

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi, Penggunaan mesin frais (milling) baik untuk keperluan produksi maupun untuk keperluan pendidikan, sangat dibutuhkan untuk mendapatkan suatu produk yang lebih baik. Proses pemesinan atau proses pemotongan logam dengan menggunakan pahat (perkakas potong) pada mesin perkakas merupakan salah satu jenis proses pembuatan komponen mesin atau peralatan lainnya yang paling sering kita temukan di bengkel reparasi kecil maupun di industri peralatan besar.

Salah satu fungsi mesin frais vertikal yang biasa di gunakan oleh Pabrik Industri adalah Untuk meratakan Permukaan benda kerja atau komponen mesin yang tidak rata. mesin frais vertikal merupakan salah satu jenis mesin perkakas yang di gunakan oleh pabrik Industri sebagai alat bantu untuk melakukan perbaikan terhadap kerusakan mesin produksi. selain itu juga mesin frais di gunakan untuk membantu pekerjaan untuk melakukan improvement atau modifikasi pada mesin produksi. kemudian fungsi mesin frais juga bisa di aplikasikan pada pembuatan part - part atau komponen baru yang di perjual belikan.

Menurut Zanuvar (2014) mesin frais (milling machine) adalah mesin perkakas yang dalam proses kerja pemotongannya dengan menyayat atau memakan benda kerja menggunakan alat potong bermata banyak yang berputar (multipoint cutter). Pisau frais dipasang pada sumbu atau arbor mesin yang didukung dengan alat pendukung arbor. Pisau tersebut akan terus berputar apabila arbor mesin di

putar oleh motor listrik, agar sesuai dengan kebutuhan, gerakan dan banyaknya putaran arbor dapat diatur oleh operator mesin frais.

Mesin frais vertikal adalah mesin yang memiliki spindel dengan poros yang tegak lurus dengan meja kerja. Spindel pada mesin ini bergerak secara vertikal, di sepanjang sumbu Y. Namun bagian-bagian lainnya bergerak pada sumbu X atau bahkan sumbu Z untuk memposisikan benda dengan benar, sedangkan Mesin frais horizontal adalah mesin dengan spindel yang sejajar dengan meja kerja yang digunakan untuk mengolah berbagai benda/material. Dengan kata lain, poros spindel dipasang secara mendatar. Alasan menggunakan mesin frais vertikal karena mesin ini dapat dengan mudah di sesuaikan dan di gerakkan untuk memotong berbagai bentuk, menjadikannya cocok untuk banyak proyek. Gerakan manual masih di perlukan untuk memotong ke arah yang berbeda yang melibatkan perhatian karyawan. Namun perawatannya rendah untuk mesin jenis ini, sementara fungsionalitasnya tinggi, menjadikan sangat ideal untuk manufaktur industri, sedangkan mesin frais horizontal kurang membutuhkan akurasi, dan lebih sulit di kerjakan dan mesin frais horizontal lebih mahal untuk dibeli dari pada mesin frais vertikal.

Pada frais vertikal kekasaran permukaan suatu produk dapat mempengaruhi beberapa fungsi dari produk seperti tingkat kepresisian dan kemampuan dalam penyebaran pelumasan. Semakin halus permukaan semakin bagus tingkat kepresisiannya dan kemampuan penyebaran pelumas yang merata dengan demikian kekasaran menjadi tolak ukur keakuratan suatu produk pada proses manufaktur. Kualitas permukaan potong tergantung kepada kondisi pemotongan (cutting

condition), adapun yang dimaksud dengan kondisi pemotongan di sini antara lain adalah besarnya kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan (depth of cut).

Kedalaman pemakanan merupakan salah satu hal yang dapat mempengaruhi hasil pengerjaan pada frais. Kualitas permukaan tergantung pada kondisi pemotongan, dengan pemakaian standarisasi kecepatan potong dan feeding kemungkinan akan di dapat hasil kerataan yang sesuai.

1.2 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mempelajari proses kekasaran permukaan pada proses frais.
- b. Untuk mengetahui kekasaran permukaan pada baja ST 41 terhadap variasi kedalaman pemakanan dengan kecepatan konstan.
- c. Menganalisa hasil pengujian kekasaran permukaan pada proses Frais jari (*End Milling*).

