

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penulisan tugas akhir dibutuhkan beberapa studi literatur terlebih dahulu, yang diharapkan dapat menghasilkan teori ataupun rumusan sehingga tujuan dan manfaat dapat tercapai.

Hari Yanuar, Akhmad Syarief, dan Ach. Kusairi (2014) telah melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Kecepatan Potong dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kedalaman Permukaan dengan Berbagai Media Pendingin pada Proses Frais Konvensional” Bahan yang akan diuji adalah ST-42 dengan media pendingin yang berbeda yaitu oli campur air 1:1 dan collant yang difrais menggunakan pahat carbide, dengan hasil Nilai kekasaran paling rendah dan paling tinggi yang didapat pada spesimen baja karbon St 42 dengan 2 media pendingin yang berbeda :

- a) Nilai kekasaran paling rendah dengan media pendingin air campur oli 1:1 sebesar 0.67 μm , dan nilai kekasaran paling rendah pada media pendingin coolant sebesar 0.98 μm .
- b) Nilai kekasaran paling tinggi pada media pendingin air campur oli 1:1 sebesar 2.40 μm , dan nilai kekasaran paling tinggi pada media pendingin coolant sebesar 4.83 μm .

Didi Suryana, Fenoria Putri, Romli (2014) Jenis pendinginan salah satu parameter yang mempengaruhi nilai kekasaran dari hasil permesinan. Nilai kekasaran permukaan merupakan salah satu parameter spesifik geometris yang harus dipenuhi pada proses pemotongan logam. Karena proses pemotongan akan menyebabkan terjadi peningkatan temperatur baik terhadap benda kerja maupun alat potongnya maka jika temperatur ini jika tidak dikontrol akan mempengaruhi sifat mekanik bahan dan alat potong/pahat yang dipakai. Parameter lain yang juga berperan adalah kecepatan potong dan kecepatan pemakanan. Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan suatu persamaan regresi pengaruh media pendingin dan kondisi pemotongan baja AISI 1045 terhadap nilai kekasaran permukaan pada proses CNC milling. Data hasil penelitian dihitung secara statistik pada kondisi

pemotongan dengan variasi cutter speed 500 s.d 1500 rpm, variasi feed rate 20 s.d 40 mm/menit dan dept of cut konstan 1 mm. Pada proses pemesinan/pemotongan dengan media pendingin campuran 1 oli dan 60 air, persamaan regresinya $Y = 3,588 - 0,002 X_1 + 0,004X_2$, media pendingin campuran 1 oli dan 40 air persamaan regresinya $Y = 4,137 - 0,003X_1 + 0,004X_2$ dan media pendingin campuran 1 oli dan 20 air persamaan regresinya $Y = 4,137 - 0,003X_1 + 0,004X_2$. Kondisi pemotongan yang sangat mempengaruhi nilai kekasaran secara parsial adalah Cutter speed sedangkan feed rate tidak begitu mempengaruhi.

Roby Saputra (2017) Magnesium merupakan salah satu bahan yang paling banyak digunakan seperti pada komponen otomotif, sport dan elektronik, karena memiliki sifat yang ringan dan tahan terhadap korosi. Namun magnesium dikenal sebagai bahan logam yang mudah terbakar, karena memiliki titik nyala yang rendah. Sehingga pada proses pemesinannya harus menggunakan cairan pendingin untuk menurunkan suhu pemotongan. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh Pelumasan Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31 Padapemesinan Frais Dan Metode Pelumasan Berkuantitas Minimum (MQL). Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan pengaruh penambahan pelumas terhadap nilai kekasaran permukaan. Penelitian ini menggunakan beberapa jenis pelumas seperti synthetic oil, kedelai, dan kelapa sawit yang akan dibandingkan tanpa menggunakan pelumas. Hasil pengujian pemesinan frais untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan material magnesium AZ31 pada parameter kecepatan potong pahat (V_c) 31,4, 40,82, dan 50,24 m/min, gerak makan (f) 0,15 mm/rev, dan kedalaman potong 1 mm menggunakan pahat end mill berdiameter 10 mm. Kemudian dilakukan uji kekasaran pada permukaan benda kerja tersebut, setelah itu data-data yang diperoleh dilakukan analisa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekasaran minimum 1,147 μm dicapai dengan menggunakan minyak kelapa sawit dimana hasil tersebut lebih rendah dibandingkan dengan nilai kekasaran maksimum 5,925 μm . Pelumasan menggunakan minyak synthetic oil dan minyak kedelai pada pemesinan CNC frais ini mengalami kegagalan dalam mendinginkan dan melumasi karena partikel fluida tidak mencapai zona pemotongan dimana pendinginan diperlukan, melainkan menyebar di sekitar area pahat dan benda kerja.

Agusti Royan Mustofa, I Gusti Komang Dwijana, I Nyoman Gde Antara (2018) telah melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Pendinginan Air, Oli Dan Udara Terhadap Tingkat Kekasaran Dan Struktur Mikro Pada Proses Milling Baja Karbon WF 250” didapat hasil Pada media pendingin oli spesimen satu memiliki nilai kekasaran 4,973 pada spesimen dua memiliki nilai kekasaran 4,223 dan pada spesimen tiga memiliki nilai kekasaran 4,523. Hasil uji struktur mikro penggunaan media pendingin oli lebih baik dsri pada penggunaan media pendingin air dan udara. Penggunaan media Pendingin oli menghasilkan struktur mikro dengan masing-masing bentuk butir (*grain shape*) dan ukuran butir (*grain size*) yang memanjang dengan batas butir (*grain boundary*) yang membatasi antara butir satu dengan butir yang lain.

