunak, banyak sekali digunakan untuk pembuatan baja batangan, tangki, perkapalan, jembatan, menara, pesawat angkat dan dalam permesinan. (Sitorus, 2024)

2.3 Mesin Bubut

2.3.1 Pengertian Mesin Bubut

Mesin bubut merupakan salah satu dari beberapa jenis mesin perkakas seperti *frais*, sekrup, mesin CNC dan lainnya. Penggunaan mesin bubut sendiri untuk memotong, pembuatan ulir benda kerja yang prosesnya disayat menggunakan pahat yang bergerak secara lurus dan setara dengan sumbu dari benda kerja yang berotasi. (Sutrisna dkk., 2019). Gerak potong relatif adalah sebutan dari gerak putar dari benda kerja dan gerak makan (*feeding*) adalah dari pahat. Hanya ada beberapa kecepatan putaran pada mesin bubut konvensional dikarenakan keterbatasan skala yang harus disesuaikan (Sutrisna dkk., 2017).

Mesin bubut merupakan salah satu jenis mesin perkakas yang sangat penting dan banyak digunakan dalam dunia industri manufaktur, khususnya dalam proses pemesinan logam maupun material lainnya. Mesin ini berfungsi untuk melakukan proses pemotongan pada benda kerja, yang umumnya berbentuk silinder, dengan cara membuat sayatan pada permukaan benda kerja tersebut. Proses pemotongan ini dilakukan dengan memutar benda kerja pada porosnya, sementara pahat pemotong digerakkan secara translasi, yakni bergerak lurus sejajar dengan sumbu putar benda kerja. Dengan demikian, pahat dapat mengikis atau memotong material dari benda kerja secara bertahap hingga mencapai bentuk dan ukuran yang diinginkan.

Secara umum, mesin bubut konvensional hanya menyediakan informasi dasar terkait proses pemesinan, biasanya dalam bentuk diagram pencar (*scatter diagram*) atau tabel. Informasi ini umumnya memuat data mengenai penentuan

jumlah putaran (revolusi per menit/RPM) dan kecepatan potong yang sesuai dengan diameter benda kerja yang akan diproses. Data tersebut sangat penting untuk memastikan proses pemotongan berjalan dengan efisien dan aman, serta untuk menghindari kerusakan pada alat potong maupun benda kerja. (Malik dkk., 2024)

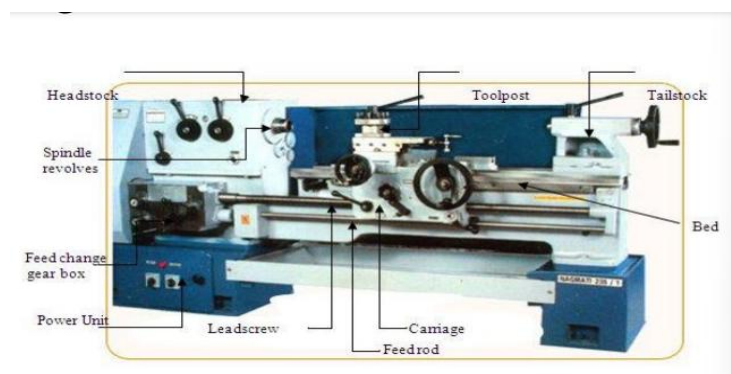


Gambar 2. 1 Mesin Bubut Konvensional

Sumber : (Anwar, 2020)

2.3.2 Bagian – bagian Mesin Bubut

Gambar Komponen – Komponen Mesin Bubut



Gambar 2. 2 Bagian- bagian Mesin Bubut

Sumber : (Kelen dkk., 2020)

Unit-Unit Dari Mesin Bubut Setiap unit pada mesin bubut memiliki fungsinya masing-masing yaitu sebagai berikut:

1. *Headstock* atau kepala tetap, transmisi gerak yang mengatur rotasi atau putaran yang dibutuhkan pada proses pembubutan terletak di sini.
2. *Tailstock* atau kepala lepas sebagai penyangga benda kerja yang bersebrangan dengan *chuck*. Selain itu, biasanya kepala lepas ini juga berguna untuk penempatan mata bor guna pembuatan lubang pada benda kerja
3. *Lead crew* adalah poros lurus berulir tempatnya agak di bawah sebaris pada bangku, panjangnya mulai ekor tetap hingga kepala tetap. Terhubung pada roda gigi di kepala tetap dan rotasinya bisa di balik. *Lead crew* bisa dilepas jika tidak di gunakan dan digunakan sebagai ulir pengarah untuk pembuatan ulir saja.
4. *Feedrod* posisinya di bawah *lead crew* memiliki fungsi menyalurkan tenaga dari kotak pengubah cepat untuk menggerakkan proses apron dalam arah memanjang atau melintang.
5. *Carriage* atau eretan adalah penahan dan pembawa pahat bubut. *Carriage* sendiri terbagi menjadi eretan lintang dan eretan campuran yang berfungsi mengatur posisi dan gerak pahat. Bahan dari eretan harus kuat karena menyangga dan mengarahkan pahat pemotong.
6. *Toolpost* atau rumah pahat adalah tempat pahat bubut dengan menggunakan pencekam pahat (Ratlalan, 2019)