1.3 Batasan masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Mesin frais yang digunakan adalah jenis konvensional
- b. Bahan yang menjadi objek Baja ST41.
- c. Melakukan proses Frais jari (*End Milling*) permukaan baja ST 41.
- d. Melakukan pengefraisan dengan parameter : $V_c = 30$ m/menit ; $a = 0,5$ mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm, 3 mm.
- e. Pahat yang digunakan adalah jenis HSS *NACHI* 12mm.

- f. Laju aliran cairan pendingin dilakukan secara konstan.
- g. Menggunakan cairan pendingin *Droumus*.
- h. Gerak pemakanan dilakukan secara *up milling*.

1.4 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

- a. Dapat memberikan informasi kepada dunia industri manufaktur tentang tingkat kekasaran Baja ST 41 dalam mesin frais dengan menggunakan pahat HSS
- b. Menambah wawasan dan pengetahuan dalam pemahaman pada proses pengefraisan
- c. Diharapkan dapat dijadikan acuan bagi penelitian selanjutnya, khususnya menggunakan mesin frais dalam menguji kekasaran permukaan dengan perbedaan spesifikasi material

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja dan panduannya

Baja karbon merupakan 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 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur penguat dalam struktur baja. Dalam proses pembuatan baja terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang tertinggal di dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V) dan unsur lainnya (Surdia, 1999). Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya. Menurut pendefinisian ASM handbook vol.1:148 (1993), baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut :

1. **Baja Karbon Rendah (Low Carbon Steel)**

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan utama besi dan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi, akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja dengan jenis ini dipakai atau digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainya.

2. Baja Karbon Sedang (Medium Carbon Steel)

Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C. Baja karbon ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Besarnya kandungan karbon yang terdapat dalam besi memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (heat treatment) yang sesuai. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya.

3. Baja Karbon Tinggi (High Carbon Steel)

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6% C – 1,4% C. Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi ini sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya, hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki jumlah martensit yang cukup tinggi sehingga tidak akan memberikan hasil yang optimal pada saat dilakukan proses pengerasan permukaan. Dalam pengaplikasiannya baja karbon tinggi banyak digunakan dalam pembuatan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji, pembuatan kikir, pisau cukur, dan sebagainya.

2.2 Sifat-Sifat Baja

Pada umumnya baja memiliki dua sifat yang sangat penting untuk diketahui dan dipelajari yaitu sifat mekanik dan fisik. Untuk penjelasan tentang sifat mekanik dan fisik dari baja sebagai berikut:

2.2.1 Sifat mekanik pada baja

Sifat mekanik suatu bahan merupakan suatu kemampuan bahan untuk menahan beban-beban dinamis maupun statis yang dikenakan padannya dan mempertahankan diri dari gaya-gaya luar yang mempengaruhinya. Beberapa sifat mekanik bahan, dijelaskan sebagai berikut:

2.2.2 Nilai keuletan bahan atau *ductility*

Ductility merupakan sifat dari suatu bahan liat yang mempunyai gaya regangan (tensile strain) relatif besar sampai dengan titik kerusakan yang memungkinkan dibentuk secara permanen.

2.2.3 Nilai ketangguhan bahan atau *toughness*

Toughness adalah salah satu sifat dari suatu bahan yang menunjukkan bahwa besarnya energi yang dibutuhkan untuk mematahkan bahan.

2.2.4 Nilai kekuatan tarik bahan atau *tensile test*

Tensile test merupakan kekuatan tarik dari suatu bahan ditentukan dengan membagi gaya maksimum dengan luas penampang mula. Setelah titik leleh, tegangan terus naik dengan berlanjutnya deformasi plastis sampai titik maksimum dan kemudian menurun sampai akhir.

2.3 Nilai kekerasan

Nilai kekerasan adalah ketahanan logam atau bahan terhadap perubahan gaya tekan yang dilakukan oleh gaya luar, tahanan yang dilakukan oleh bahan terhadap desakan. Biasanya pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode *rockwell*, *vikers*, dan *brinell*.

2.4 Baja ST 41

Baja St 41 merupakan jenis logam medium carbon, artinya logam ini terdiri dari campuran ferrite dan pearlite yang kandungannya sama-sama besar atau setara dengan baja S 40 C (JIS, G4051), dengan komposisi paduan 0,37-0,43 % C, 0,5-0,35% Si, 0,60-0,90% Mn. Daya tahan baja St 41 ini memiliki kekuatan dan keuletan yang cukup baik.