Almadora Anwar Sani, Didi Suryana, Karmin (2019) telah melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Minyak Sayur Sebagai Cairan Pendingin Alternatif pada Mesin CNC-MILL 3A” dengan hasil pengujian menunjukkan bila menggunakan cairan pendingin dengan minyak sayur didapat hasil yang bervariasi dari setiap pemakanan kedalaman. Nilai rata-rata kekasaran dengan nilai 3,048 yang paling halus, pemakanan kedalaman 1,5 mm, feed 200 mm/menit, kecepatan cutter 400 rpm. Jadi minyak sayur dapat direkomendasikan untuk dijadikan cairan pendingin alternative. Cairan pendingin ini diharapkan mampu menghasilkan cairan pendingin alternatif yang murah, mudah didapat, ramah lingkungan dan dapat digunakan pada mesin CNC-Mill 3A serta mesin perkakas lainnya. Cairan pendingin menggunakan minyak sayur dengan perbandingan minyak sayur dan air yaitu 1:40. Penelitian ini masih jauh dari sempurna dan masih dapat dikembangkan menjadi lebih baik.

Muhammad Ghazi Rizky Prasetya dan Sugeng Mulyono (2019) Milling merupakan salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan untuk pembuatan komponen. Sebagai contoh, salah satu proses pemesinan milling sering digunakan dalam pembuatan cetakan (mould). Ada beberapa parameter yang mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan benda kerja diantaranya adalah penggunaan cairan pendingin (coolant). Cairan pendingin adalah cairan yang digunakan dalam proses pemotongan logam yang berfungsi untuk mengatur temperatur pemotongan dan membersihkan permukaan benda kerja..Sehingga muncul permasalahan pengaruh

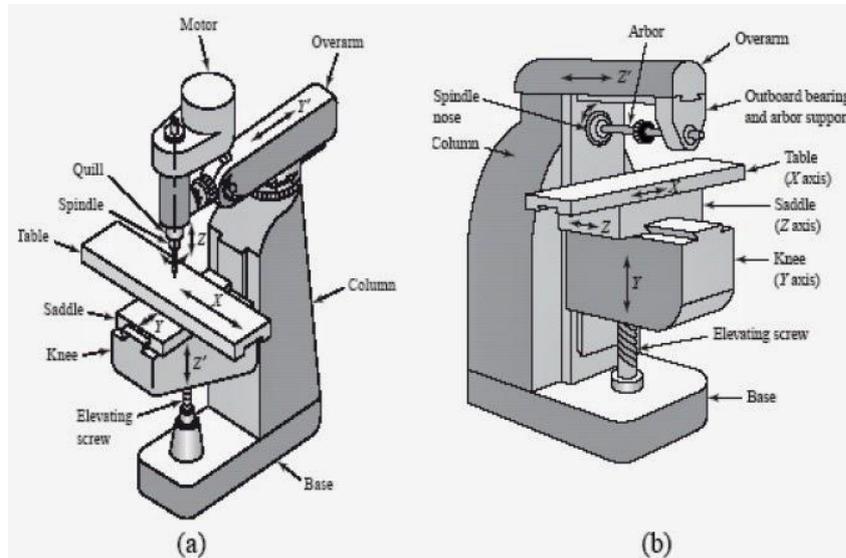
jenis cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan benda kerja SKD 11. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan benda kerja SKD 11. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Dalam penelitian ini benda kerja yang digunakan sebanyak 12 sampel, yang mendapat perlakuan berbeda yaitu: jenis cairan pendingin (*Semisynthetic fluid, Soluble Oil, Olive Oil*). Alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kekasaran permukaan adalah Taylor Hobson Sutronic 25. Pengujian dilakukan di Laboratorium Metrologi Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir BATAN, Puspitek Serpong. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis cairan pendingin berpengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja SKD 11. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa jenis cairan pendingin mempunyai pengaruh besar pada kekasaran permukaan SKD 11.

Junaidi Ilham, Bambang Dwi Haripriadi (2019) kekasaran permukaan terbesar terjadi pada parameter gerak makan (f) 30 mm/min, kedalaman potong (a) 0,1 mm, dan pendingin coolant terukur rata rata kekasaran permukaan 2,999 μm . Pada pengujian yang dilakukan dengan metode taguchi, analisis signal to noise ratio (S/N Ratio) "small is better" terhadap rancangan percobaan metode taguchi L-9. Untuk gerak makan (f) 40 mm/min, kedalaman potong (a) 0,1mm, penggunaan cairan pendingin hasil minyak goreng mampu memberikan tingkat nilai kekasaran yang rendah. Dari hasil *analisis of varian* (ANOVA) menyatakan bahwa tidak ada faktor yang signifikan dalam tingkat kekasaran permukaan, namun data tersebut menyatakan bahwa kedalaman potong merupakan faktor yang paling berkontribusi dalam tingkat kekasaran permukaan, hal tersebut dapat dilihat dari nilai P-value yang dihasilkan lebih kecil dari ketiga faktor tersebut.

2.2 Proses Permesinan Frais

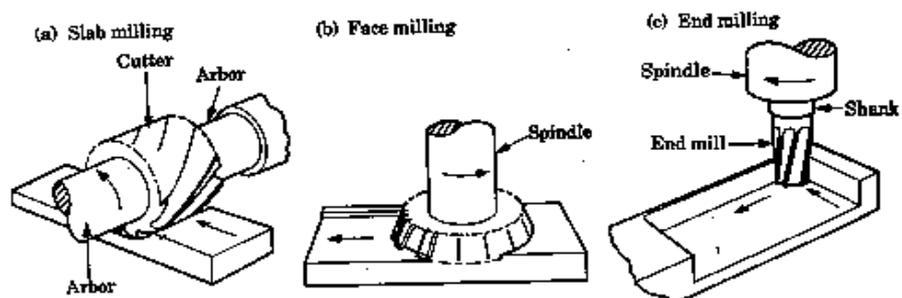
Proses permesinan frais adalah proses penyayatan benda kerja dengan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pahat ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Mesinyang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar

pahat, dan penyayatannya disebut Mesin Frais (*Milling Machine*). Bagian – bagian pada Mesin Frais (*Milling Machine*) :