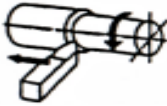
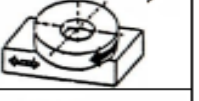
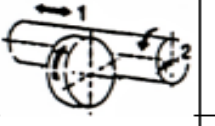
2.4 Proses Pemesinan

Dalam industri manufaktur 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. (Sadiana dkk., 2023) Proses pemotongan dengan menggunakan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas dalam istilah teknik sering disebut dengan nama proses permesinan. Komponen mesin yang 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*) dan atau proses pengolahan bentuk (*metal forming*). Karena bentuknya yang beraneka ragam tersebut maka proses permesinan yang dilakukannya pun bermacam-macam sesuai dengan bidang yang dihasilkan yaitu silindrik atau rata. Klasifikasi proses permesinan dibagi menjadi tiga yaitu menurut jenis gerakan relatif pahat atau perkakas potong terhadap benda kerja, jenis mesin perkakas yang digunakan, dan pembentukan permukaan (Rochim, 1993).

Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan geram dan sementara itu permukaan benda kerja secara bertahap akan terbentuk menjadi komponen yang dikehendaki. Pahat tersebut dipasang pada suatu jenis mesin perkakas dan dapat merupakan salah satu dari berbagai jenis pahat atau perkakas potong disesuaikan dengan cara pemotongan dan bentuk akhir dari produk. Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua macam komponen gerakan yaitu gerak potong (*cutting movement*) dan gerak makan (*feeding movement*).

Menurut jenis kombinasi dari gerak potong dan gerak makan maka proses permesinan dikelompokkan menjadi tujuh macam proses yang berlainan seperti pada Tabel 2.1.

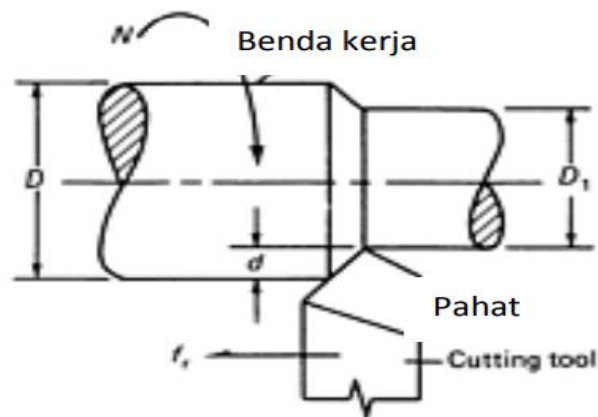
Jenis Proses		Gerak Potong		Gerak Makan	
Bubut		Putar	Benda kerja m/min	Lurus	Pahat m/min
Gurdi			Pahat m/min		Pahat m/min
Freis			Pahat m/min		Benda kerja m/min
Gerinda rata			Pahat m/min		Benda kerja
Gerinda silindrik			Pahat m/min		Benda kerja 1 & 2
Sekrap meja (a) Sekrap (b)		Lurus	$\frac{a}{b}$ benda kerja $\frac{b}{a}$ pahat m/min	Lurus	$\frac{a}{b}$ pahat $\frac{b}{a}$ benda kerja m/min
Parut dan gergaji			Pahat m/min		

Tabel 2. 1 Jenis kombinasi dari gerak potong dan gerak makan
Sumber : (Hartanto, 2019)

Selain ditinjau dari segi gerakan dan segi mesin yang digunakan proses permesinan dapat diklasifikasikan berdasarkan proses terbentuknya permukaan (*surface generation*). Dalam hal ini proses tersebut dikelompokkan dalam dua garis besar proses yaitu: Pembentukan permukaan silindrik atau konis, dan Pembentukan permukaan rata/lurus dengan atau tanpa putaran benda kerja. Berdasarkan gambar teknik, dimana dinyatakan spesifikasi geometrik suatu produk komponen mesin, proses bubut dipilih sebagai suatu proses atau urutan

proses yang digunakan untuk membuatnya. Bagi suatu tingkatan proses, ukuran obyektif ditentukan dan pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran obyektif tersebut dicapai.