2.4.1 Peningkatan Kandungan Unsur

Dengan adanya peningkatan kandungan unsur karbon pada baja maka nilai kekuatan tarik dan kekerasan semakin menjadi naik sedangkan kemampuan regang, keuletan, ketangguhan dan kemampuan lasnya menurun.

2.4.2 Kandungan unsur-unsur baja St 41

Table 2.1 Karakteristik Baja St 41

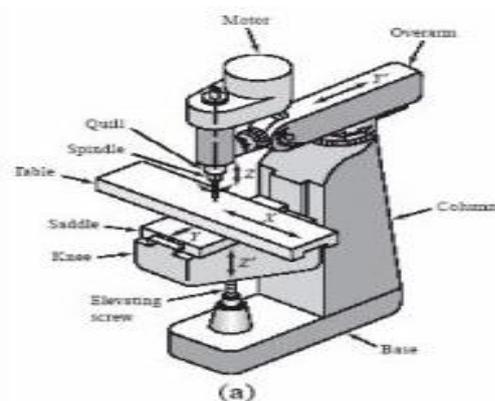
| No | Nama Unsur (simbol) | Persentase (%) |
|----|---------------------|----------------|
| 1 | Mangan (Mn) | 0,45 |
| 2 | Karbon (C) | 0,10 |
| 3 | Silikon (Si) | 0,20 |
| 4 | Fosfor (P) | 0,017 |
| 5 | Belerang (S) | 0,009 |

Table 2.2 Sifat Mekanik Baja St 41

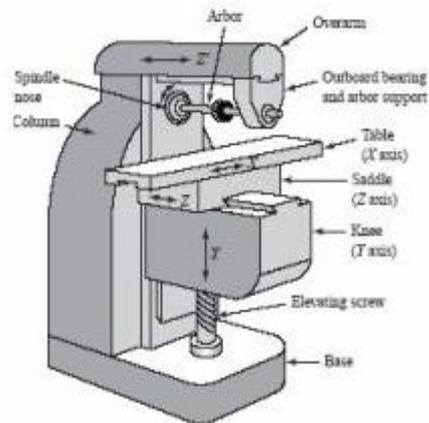
| SIFAT | BAJA ST 41 |
|----------------|-------------------------------------|
| Mekanik | 7.7-8.03 (x1000kg/m ³) |
| Baja St 41 | 190 – 210 Gpa |
| Berat Spesifik | 505 Mpa |
| 7.7-8,03 | 179.8 |

2.5 Proses Frais

Proses pemesinan 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. Mesin (Gambar 2.1) yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pahat, dan penyayatannya disebut mesin frais (Milling Machine).



Gambar 2. 1(A) Mesin Frais Vertikal Tipe Column and Knee



(b)

Gambar 2. 2 Mesin Frais Horizontal Tipe Column and Knee

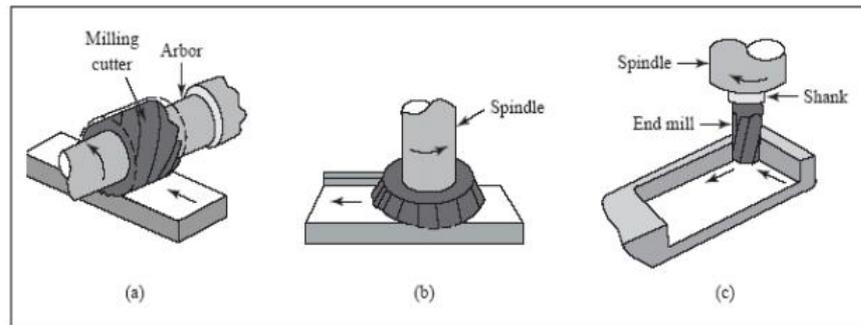
Mesin frais ada yang dikendalikan secara mekanis (konvensional manual) dan dengan bantuan CNC. Mesin konvensional manual ada biasanya spindelnya ada dua macam yaitu horisontal dan vertikal. Sedangkan mesin frais dengan kendali CNC hampir semuanya adalah mesin frais vertikal.