Gambar 2.1. Bagian - bagian Mesin Frais
(Sumber : Sugianto, 2018)

Proses pemotongan pada mesin frais (*milling machines*) dimana dari proses frais dapat terbentuk karena adanya pemotongan dari alat potong yang berputar dimana sisi potongnya diatur disekeliling alat potong tersebut. Agar sisi potong dari alat potong dapat memotong material, maka sisi potongnya harus memiliki sudut bebas. Pada mesin frais terdapat dua gerakan dasar yaitu gerakan pemotongan dan gerakan pemakanan. Gerakan pemotongan adalah gerakan melingkar dari alat potong. Sedangkan gerakan pemakanan merupakan gerakan dalam bentuk garis lurus. Tebal geram didapat dari gerakan pemakanan tersebut. Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan relatif pisau terhadap benda kerja diantaranya yaitu: (a) frais datar (*slab milling*), (b) frais muka (*face milling*) dan (c) frais jari (*end milling*).



Gambar 2.2 Klasifikasi proses frais
(Sumber: Yanuar dkk, 2014)

Mesin frais yang digunakan dalam proses pemesinan ada tiga jenis , yaitu :

1. *Column and knee milling machines*
2. *Bed type milling machines*
3. *Special purposes*

Mesin jenis *column and knee* dibuat dalam bentuk mesin frais vertikal dan horizontal. Kemampuan melakukan berbagai jenis pemesinan adalah keuntungan utama pada mesin jenis ini. Pada dasarnya pada mesin jenis ini meja (*bed*), sadel, dan lutut (*knee*) dapat digerakkan. Beberapa asesoris seperti cekam, meja putar, kepala pembagi menambah kemampuan dari mesin frais jenis ini. Walaupun demikian mesin ini memiliki kekurangan dalam hal kekakuan dan kekuatan penyayatannya. Mesin frais tipe bed (*bed type*) memiliki produktivitas yang lebih tinggi dari pada jenis mesin frais yang pertama.

Kekakuan mesin yang baik, serta tenaga mesin yang biasanya relatif besar, menjadikan mesin ini banyak digunakan pada perusahaan manufaktur. Mesin frais pada saat ini telah banyak yang dilengkapi dengan pengendali CNC untuk meningkatkan produktivitas dan fleksibilitasnya. Jika menggunakan mesin produksi CNC maka waktu produksi bisa dipersingkat, bentuk benda kerja sangat bervariasi.

Produk permesinan di industri pemesinan semakin kompleks, maka mesin frais jenis baru dengan bentuk yang tidak biasa telah dibuat. Mesin frais tipe khusus ini, biasanya digunakan untuk keperluan mengerjakan satu jenis penyayatan dengan produktivitas/duplikasi yang sangat tinggi. Mesin tersebut misalnya mesin frais profil, mesin frais dengan spindel ganda (dua, tiga, sampai lima spindel), dan mesin frais planer.

Penggunaan mesin frais khusus, maka potensi produktifitas mesin sangat tinggi, sehingga ongkos produksi menjadi rendah, karena mesin jenis ini tidak memerlukan seting yang rumit. Selain mesin frais manual, pada saat ini telah dibuat mesin frais dengan jenis yang sama dengan mesin konvensional tetapi menggunakan kendali CNC (*Computer Numerically Controlled*). Bantuan kendali

CNC, maka mesin frais menjadi sangat fleksibel dalam mengerjakan berbagai bentuk benda kerja, efisien waktu dan biaya yang diperlukan dan produk yang dihasilkan memiliki ketelitian tinggi.

2.3 Elemen Mesin

Pada proses pemesinan frais, ukuran objektif ditentukan pada pahat harus membuang sebagian serpihan material benda kerja sampai dicapainya ukuran objektif tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menentukan penampang geram (sebelum terpotong). Setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pembuangan geram dapat dipilih supaya waktu pada saat pemotongan sesuai dengan yang diinginkan. Elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut ini (Rochim, 2007).

1. Kecepatan pemotongan (*cutting speed*)

Kecepatan potong adalah kecepatan pemakanan pahat dalam satuan m/menit. adapun rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan potong adalah sebagai berikut:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- V_c = kecepatan potong (m/min)
- π = adalah konstanta seharga 3,14
- d = diameter luar (mm)
- n = kecepatan putar poros utama (rpm)

2. Gerak makan per gigi

Gerak makan per gigi adalah kecepatan linear pahat sepanjang benda kerja dalam satuan (*mm/tooth*)

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

- f_z = gerak makan per gigi (*mm/tooth*)
- v_f = kecepatan makan (mm/min)

z = jumlah gigi/mata potong
 n = kecepatan putar poros utama (rpm)

3. Waktu pemotongan (*cutting time*)

Waktu pemotongan adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan penyayatan sepanjang benda kerja dalam satuan detik atau menit. Waktu pemotongan dirumuskan sebagai berikut

$$t_c = \frac{lt}{vf} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

t_c = waktu pemotongan (min)
 lt = panjang potongan (mm)
 V_f = kecepatan makan (mm/min)

4. Kecepatan penghasil geram (cm^3/min)

Kecepatan penghasil geram adalah volume material yang terbuang per satuan waktu dalam satuan cm^3 /menit. Kecepatan penghasil geram dirumuskan dengan :

$$z = \frac{vf \cdot a \cdot w}{1000} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

z = peningkat penghasil geram (cm^3/min)
 V_f = kecepatan makan, (mm/min)
 a = kedalaman potong, (mm)
 w = lebar pemotongan, (mm)

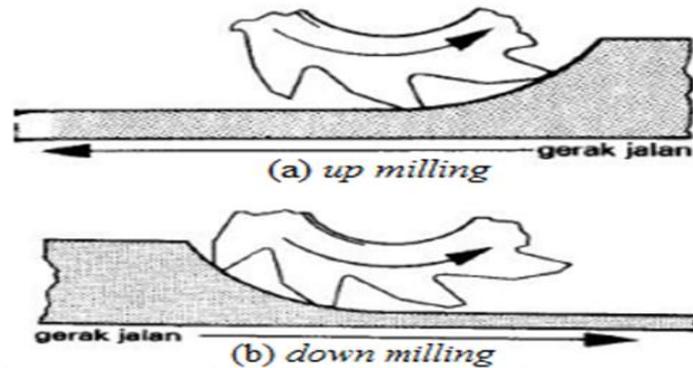
2.4 Macam-Macam Frais

A. Frais Datar (*Slab Milling*)

Frais datar (*slab milling*) atau bisa dikenal juga dengan frais datar dibedakan menjadi dua macam cara yaitu, mengefrais naik (*conventional milling*) dan mengefrais turun (*down milling/climb milling*).