Dalam proses ini pahat potong dipasang padaudukan pahat dengan memposisikan ujungnya harus sama tinggi dengan pusat benda kerja (*center*). Dalam proses bubut, benda kerja silindris dihasilkan dari kombinasi gerak pahat dan benda kerja. Benda kerja berputar dan pahat potong didorong ke dalam permukaan benda kerja dengan bergerak melintang oleh pergeseran carriage padaudukan mesin. Proses ini diulang beberapa kali sampai mendapatkan diameter yang diinginkan (Rochim, 1993). Ilustrasi dari proses bubut ditunjukkan pada Gambar di bawah ini



Gambar 2. 3 Ilustrasi dari proses bubut
Sumber : (Kelen dkk., 2020)

2.5 Proses Bubut

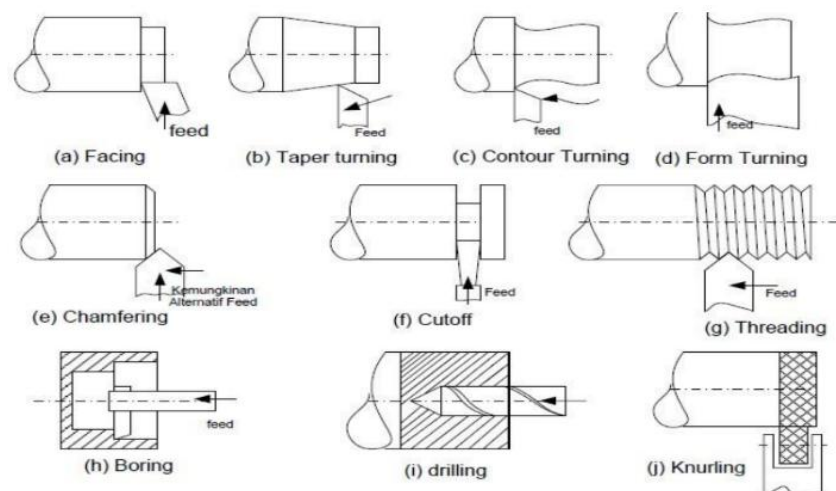
Proses bubut pada dunia industri manufaktur adalah suatu proses dalam pemotongan logam. Pada proses operasi pemotongan logam lebih kurang 80% menggunakan proses bubut (Prasetyo, 2015). Bubut memiliki prinsip kerja yaitu benda kerja yang di jepit pada *chuck* akan berputar dan akan di potong atau di sayat

menggunakan mata pisau yang terpasang pada *toolpost*. Hasil dari pembubutan yang baik dilihat dari ukurannya yang presisi, kekasaran permukaannya memiliki nilai yang kecil dan memiliki karakteristik bentuk yang baik (Siswanto & Sunyoto, 2018). Dari proses pembubutan terhadap benda kerja agar menghasilkan produksi yang maksimal, maka dibutuhkan pemilihan seting parameter-parameter atau variabel yang tepat (Apreza dkk., 2017). Kecepatan spindel, kedalaman potong dan gerakan pemakanan merupakan parameter-parameter yang bisa diatur langsung oleh seorang operator karena dapat mempengaruhi kekasaran permukaan pada proses pembubutan (Syach dkk., 2022).

Jenis-jenis proses pada mesin bubut sangat beragam dan diklasifikasikan berdasarkan posisi serta bentuk benda kerja yang akan diproses. Setiap proses memiliki tujuan dan teknik pengerjaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan pembuatan komponen tertentu. Dengan memahami berbagai jenis proses ini, operator dapat menentukan metode paling tepat untuk menghasilkan produk dengan kualitas dan presisi yang diinginkan.

Beberapa proses utama yang dilakukan pada mesin bubut antara lain adalah pembubutan *silindris* atau yang dikenal dengan istilah *turning*. Proses ini merupakan teknik pemotongan yang digunakan untuk membentuk permukaan silinder pada benda kerja. Dalam proses *turning*, benda kerja diputar pada sumbunya, sementara pahat diposisikan sejajar dengan sumbu tersebut dan digerakkan secara perlahan sepanjang permukaan benda kerja. Dengan cara ini, material pada permukaan benda kerja akan terangkat secara bertahap sehingga dihasilkan bentuk silinder yang presisi sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

Selain pembubutan *silindris*, mesin bubut juga digunakan untuk melakukan proses pengerjaan tepi atau yang disebut dengan bubut muka (*facing*). Proses ini bertujuan untuk meratakan permukaan ujung benda kerja agar menjadi datar dan halus. *Facing* sangat penting terutama ketika permukaan ujung benda kerja harus memiliki tingkat kerataan tertentu sebagai persyaratan teknis dalam perakitan atau proses lanjutan lainnya. Dalam proses ini, pahat digerakkan tegak lurus terhadap sumbu putar benda kerja sehingga permukaan ujung dapat diratakan dengan hasil akhir yang optimal.