Gambar 2. 3 Mesin frais Turret Vertikal Horizontal

2.5.1 Klasifikasi proses frais

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja.



Gambar 2. 4 Klasifikasi Proses Frais

2.5.2 Frais periperal (*Peripheral Milling*)

Proses frais ini disebut juga slab milling, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pahat yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pahat biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat.

2.5.3 Frais muka (*Face Milling*)

Pada frais muka, pahat dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pahat.

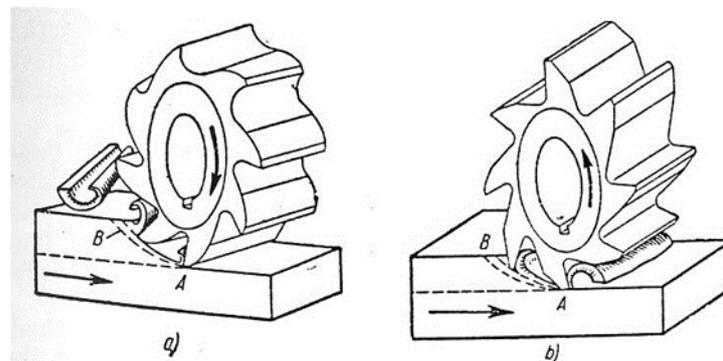
2.5.4 Frais jari (*End Milling*)

Pahat pada proses frais ujung biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja.. Pahat dapat digerakkan menyudut untuk

menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pahat terletak pada selubung pahat dan ujung badan pahat.

2.6 Metode Proses Frais

Metode proses frais ditentukan berdasarkan arah relatif gerak makan meja mesin frais terhadap putaran pahat. Metode proses frais ada dua yaitu frais naik dan frais turun.



Gambar 2. 5 (A) Frais Naik (*Up Milling*) dan (B) Frais Turun (*Down Milling*)

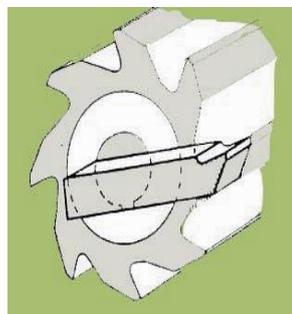
2.6.1 Frais naik (*Up Milling*)

Frais naik biasanya disebut frais konvensional (*conventional milling*). Gerak dari putaran pahat berlawanan arah terhadap gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh, pada proses frais naik apabila pahat berputar searah jarum jam, benda kerja disayat ke arah kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais konvensional/ manual, karena pada mesin konvensional backlash ulir transportirnya relatif besar dan tidak dilengkapi backlash compensation.

2.6.2 Frais turun (*Down Milling*)

Proses frais turun dinamakan juga climb milling. Arah dari putaran pahat sama dengan arah gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh jika pahat berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat kekanan. Penampang melintang bentuk beram (chips) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais CNC, karena pada mesin CNC gerakan meja dipandu oleh ulir dari bola baja, dan dilengkapi backlash compensation. Untuk mesin frais konvensional tidak direkomendasikan melaksanakan proses frais turun, karena meja mesin frais akan tertekan dan ditarik oleh pahat.

Proses pemesinan dengan mesin frais merupakan proses penyayatan benda kerja yang sangat efektif, karena pahat frais memiliki sisi potong jamak. Apabila dibandingkan dengan pahat bubut, maka pahat frais analog dengan beberapa buah pahat bubut. Pahat frais dapat melakukan penyayatan berbagai bentuk benda kerja, sesuai dengan pahat yang digunakan. Proses meratakan bidang, membuat alur lebar sampai dengan membentuk alur tipis bisa dilakukan dengan mesin frais.