Proses *slab milling* akan menyebabkan benda kerja lebih tertekan kemeja dan meja terdorong oleh pahat yang mungkin suatu saat (secara periodik) gaya dorongnya akan melebihi gaya dorong ulir/roda gigi penggerak meja. Pemotongan benda kerja dengan arah putaran alat potong (*cutter*) searah dengan arah gerak

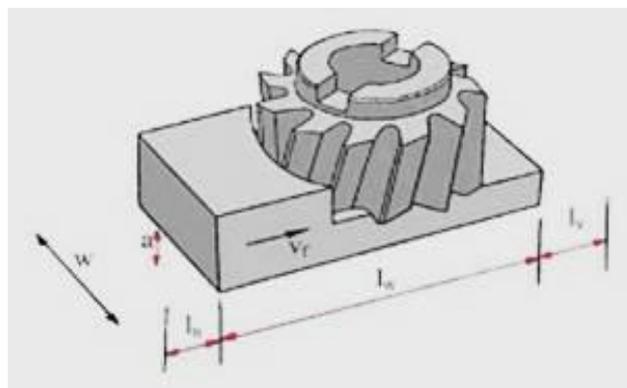
pemakanan benda kerja (*feeding*) disebut dengan *down milling* sedangkan pemotongan benda kerja dengan putaran berlawanan arah disebut *up milling*.



Gambar 2.3 (a) proses *up milling*, dan (b) *down milling*
(Sumber: Surianingsih, 2017)

B. Frais Muka (Face Milling)

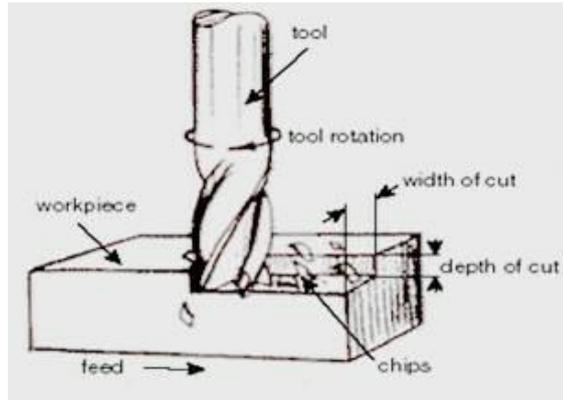
Pada frais muka (*face milling*), pahat dipasang pada *spindle* yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pahat (Yanuar dkk, 2017).



Gambar 2.4 Proses *face milling*
(Sumber: Yanuar dkk, 2017)

C. Frais Jari (*End Milling*)

Pahat pada proses frais jari biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus pada permukaan benda kerja. Pahat dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pahat terletak pada selubung pahat dan ujung badan pahat (Rahdiyanta, 2010).



Gambar 2.5 *End milling*
(Sumber: Rahdiyanta, 2010)

2.5 Bagian-bagian pada Mesin Frais

Adapun bagian-bagian utama mesin frais adalah sebagai berikut:

1. Spindel Utama adalah bagian dari mesin frais yang berfungsi sebagai pencekam alat potong/pahat.
2. Meja/*Table* adalah bagian yang berfungsi sebagai tempat untuk *clamping device* atau benda kerja.
3. Motor *device*, bagian mesin yang berfungsi sebagai penggerak bagian-bagian mesin yang lain seperti spindel utama, meja dan pendingin (*cooling*).
4. *Arbor*, berfungsi untuk mencekam pahat frais pada sumbu utama.
5. *Knee*, bagian mesin yang berfungsi untuk menopang atau menahan meja mesin.
6. *Column*, badan dari mesin yang berfungsi untuk menyokong dan menuntun *knee* saat bergerak vertikal.
7. *Base*, landasan mesin yang terletak menyatu dengan lantai. Base juga berfungsi sebagai *reservoir* (penampung fluida pendingin).
8. *Control*, Merupakan pengatur dari bagian-bagian mesin yang bergerak.

2.6 Pahat

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

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

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

Keuletan yang rendah dan ketahanan thermal yang rendah akan mengakibatkan rusaknya mata pahat maupun retak mikro pada pahat yang dapat mengakibatkan kerusakan fatal di pahat potong dan benda kerja. Sifat unggul diatas perlu dimiliki oleh material pahat, namun semua sifat diatas dapat dipenuhi secara seimbang. Meningkatnya kekerasan, ketahanan gesek dan ketahanan thermal selalu diikuti oleh penurunan keuletan. Berbagai penelitian dilakukan untuk meningkatkan kekerasan dan upaya menjaga keuletan agar tidak rendah sehingga pahat potong tersebut dapat difungsikan pada kecepatan potong yang tinggi. Mulanya untuk memotong baja diperlukan baja karbon tinggi untuk bahan pahat potong, dengan penggunaan kecepatan potong bisa mencapai 10 m/menit. Berkat kemajuan teknologi, kecepatan potong ini dapat meningkat sehingga mampu mencapai sekitar 700 m/menit dengan menggunakan pahat CBN (*Cubic Baron Nitride*). Selain CBN, jenis karbida dan keramik dapat digunakan dengan baik untuk kecepatan potong dengan temperatur kerja yang tinggi. Material pahat saat ini yang sering digunakan adalah HSS dan karbida. Berikut ini adalah jenis

material - material pahat secara beruntun dari yang paling lunak namun ulet, hingga paling keras namun getas, antara lain :