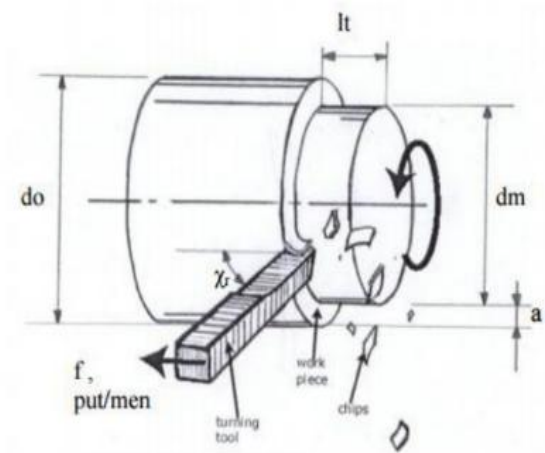


Gambar 2. 4 Proses pengerjaan pada mesin bubut

Sumber : (Hartanto, 2019)

2.6 Parameter Pemesinan Bubut

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



Gambar 2. 5 Skema proses bubut
Sumber : (Hartanto, 2019)

Keterangan : d_o = Diameter awal (mm)

d_m = Diameter akhir (mm)

l_t = Panjang pemotongan (mm)

a = Kedalaman pemakanan (mm)

χ_r = Sudut potong utama (°)

f = Putaran poros utama (putaran/menit)

1. Kecepatan Potong

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

2. Kecepatan Pemakanan

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

3. Waktu Pemotongan merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk (Rochim, 1993).
4. Kedalaman Potong Kedalaman potong dapat diartikan yaitu kedalaman geram yang diambil oleh pahat potong. Ketika pembubutan kasar, kedalaman potong menjadi maksimum tergantung kondisi mesin tersebut, tipe pahat potong yang akan dipakai dan ketermesinan dari benda kerja (Rochim, 1993).
5. Kecepatan Penghasilan Geram Geram merupakan potongan dari material yang terlepas dari benda kerja oleh pahat potong.

2.7 Pahat Bubut *High Speed Steel* (HSS)

Dalam proses pemesinan (*machining*), pahat memegang peranan penting dalam pembubutan. Pemilihan material pahat yang benar akan memperpanjang umur pahat dan menentukan hasil suatu proses. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas suatu pahat bubut adalah *cutting ability* atau kemampuan potong dari pahat bubut. Material ini biasanya digunakan pada pahat bubut, mata bor, pisau *frais*, *reamer*, dan lain-lain. (Sabar, 2024). Pahat adalah suatu alat yang

terpasang pada mesin perkakas yang berfungsi untuk memotong benda kerja atau untuk membentuk benda kerja menjadi bentuk yang diinginkan. Pada proses kerjanya pahat digunakan untuk memotong material-material yang keras sehingga material dari pahat haruslah lebih keras daripada material yang akan dibubut. Namun pada saat ini material yang banyak digunakan adalah HSS dan kabrida dan pahat yang digunakan dalam pengujian ini adalah HSS (*High Speed Steel*). Pahat merupakan alat potong yang terpasang pada mesin perkakas dengan penggunaan untuk memotong benda kerja atau membentuk benda kerja menjadi bentuk yang dikehendaki. Pahat berfungsi untuk memotong material-material yang keras, sehingga material pahat harus memiliki sifat-sifat yang dijelaskan dibawah ini

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

Pahat HSS merupakan pahat atau perkakas yang tahan terhadap kecepatan potong yang tinggi dan *temperature* yang tinggi dan juga dengan sifat tahan *softening*, tahan abrasi, dan tahan *breaking*. Pahat HSS merupakan peralatan yang dibuat dari baja dengan unsur karbon yang tinggi menjadikan pahat ini semakin keras. Kegunaan pahat HSS yaitu digunakan untuk mengasah atau memotong benda kerja pada proses pemesinan. Beberapa unsur yang membentuk pahat HSS antara lain *tungsten/ wolfram* (w), *chromium* (cr), vanadium (v), *molyaenum* (mo), dan *cobalt* (co) . Farokhi, Wrawan,. & Rusiyanto. (2017). pengaruh unsur-unsur diatas pada unsur besi (Fe) dan karbon (C) adalah sebagai berikut :

- a. Tungsten atau *wolfram* (W) meningkatkan *Hot Hardness* dengan membentuk (F3W2C) sehingga menimbulkan kenaikan *temperature* untuk proses *hardening* dan *hot hardness*.
- b. *Chromium* (Co) dapat menaikkan *hardenabiliti* dan *hot hardness*
- c. Vanadium (V) dapat menurunkan sensitivitas terhadap *overheating* serta menghaluskan besar ulir.
- d. *Molydenum* (Mo) memiliki efek yang sama seperti W, namun lebih *sensitive* terhadap *overheating*, serta lebih liat.
- e. *Cobalt* (Co) untuk meningkatkan *hot hardness* dan tahan terhadap keausan.