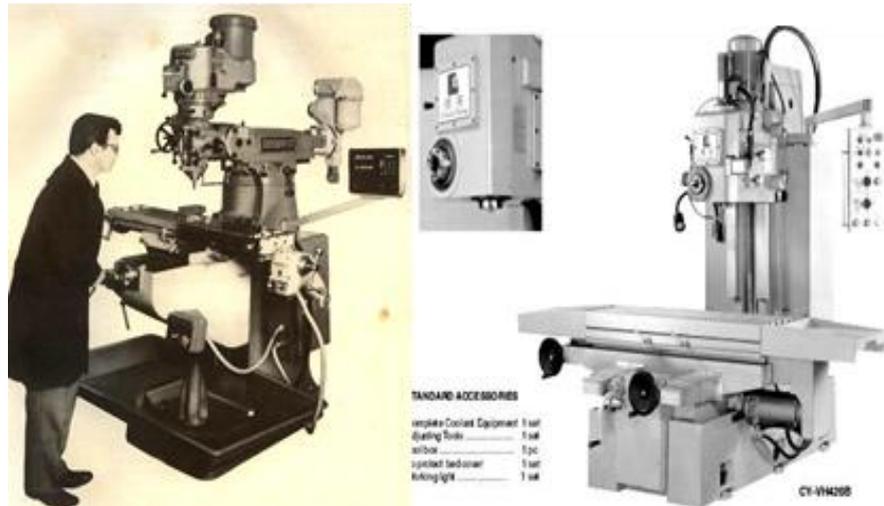
Gambar 2. 6 Pahat Frais Identik Dengan Beberapa Pahat Bubut

2.7 Jenis Mesin Frais

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 horisontal (lihat Gambar 2.7). 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 (Gambar 2.9). Dengan menggunakan kendali CNC maka waktu produksi bisa dipersingkat, bentuk benda kerja sangat bervariasi.



Gambar 2. 7 Mesin Frais Tipe Column and Knee dan Mesin Frais Tipe Bed

Produk pemesinan 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. Dengan menggunakan mesin frais khusus ini maka 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 (*Compyter Numerically Controlled*).

Dengan bantuan kendali CNC (Gambar 2.9), 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.



Gambar 2. 8 Mesin Frais Tipe Khusus (*Special Purposes*). Mesin Frais Dengan Dua Buah Spindel



Gambar 2. 9 Mesin Frais CNC Tipe Bed (*Bed Type CNC Milling Machine*)

2.8 Parameter yang dapat diatur pada mesin frais

Maksud dari parameter yang dapat diatur adalah parameter yang dapat langsung diatur oleh operator mesin ketika sedang mengoperasikan mesin frais. Seperti pada mesin bubut, maka parameter yang dimaksud adalah putaran spindel

(n), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a). Putaran spindel bisa langsung diatur dengan cara mengubah posisi handel pengatur putaran mesin. Gerak makan bisa diatur dengan cara mengatur handel gerak makan sesuai dengan tabel f yang ada di mesin. Gerak makan ini pada proses frais ada dua macam yaitu gerak makan per gigi (mm/gigi), dan gerak makan per putaran (mm/putaran). Kedalaman potong diatur dengan cara menaikkan benda kerja, atau dengan cara menurunkan pahat.

Putaran spindel (n) ditentukan berdasarkan kecepatan potong. Kecepatan potong ditentukan oleh kombinasi material pahat dan material benda kerja. Kecepatan potong adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik (dalam satuan meter) pada selubung pahat dalam waktu satu menit. Rumus kecepatan potong identik dengan rumus kecepatan potong pada mesin bubut. Pada proses frais besarnya diameter yang digunakan adalah diameter pahat.

Rumus kecepatan potong :

$$V_S = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots\dots\dots$$

Dimana :