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

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

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

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

Material pahat HSS dapat dipilih dengan jenis M atau T. Jenis M adalah pahat HSS yang mengandung unsure *molybdenum*, sedangkan jenis T berarti

pahat HSS mengandung unsur tungsten. Beberapa jenis HSS dengan standar AISI dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1. Jenis Pahat HSS

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

(Sumber : Oki Bagus, 2019)

2.7 Media Pendingin

Cairan pendingin (*coolant*) pada proses pemesinan bubut memiliki beberapa fungsi yaitu: sebagai pelumas proses cutting, mendinginkan benda kerja, membuang beram, melindungi permukaan yang disayat dari korosi, memperpanjang umur cutter. Cairan pendingin memiliki manfaat yang khusus dalam proses pemesinan. Selain untuk memperpanjang umur pahat, cairan pendingin dalam beberapa kasus mampu menurunkan gaya dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu, cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih/pembawa beram dan melumasi elemen pembimbing (*ways*) mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Cairan pendingin yang digunakan dikategorikan dalam empat jenis yaitu : *Straight Oils* (Minyak murni), *Soluble Oils*, *Semisynthetic fluids* (Cairan semi sintetis), *Synthetic fluids* (Cairan sintetis). Cairan pendingin yang banyak digunakan pada industry mesin adalah Soluble Oils. Konsentrat pada *Soluble Oils* mengandung minyak mineral dasar dan pengemulsi untuk menstabilkan emulsi. Minyak ini

digunakan dalam bentuk sudah diencerkan (biasanya konsentrasinya = 3% - 10%) dan unjuk kerja pelumasan dan penghantaran panasnya bagus. Minyak sawit mempunyai aplikasi yang sangat luas Minyak sawit berpotensi untuk digunakan dalam berbagai aplikasi yang sangat luas dan beragam; baik sebagai pangan, maupun untuk keperluan non pangan. Dalam bidang pangan, minyak sawit banyak digunakan sebagai minyak goreng, *shortening*, *margarin*, *vanaspati*, *cocoa butter substitutes*, dan berbagai *ingridien* pangan lainnya. Aplikasi dalam bidang non-pangan juga terus berkembang (Hariyadi, 2010). Kendala yang dihadapi untuk memperoleh cairan pendingin biasanya susah didapatkan, harganya relatif mahal dan tidak ramah lingkungan. Dampak yang dialami jika tidak menggunakan cairan pendingin mengakibatkan permukaan benda kerja menjadi kasar, cutter akan cepat tumpul, mesin bergetar. Untuk mengatasi hal tersebut, dicari alternatif cairan pendingin yang murah, mudah didapatkan dan ramah terhadap lingkungan. Cairan pendingin alternatif yang akan digunakan menggunakan minyak sayur. Semakin banyak nilai volume minyak didalam air yaitu pada perbandingan emulsi minyak goreng 1:20 menghasilkan nilai konsumsi energi dan kekasaran permukaan paling rendah. Hal ini disebabkan karena perbandingan 1:20 memiliki viskositas cairan paling tinggi yang mengakibatkan penurunan gaya gesek dan gaya potong sehingga konsumsi energi dan kekasaran permukaan menurun (Prayitno, 2015). Hasil pengujian menunjukkan bila menggunakan cairan pendingin dengan minyak sayur didapat hasil yang bervariasi dari setiap pemakanan kedalaman. Nilai rata-rata kekasaran dengan nilai 3,048 yang paling halus, pemakanan kedalaman 1,5 mm, feed 200 mm/menit, kecepatan cutter 400 rpm. Jadi minyak sayur dapat direkomendasikan untuk dijadikan cairan pendingin alternative. Penelitian ini masih jauh dari sempurna dan masih dapat dikembangkan menjadi lebih baik.(Almadora Anwar Sani,2017).

2.7.1 Dromus

Dromus oil adalah suatu cairan yang dapat larut dalam air. Dan membentuk emulsi putih yang sangat stabil ketika sudah tercampur dengan air. Karakteristik penyerapan panas yang baik dari produk ini memberikan penyejukan yang unggul

untuk beraneka ragam proses pengerjaan logam (khususnya bubut) dan dapat diaplikasikan untuk pemotongan gelas kaca.

Cutting Oil direkomendasikan untuk operasi-operasi pemotongan tugas ringan hingga kasar pada segala jenis logam non-besi maupun logam besi kecuali magnesium. Akan bermanfaat pada pemotongan, penggergajian, pembuatan lobang, mil dan menghalusan lubang. Sangat ideal untuk penggindaan dikarenakan sifat pembasahan dan penyejukannya yang cemerlang.

2.7.2 Oli

Oli atau Minyak pelumas mesin adalah zat kimia yang berupa cairan yang diberikan antara dua benda yang bergerak untuk mengurangi gaya gesek. Pelumas atau Oli berfungsi sebagai pelapis pelindung yang mencegah terjadinya benturan antara logam dengan logam komponen mesin seminimal mungkin. Dan juga mencegah goresan dan keausan. Umumnya pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan.

Definisi SAE menurut SAE Internasional adalah singkatan dari Society of Automotive Engineer sebagai identifikasi dari kekentalan oli. SAE sendiri adalah suatu asosiasi yang mengatur standarisasi di berbagai bidang seperti bidang rancang desain teknik dan manufaktur.

Pada kemasan oli akan tertulis SAE 10W-30, 10W-40 atau 20W-40, 20W-50. Huruf W yang terletak di belakang angka merupakan singkatan dari 'Winter'. Formulasi oli disesuaikan untuk musim dingin dan panas, sehingga saat suhu mobil dingin olinya tidak mengental.