2.7.1 Karakteristik Pahat HSS

Pahat HSS memiliki sifat *hot hardness* (kekerasan pada temperatur kerja yang tinggi) dan *recovery hardness* (kekerasan pada temperatur ruang setelah

pahat yang bersangkutan mengalami temperatur kerja yang tinggi selama beberapa saat). Baja kecepatan yang tinggi mempunyai kemampuan yang tinggi. Mampu dikeraskan dengan baik (*harden*) dan tahan pada temperatur 300 C°. Kemampuan pahat untuk mencegah 14 kelunakan pada suhu yang tinggi disebut kekerasan merah, dikembangkan pada tahun 1900 oleh FW TAILOR dengan menambahkan wolfram 18% dan *chrome* 5,5% kepada baja sebagai paduan. Paduan lain yang biasa dipakai adalah vanadium, *molibdenum*, dan *cobalt*. Pahat ini juga mempunyai kemampuan yang baik untuk kecepatan tinggi, gaya yang besar, dan suhu yang tinggi.

Oleh sebab itu, pahat HSS sering digunakan dalam proses mesin bubut, mesin skrap, dan mesin gurdi. Di bawah ini adalah macam-macam baja HSS serta kandungan campurannya:

A. HSS 18-4-1 mengandung:

- a. *Wolfram* 18%
- b. *Chrome* 4%
- c. *Vanadium* 1%

B. HSS *Molibdenum* mengandung:

- a. *Wolfram* 6%
- b. *Molibdenum* 6%
- c. *Chrome* 4%
- d. *Vanadium* 2%

C. HSS Sangat tinggi mengandung:

- a. *Cobalt* 2%-15%

- b. *Wolfram 20%*
- c. *Chrome 4%*
- d. *Vanadium 2%*

2.7.2 Aplikasi HSS Pada pemesinan

Setelah pertama sekali di patenkan oleh suatu industri di *New Jersey* pada 1910. Setelah itu pada tahun 1937, dari berkebangsaan Amerika yang bernama *W. Breglor* berhasil membuat pahat bubut HSS versi baru yang disebut *tunsten molibdenum M2*. Berkembanglah peneliti – peneliti untuk mengetahui dan meningkatkan kemampuan penggunaan pahat HSS pada pemesinan. Secara umumnya pahat HSS digunakan pada proses pemesinan baja karbon rendah. Adapun mesin perkakas yang digunakan adalah mesin bubut, mesin *frais*, mesin *drilling* dan mesin *milling*. Namun, hasil dari proses pemesinan menggunakan pahat HSS bergantung pada kecepatan pemakanan, putaran mesin dan kedalaman potong. Pada tiap-tiap mesin perkakas berbeda-beda hasilnya, baik dari umur pahat serta kekasaran permukaan.

2.8 Kekasaran Permukaan

Permukaan benda kerja yang mengalami proses pemesinan akan mengalami kekasaran permukaan. Permukaan adalah batas yang memisahkan antara benda padat dengan sekelilingnya. Ditinjau skala kecil, dasar konfigurasi permukaan ialah suatu karakteristik geometri golongan mikrogeometri. Golongan makrogeometri merupakan permukaan secara menyeluruh yang membuat bentuk atau rupa yang spesifik, contohnya lubang, permukaan poros, permukaan sisi dan lain-lain yang

mencakup pada dimensi geometri ukuran, bentuk dan posisi (Kelen, Idkhan, and Anwar 2020).

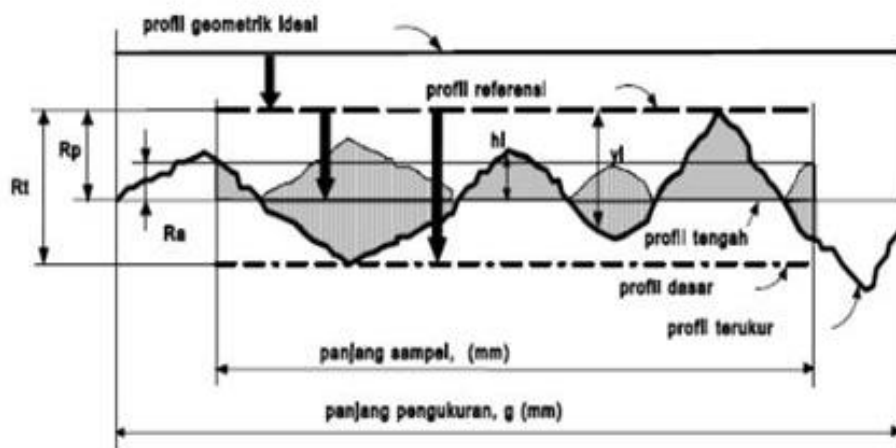
Pengertian dari kekasaran permukaan adalah ketidakraturan konfigurasi dan adanya penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan yang dapat terlihat pada profil permukaan. Kekasaran permukaan juga dapat dinyatakan dengan jarak rata-rata dari profil ke garis tengah antara puncak tertinggi dan lembah terdalam dari suatu permukaan yang menyertai proses produksi karena disebabkan oleh proses pengerjaan mesin (Kelen, Idkhan, and Anwar 2020).

Permukaan suatu benda kerja akan memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda-beda, sesuai dengan kualitas Suatu proses pemesinan dan parameternya. Nilai kekasaran permukaan mempunyai nilai kualitas (N) yang berbeda-beda. Nilai kualitas.