Oleh karena itu, angka paling depan adalah tingkat kekentalan oli pada suhu dingin dan angka setelah W atau paling belakang adalah tingkat kekentalan oli ketika mesin dalam kondisi bekerja atau sudah panas. Semakin besar angkanya maka semakin kental oli pada kondisinya. Semakin dingin suhu suatu wilayah, maka semakin encer tingkat kekentalannya, biasanya pada angka SAE 5W-35.

2.7.3 Minyak Sayur

Minyak sayur merupakan minyak yang berasal dari tumbuh-tumbuhan mengandung lemak nabati. Contohnya : minyak kelapa, minyak zaytun, minyak

sawit, minyak jagung, minyak kedelai, dll. Untuk membuat cairan pendingin untuk mesin perlu adanya pencampuran antara minyak sayur dengan air.

Semakin banyak nilai volume minyak didalam air yaitu pada perbandingan emulsi minyak goreng 1:20 menghasilkan nilai konsumsi energi dan kekasaran permukaan paling rendah. Hal ini disebabkan karena perbandingan 1:20 memiliki viskositas cairan paling tinggi yang mengakibatkan penurunan gaya gesek dan gaya potong sehingga konsumsi energi dan kekasaran permukaan menurun (Prayitno, 2015).

2.8 Baja

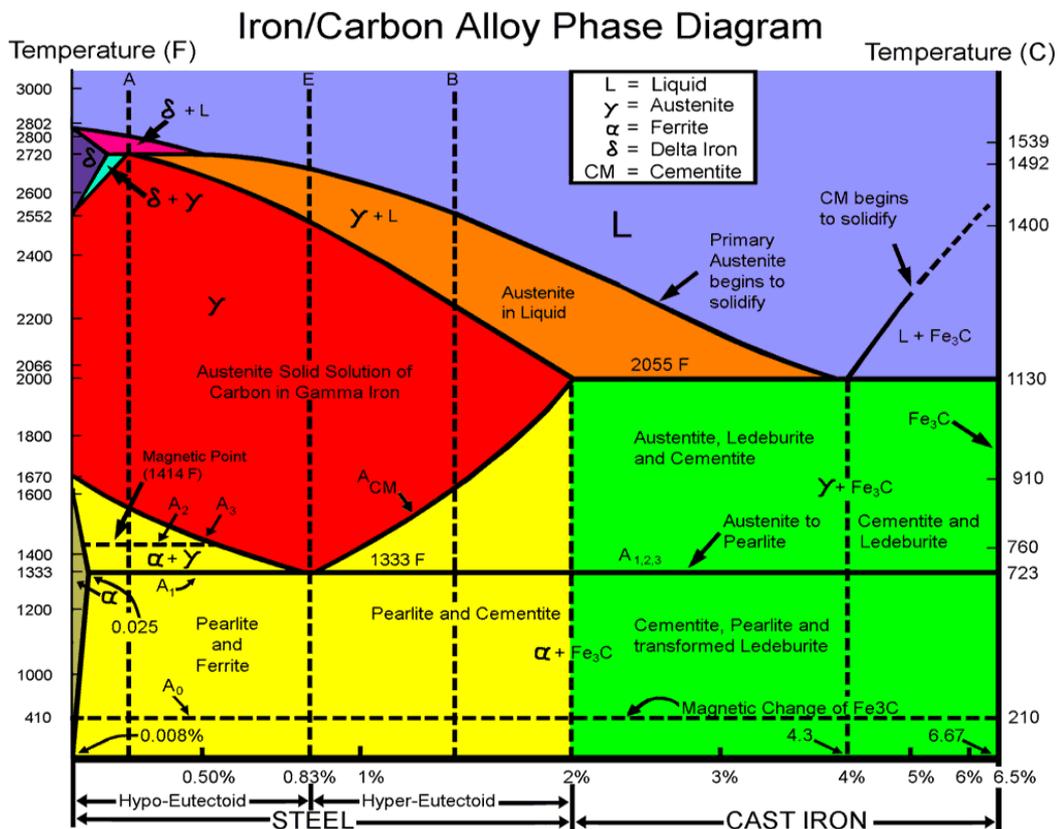
Baja adalah seluruh macam besi yang dengan tidak dikerjakan terlebih dahulu lagi, sudah dapat ditempa. Baja adalah bahan yang serba kesamaannya (homogenitasnya) tinggi, terdiri terutama dari Fe dalam bentuk kristal dan C. Pembuatannya dilakukan sebagai pembersihan dalam temperatur yang tinggi dari besi mentah yang di dapat dari proses dapur tinggi. Baja adalah besi mentah tidak dapat ditempa (Robert L. Mott, 2004). 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 ditiadakan kembali kepada bentuk semula.
- c. Kekenyalan/keliatan (*tenacity*) artinya kemampuan atau kesanggupan untuk dapat menerima perubahan bentuk yang besar tanpa menderita kerugian 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.
- 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.

2.9 Klasifikasi Baja

Berdasarkan tinggi rendahnya presentase karbon di dalam baja, baja karbon diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) mengandung karbon antara 0,10% s/d 0,30%. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil.
2. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*) mengandung karbon antara 0,30% s/d 0,60% C. Baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin juga dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) mengandung kadar karbon antara 0,60% s/d 1,7% C. Baja ini mempunyai tegangan tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong.



Gambar 2.6 diagram Fasa Fe₃C
(Sumber: Szienna, 2013)

2.10 Baja SS-400

Baja yang digunakan pada pengujian ini adalah Baja SS 400, SS “*structural steel*“. SS 400/ JIS G3101/ASTM A36 adalah baja umum (*mild steel*) dimana komposisi kimianya hanya karbon (C), Manganese (Mn), Silikon (Si), Sulfur (S) dan Posfor (P) yang dipakai untuk aplikasi struktur/konstruksi umum (*general purpose structural steel*) misalnya untuk jembatan (*bridge*), pelat kapal laut, oil tank, dll. SS 400/ JIS G3101 ekivalen dengan DIN:St37-2, EN S235JR, ASTM:A283C dan UNI:FE360B.

Baja SS 400/ JIS G3101/ASTM A36, baja dengan kadar karbon rendah (max 0.17 %C) / *Low C Steel*

PT KRAKATAU STEEL (PERSERO) Tbk.

MILL CERTIFICATE

PURCHASER : SINARINDO MEGAH PERKASA, PT
JL. BATUTULIS RAYA NO 52
KESON KELAPA, GAMBIR
JAKARTA PUSAT
COMMODITY : PRIME NEWLY PRODUCED HOT ROLLED
STEEL IN COIL MILL EDGE
SPECIFICATION : JIS G 3101 SS400

LC NO
CERTIFICATE NO
DATE
LOT NO
SHIPPING INSTRUCTION
SALES ORDER / ITEM

MS7104099806
B06021599M CPW/B19
FEBRUARY 03 2019
600049511 / 00096

Page 1 of 1

HEAT NO.	SLAB NO	COIL AND PACKING NO	TEST- NO	DIMENSION (mm)	QTY (t)	CHEMICAL COMPOSITION x 100 %							TENSILE TEST			BEHD TEST	IMPACT TEST	
						C	Si	Mn	P	S	Al	Ceq	YS N/mm ²	TS N/mm ²	EL %		AVG	°C
0099C	1400	ABX01702	ABX016	6.00 x 1210 x 2400	40	16.3	0.9	88.4	0.3	1.4	3.5	0.27	318	453	27	GOOD		
0099C	5000	ABY30901	ABY309	6.00 x 1210 x 2400	60	16.7	1.0	89.0	1.0	1.8	3.6	0.28	323	422	28	GOOD		
0099C	5000	ABY30902	ABY309	6.00 x 1210 x 2400	60	16.7	1.0	89.0	1.0	1.8	3.6	0.28	323	422	28	GOOD		

RSRHS04023, ISSUE NO : 03

CERTIFIED TRUE COPY
PT. SINARINDO MEGAH PERKASA

DIVISION OF QUALITY CONTROL
SRIVIDDOD JIKRO S
SUPERINTENDENT
PHONE: (0254) 371616

WE HEREBY CERTIFY THAT MATERIAL DESCRIBED ABOVE HAS BEEN TESTED AND COMPLIES WITH THE TERMS OF THE ORDER CONTRACT
PT KRAKATAU STEEL (PERSERO) Tbk. Jl. Indratm No 5 Cikarang, Banten, 42435, Indonesia Phone: (+62 254) 371615 Fax: (+62 254) 372698

Gambar 2.7 Sertifikat Baja SS-400
(Sumber : Toko Mega Agung Perkasa)

2.11 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah salah satu penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dari proses pemesinan. Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Tingkat kehalusan suatu permukaan memang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen mesin khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Oleh 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. Agar proses pembuatannya tidak terjadi penyimpangan yang berarti maka karakteristik permukaan ini harus dapat dipahami oleh perencana lebih-lebih lagi oleh operator. Komunikasi karakteristik permukaan biasanya dilakukan dalam gambar teknik.

2.11.1 Hal-Hal Yang Mempengaruhi Tingkat Kekasaran Permukaan

1. Pahat

Dalam proses pemakanan pahat merupakan perkakas terpenting dari mesin frais yang fungsinya untuk menyayat benda kerja sehingga menjadi produk dengan bentuk dan ukuran serta mutu permukaan sesuai yang direncanakan. Dalam proses pemakanan, pahat bergerak relatif terhadap benda kerja dan membuang sebagian dari material benda kerja yang lazim disebut tatal. Adapun sifat-sifat bahan yang harus dipenuhi untuk setiap bahan pahat adalah mampu menahan pada pelunakan yang tinggi, harus lebih keras dari benda kerja dan mempunyai ketahanan yang tinggi untuk mengatasi retakan, dalam penelitian ini proses pemakanan menggunakan pahat jenis HSS.

2. Pendinginan

Pendinginan adalah suatu proses untuk mendinginkan benda kerja akibat panas yang terjadi dari dua benda saling bergesekan dimana syarat-syarat pendinginan meliputi :

- 1.Mempunyai daya dingin yang baik.
- 2.Mempunyai daya lumas yang baik.
- 3.Mempunyai sifat netral terhadap benda kerja yakni menimbulkan karat.
- 4.Tidak mengganggu kesehatan.
- 5.Tidak cepat memuai.

Keuntungan menggunakan cairan pendingin adalah sebagai berikut :

- 1.Membuat pahat potong tidak cepat aus sehingga pahat potong menjadi tahan lama.
- 2.Pendingin berfungsi untuk mendinginkan pahat potong, maka kecepatan potong yang lebih tinggi digunakan dan waktu yang dibutuhkan untuk proses pemesinan menjadi lebih singkat.
- 3.Permukaan hasil proses pemesinan akan semakin baik dan ketepatan ukuran dapat tercapai.