Kekasaran permukaan telah diklasifikasikan oleh ISO dengan ukuran paling kecil adalah N41 dengan nilai kekasaran permukaan (R_a) 0,025 μm Sedangkan yang paling tinggi N12 dengan nilai kekasaran 50 μm . Kekasaran permukaan dapat dibedakan menjadi dua jenis, antara lain :

1. *Ideal Surface Roughness* Merupakan kekasaran ideal yang dapat dicapai dalam proses pemesinan dengan kondisi ideal.
2. *Natural Surface Roughness* *Natural Surface Roughness*, yaitu : kekasaran alamiah yang terbentuk dalam proses permesinan karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi proses permesinan diantaranya :
 - a. Keahlian operator.
 - b. Getaran yang terjadi pada mesin.

- c. Ketidaktepatan gerakan komponen komponen mesin.
- d. Ketidakteraturan *feed mechanism*.
- e. Adanya cacat pada material.



Gambar 2. 6 Profil kekasaran permukaan

Sumber : (Kelen dkk., 2020)

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

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

terukur adalah sama dengan jumlah luas daerah – daerah dibawah profil tengah sampai ke profil terukur

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

1. Kekasaran total (*peak to valley height or total height*), R_t (μm) merupakan jarak antara profil referensi dengan profil alas.
2. Kekasaran perataan (*depth of surface smoothness or peak to mean line*), R_p (μm) merupakan jarak rata – rata antara profil referensi dengan profil terukur.
3. Kekasaran rata – rata aritmetik (*mean roughness index or center line average, CLA*), R_a (μm) merupakan harga rata – rata aritmetik dibagi dengan harga absolutnya jarak antara profil terukur dengan profil tengah.
4. Kekasaran rata – rata kuadratik (*root mean square height*), R_q (μm) merupakan akar bagi jarak kuadrat rata – rata antar profil terukur dengan profil tengah.
5. Kekasaran total rata – rata , R_z (μm) adalah jarak rata – rata profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata – rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.

Variabel kekasaran yang umumnya dipakai dalam proses produksi untuk mengukur kekasaran permukaan benda adalah kekasaran rata – rata (R_a). Harga R_a lebih sensitif dengan adanya perubahan yang terjadi pada proses pemesinan. Faktor lain yang mempengaruhi harga R_a seperti yang diriwayatkan oleh Schey (2009) adalah bila sebuah alat iris dengan jari-jari

kelengkungan moncong alat iris atau radius (R) digerakkan dengan pengumpanan f diantara sejumlah pemotongan yang berurutan, maka nilai kekasaran melintang idealnya dapat dihitung dengan mempertimbangkan geometrinya

Toleransi harga Ra, sebagai contoh halnya ukuran (lubang dan poros) harga kekasaran rata – rata aritmetis Ra juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Harga toleransi kekasaran Ra menurut ISO R 1302 ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

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

Tabel 2. 2 Harga toleransi kekasaran Ra menurut *ISO R 1302*

Sumber : (Hartanto, 2019a)

2.9 Pengukuran Kekasaran

Pada proses pembubutan kekasaran permukaan (*Surface Roughness*) dari hasil pekerjaan merupakan hal yang sangat penting. Kualitas hasil pembubutan logam sangat dipengaruhi oleh jenis pahat yang digunakan seperti misalnya pahat bubut *High Speed Steel* (HSS) dan karbida.

$$\text{Ra rata-rata} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \dots \dots \dots (1.1)$$

$$Ra_{total} = Ra_{Sp_1} + Ra_{Sp_2} + Ra_{Sp_3} \dots \dots \dots (1.2)$$

Keterangan:

Ra_{Sp_1} = Spesimen 1

Ra_{Sp_2} = Spesimen 2

Ra_{Sp_3} = Spesimen 3

Hasil proses pembubutan terutama kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh sudut potong pahat, kecepatan makan (*feeding*), kecepatan 21 potong (*cutting speed*), tebal geram (*depth of cut*). Kekasaran permukaan dari hasil pembubutan pada elemen mesin yang diproduksi akan mempengaruhi besar dan kecilnya terjadi gesekan. Dimana semakin kasar permukaan dihasil permesinan akan menghasilkan gesekan yang besar dan keausan begitu juga dengan panas yang ditimbulkan juga besar, keausan dan panas yang tinggi sangat tidak diharapkan pada mekanisme mesin.

Tingkat kekasaran suatu permukaan memang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen mesin khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Karena itu, dalam perencanaan dan pembuatannya harus dipertimbangkan terlebih dulu mengenai peralatan mesin yang mana harus digunakan untuk membuatnya serta berapa ongkos yang harus dikeluarkan *Surface Roughness Tester* merupakan alat yang mampu mengukur tingkat kekasaran permukaan. Setiap permukaan komponen dari suatu benda mempunyai beberapa bentuk dan variasi yang berbeda baik menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. *Roughness*/kekasaran didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai

proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin(Wijayanto, Febriantoko, and Anggono 2016). Nilai kekasaran dinyatakan dalam *Roughness Average* (Ra). Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional. Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan *stylus* berbentuk *diamond* untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat indicator pengukur kekasaran permukaan benda uji. Prinsip kerja dari *Surface Roughness* adalah dengan menggunakan *transducer* dan diolah dengan *microprocessor*.

2.10 Media Pendingin

Media pendingin mempunyai kegunaan khusus dalam proses bubut. Selain memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus, mampu menurunkan gaya dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Secara umum dapat dikatakan bahwa peran utama cairan pendingin adalah untuk mendinginkan dan melumasi. Dengan cairan pendingin temperatur yang tinggi yang terjadi dilapisan luar benda kerja bisa dikurangi, sehingga tidak merubah stuktur metalografi benda kerja. Proses kimiawi diperkirakan juga terjadi dalam proses bubut.

Media pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses bubut. Pendingin ini berupa cairan yang disemprotkan pada benda kerja yang dibubut dan pada pahat, pendinginan ini bertujuan untuk mengurangi panas yang timbul pada benda kerja dan mata pahat. (Saputra, 2013)

2.11 Jurnal Rujukan

Menurut Paridawati (2020), Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh kecepatan potong dan sudut pahat untuk mendapatkan hasil kekasaran benda kerja terbaik pada mesin bubut. Variabel yang digunakan adalah: kecepatan putaran spindel, variasi sudut pahat (sudut *clearance*, sudut *relief*, sudut *rake*, dan sudut *rake* belakang), dan kedalaman pemakanan. Dengan tiga variasi kecepatan dan empat variasi sudut pahat serta dua belas pengujian material (ST 37), hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil kekasaran terbaik dari standar produksi. Dengan tiga tingkat variasi kecepatan dan empat variasi sudut pahat yang telah disebutkan di atas, diharapkan mendapatkan hasil seperti yang diharapkan. Benda kerja ST 37 dan pahat potong HSS (*High Speed Steel*) menjadi pilihan dalam penulisan skripsi ini. Hasil akhir dari penelitian ini berupa grafik dan data statistik yaitu hasil kekasaran benda kerja ST 37 yang diuji menggunakan alat ukur yang disebut *surface flatness tester*. Kata kunci : kecepatan potong, sudut pahat dan kekasaran benda kerja.

Menurut Badaruddin 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, dan 650 RPM) dengan nilai kekasaran permukaan hasil pembubutan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pengukuran langsung menggunakan *Surface Roughness Tester* TR220, di mana peningkatan kecepatan putaran menghasilkan variasi rata-rata kekasaran permukaan yang berbeda secara

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

Menurut Robert M. Dkk (2024), Proses permesinan memiliki interaksi yang penting antara pahat dengan benda kerja yang mana dalam hal ini benda kerja mengalami perpotongan dan pahat mengalami suatu gesekan. Gesekan ini terjadi oleh pahat yang menyentuh pada permukaan yang mengalir dan menyentuh area permukaan benda kerja telah terjadi perpotongan. Akibat gesekan yang terjadi pahat mengalami keausan. Keausan yang terjadi disebabkan akibat mengalami pelebaran atau membesar sampai pada batas yang ditetapkan sehingga mengakibatkan tidak dipergunakan atau tidak memiliki fungsi karena telah terjadi kerusakan. Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan tiga mata pahat dan tiga spesimen yang digunakan untuk diuji keausannya dengan putaran 450 rpm, 1200 rpm dan putaran 2200 rpm menggunakan *portable lcd digital microscope*. Hasil penelitian ini menunjukkan mata pahat menunjukkan keausan mata pahat *carbide* dengan menggunakan 3 spesimen maka diperoleh nilai keausan pada pahat pertama yaitu 3,09 μm , pahat kedua 2,26 μm , dan pahat ketiga 11.36 μm .

Menurut Ardiyan Susarno (2012), Penelitian ini menguji pengaruh parameter pemesinan 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 μm), sedangkan sudut potong 85° menghasilkan kekasaran tertinggi (7,25 μm). Selain itu, kecepatan putaran mesin 650 rpm memberikan nilai kekasaran minimal (3,9 μm), sementara 230 rpm menghasilkan kekasaran maksimal (7,25 μm). Untuk gerak makan, nilai kekasaran terendah tercatat pada 0,11 mm/rev dengan nilai 4,4 μm , lebih baik dibandingkan dengan 0,21 mm/rev yang mencapai 6,9 μm . Temuan ini menunjukkan bahwa parameter sudut potong, kecepatan putaran, dan gerak makan berpengaruh signifikan terhadap kualitas permukaan. Dengan mengoptimalkan kombinasi parameter pada sudut potong 95° , kecepatan 650 rpm, dan gerak makan 0,11 mm/rev, kekasaran dapat ditekan hingga 46% dibandingkan kondisi terburuk.