3. Material Bahan

Bahan merupakan faktor yang ikut menentukan kualitas hasil pemakanan, hal ini berkaitan dengan sifat-sifat yang dimiliki oleh bahan itu sendiri, seperti sifat keras, lunak, liat dan lain-lain. Sifat yang paling dominan terdapat dalam suatu bahan adalah sifat keras, dimana tingkat kekerasan bahan sangat bervariasi dengan kandungan kadar karbon (C) dalam bahan tersebut. Untuk tiap tingkat kekerasan bahan tersebut, apabila dikerjakan pada mesin-mesin produksi termasuk pada mesin frais akan memiliki tingkat kualitas permukaan yang berbeda-beda pada masing-masing tingkat kekerasan bahan tersebut. Hal ini dapat terjadi karena sifat bahan tersebut akan berakibat pada bentuk cip yang dihasilkan pada proses tersebut. Menurut Amstead (1987 : 462), ada tiga bentuk serpihan cip yang dihasilkan, yaitu cip putus-putus (*discontinue*), kontinyu (*countinue*) dan kontinyu tetapi ada serpihan yang menempel pada ujung pahat (*build up edge*). *Discontinue cip* terjadi pada bahan yang keras dan mudah patah, seperti besi tuang, bentuk serpihan ini menghasilkan permukaan yang cukup baik. *Continue cip* adalah bentuk yang paling *ideal*, *cip* ini terbentuk karena proses pemotongan bahan yang liat, permukaan yang lebih halus dapat dihasilkan pada pengerjaan ini. *Build up*

edge terjadi pada bahan yang liat dengan koefisien gesek yang tinggi, permukaan yang dihasilkan akibat serpihan ini lebih kasar dibandingkan kedua bentuk serpihan yang disebutkan sebelumnya.

4. Kecepatan pemakanan

Kecepatan potong adalah panjang ukuran lilitan pahat terhadap benda kerja atau dapat juga disamakan dengan panjang total yang terpotong dalam ukuran meter yang diperkirakan apabila benda kerja berputar selama satu menit. Sebagai contoh, baja lunak dapat dipotong sepanjang 30 meter tiap menit. Hal ini berarti spindle mesin perlu berputar supaya ukuran mata lilitan pahat terhadap benda kerja (panjang total) sepanjang 30 meter dalam waktu putaran satu menit.

5. kedalaman pemakanan

Kedalaman pemakanan dapat diartikan dalamnya pahat menusuk benda kerja saat penyayatan atau tebalnya tatal bekas pemakanan

2.11.2 Toleransi Harga Kekasaran Permukaan (Ra)

Seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros), harga kekasaran rata-rata aritmetis Ra juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Dengan demikian masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N1 sampai N12. Besarnya toleransi untuk Ra biasanya diambil antara 50% keatas dan 25% ke bawah. Tabel 2.2 menunjukkan harga kekasaran rata-rata beserta toleransinya.

Tabel 2.2. Toleransi nilai kekasaran rata-rata (Ra)

Kelas kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi $N_{+50\%}^{-25\%}$	Panjang sampel (mm)
N1	1	0.0025	0.02 – 0.04	0.08
N2	2	0.05	0.04 – 0.08	
N3	4	0.0	0.08 – 0.15	0.25
N4	8	0.2	0.15 – 0.3	
N5	16	0.4	0.3 – 0.6	
N6	32	0.8	0.6 – 1.2	
N7	63	1.6	1.2 – 2.4	
N8	125	3.2	2.4 – 4.8	0.8
N9	250	6.3	4.8 – 9.6	
N10	500	12.5	9.6 – 18.75	
N11	1000	25.0	18.75 – 37.5	2.5
N12	2000	50.0	37.5 – 75.0	8

(Sumber : WH Azmi, 2019)

Toleransi harga kekasaran rata-rata, Ra dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Hasil penyelesaian permukaan dengan menggunakan mesin gerinda sudah tentu lebih halus dari pada dengan menggunakan mesin frais.

Table 2.3 Tingkat kekasaran rata-rata permukaan menurut proses pengerjaan

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga R_a
<i>Flat and cylindrical lapping, Superfinishing Diamond turning</i>	$N_1 - N_4$ $N_1 - N_6$	0.025 – 0.2 0.025 – 0.8
<i>Flat cylindrical grinding Finishing</i>	$N_1 - N_8$ $N_4 - N_8$	0.025 – 3.2 0.1 – 3.2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	$N_5 - N_{12}$	0.4 – 50.0
<i>Drilling</i>	$N_7 - N_{10}$	1.6 – 12.5
<i>Shapping, planing, horizontal milling</i>	$N_6 - N_{12}$	0.8 – 50.0
<i>Sandcasting and forging</i>	$N_{10} - N_{11}$	12.5 – 25.0
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	$N_6 - N_8$	0.8 – 3.2
<i>Die casting</i>	$N_6 - N_7$	0.8 – 1.6

(Sumber : WH Azmi, 2019)

2.12 Pengukuran Permukaan

Banyak cara yang bisa dilakukan untuk memeriksa tingkat kekasaran permukaan. Cara yang paling sederhana adalah dengan meraba atau menggaruk permukaan yang diperiksa. Cara ini sudah tentu ada beberapa kelemahannya, karena sifatnya hanya membandingkan saja. Dan dasar pengambilan keputusan baik tidaknya suatu permukaan adalah berdasarkan perasaan si pengukur belaka yang antara pengukur yang satu dengan lainnya sudah tentu terdapat perbedaan. Cara lain yang lebih teliti lagi adalah dengan menggunakan peralatan yang dilengkapi dengan jarum peraba (stylus). Peralatan ini memiliki sistem kerja berdasarkan prinsip listrik. Dengan peralatan yang dilengkapi dengan stylus ini maka hasil pengukuran permukaan bisa langsung dibaca. Bila dilihat dari proses pengukurannya maka cara pengukuran permukaan dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu: pengukuran permukaan secara tak langsung atau membandingkan dan pengukuran permukaan secara langsung.

2.6.1 Pengukuran Kekasaran Permukaan Secara Tidak Langsung Dalam pemeriksaan permukaan secara tidak langsung atau membandingkan ini ada beberapa cara yang bisa dilakukan, antara lain yaitu dengan meraba (*touch*

inspection), dengan melihat/mengamati (*visual inspection*), dengan menggaruk (*scratch inspection*), dengan mikroskop (*microscopic inspection*) dan dengan potografi permukaan (*surface photographs*).

2.6.2 Pemeriksaan Kekasaran Permukaan Secara Langsung Alat ukur yang digunakan untuk mengukur nilai kekasaran permukaan dalam penelitian ini yaitu *roughness tester*