Menurut (Muhammad Ichsan Dkk 2020), Kualitas produk dari proses produksi yang menggunakan mesin-mesin perkakas produksi selalu dikaitkan dengan kualitas permukaan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh salah satu variasi sudut mata pahat yaitu *Side Rake Angle* dan kedalaman pemotongan terhadap nilai kekasaran permukaan yang kecil pada benda kerja hasil penyekrapan datar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan, dari Sembilan kali pengujian didapat dua pengujian yang bagus terhadap kekasaran bahan baja ST-37 yaitu pada pengujian pertama variasi *side rake angle* 14° pada kedalaman pemotongan 0,5 mm dengan nilai kekasaran permukaan total ketiga spesimen 3,35 μm dan pengujian keempat yaitu dengan variasi *side rake angle* 16° pada kedalaman pemotongan 0,5 mm dengan nilai kekasaran total 3,47 μm dan nilai kekasaran masing-masing spesimen pada kelas N8.

Menurut Fahrizal Fahrizal Dkk (2022) Dalam proses pembubutan, kekasaran permukaan dipengaruhi oleh parameter pemotongan seperti kecepatan pemotongan, kedalaman potong, laju umpan, dan sebagainya. Namun, tidak banyak informasi tentang hubungan atau interaksi antara parameter pemotongan 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 spindel 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 spindel, 10% dari kedalaman pemotongan dan 20,3% dari laju pengumpan.

Menurut (Abdur Rafi Malik Dkk 2024), Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi kedalaman potong terhadap getaran dan kekasaran permukaan baja karbon ST37 pada proses pembubutan menggunakan pahat HSS. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *experiment*, Penelitian ini dilakukan di Laboratorium permesinan Politeknik Negeri Banyuwangi. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan kedalaman potong (0,4 mm, 0,5 mm, 0,6 mm) menyebabkan kenaikan kecepatan getaran mesin, sementara kekasaran permukaan cenderung lebih rendah pada kedalaman potong yang lebih besar. Nilai kekasaran rata-rata tertinggi tercatat 4,032 μm pada kedalaman 0,6 mm, sedangkan terendah 2,128 μm pada 0,4 mm.

Temuan ini mengindikasikan hubungan terbalik antara kedalaman pemakanan dan kekasaran permukaan, di mana kedalaman potong yang lebih kecil menghasilkan permukaan lebih halus tetapi meningkatkan getaran. Penelitian ini merekomendasikan optimasi kedalaman potong untuk menyeimbangkan kualitas permukaan dan stabilitas mesin, dengan memperhatikan dampak gesekan dan perlakuan panas selama proses pemotongan.

Menurut (Riri Sadiana 2023), Menentukan sudut potong pada proses bubut untuk menghasilkan kekasaran permukaan dan getaran pahat yang optimal pada proses bubut *mild steel* baja ST 37. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaturan sudut potong yang tepat pada proses bubut, sehingga dapat meminimumkan kekasaran permukaan dan getaran pada pahat dalam proses bubut *mild steel* baja ST 37. Melalui metode eksperimen dengan sampel sebanyak 9 spesimen, dengan parameter kecepatan gerak makan 0.2 mm/rev, kedalaman pemotongan 1 mm, putaran mesin 800 rpm, dan variasi sudut potong 650, 750, dan 85 diperoleh hasil bahwa pengaturan sudut potong yang dipilih, meskipun semakin besar nilai sudut potong yang dipilih (untuk rentang 650-850) maka akan semakin kecil nilai permukaan kekasaran yang diperoleh dari suatu proses bubut baja ST 37 dengan parameter yang telah ditetapkan, pemilihan sudut potong 750 akan menghasilkan nilai rata-rata getaran terkecil, nilai kecepatan getaran yang diperoleh juga cenderung stabil.

Menurut (Sabar dan Razali 2024), Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi jenis pendingin dan kedalaman potong pada proses bubut baja ST 37 terhadap umur pahat HSS. Tujuannya adalah untuk menentukan metode pendinginan dan

kedalaman potong yang optimal untuk meningkatkan umur pahat. Tiga variasi pendingin yang digunakan adalah campuran oli dan air (1:30, 1:40) serta udara tanpa pendingin, dengan kedalaman potong bervariasi (0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm). Metode eksperimen laboratorium diterapkan dengan pengukuran keausan pahat dan analisis data menggunakan metode *Taguchi* serta perangkat lunak Minitab. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jenis pendingin dan kedalaman potong berpengaruh signifikan terhadap umur pahat HSS. Pendingin campuran oli dan air dengan perbandingan 1:40 pada kedalaman 0,5 mm paling efektif, mengurangi keausan pahat dan meningkatkan umur pahat hingga 68,39 menit. Penelitian ini memberikan panduan bagi industri manufaktur dalam memilih metode pendinginan dan pengaturan kedalaman potong untuk efisiensi proses bubut dan pengurangan biaya produksi.