V = kecepatan potong; m/menit

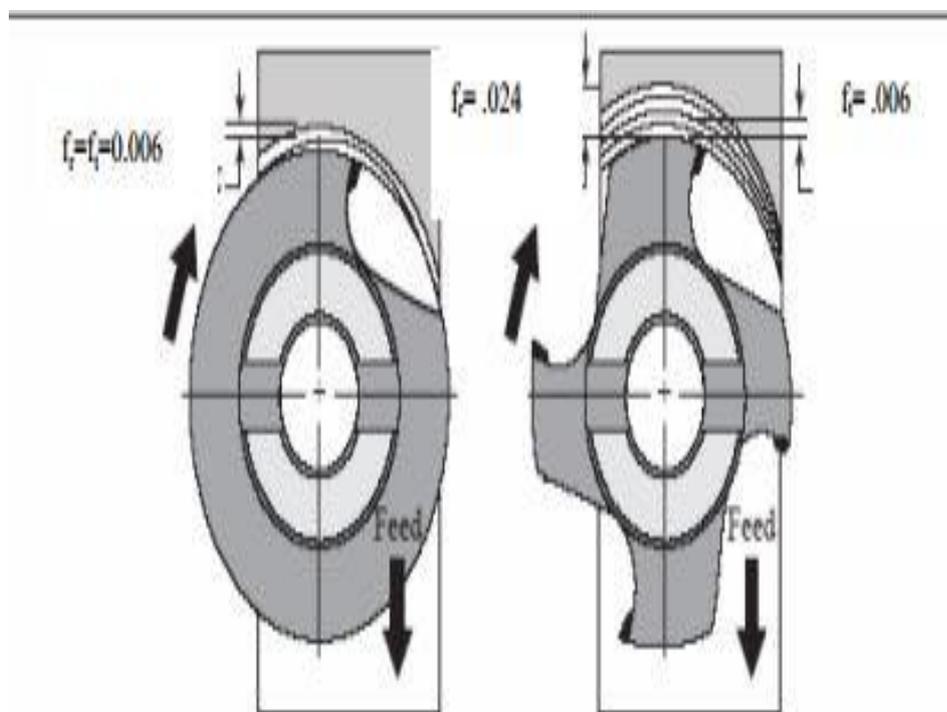
S = putaran spindel

d = diameter pahat ;mm

n = putaran benda kerja; putaran/menit

Setelah kecepatan potong diketahui, maka gerak makan harus ditentukan. Gerak makan (f) adalah jarak lurus yang ditempuh pahat dengan laju konstan relatif terhadap benda kerja dalam satuan waktu, biasanya satuan gerak makan yang

digunakan adalah mm/menit. Kedalaman potong (a) ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir. Untuk kedalaman potong yang relatif besar diperlukan perhitungan daya potong yang diperlukan untuk proses penyayatan. Apabila daya potong yang diperlukan masih lebih rendah dari daya yang disediakan oleh mesin (terutama motor listrik), maka kedalaman potong yang telah ditentukan bisa digunakan.

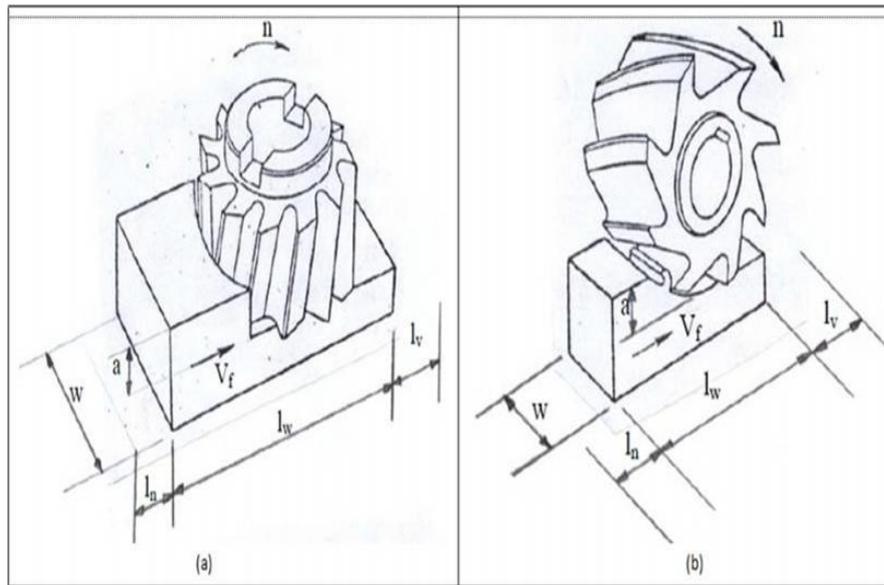


Gambar 2. 10 Gambar Jalur Pahat Dari Pahat Frais Menunjukkan Perbedaan Antara Gerak Makan Pergigi (f_t) dan Gerak Makan Perputaran (f_r).

2.9 Elemen Dasar Proses Frais

Elemen dasar proses frais hampir sama dengan elemen dasar proses bubut.

Elemen diturunkan berdasarkan rumus dan pada Gambar berikut :



Gambar 2. 11 (A)Skematis Proses Frais Vertical, (B) Skematis Proses Frais Horizontal

Keterangan :

Benda kerja :

w = lebar pemotongan; mm

l_w = panjang pemotongan ; mm $l_t = l_v + l_w + l_n$; mm

a = kedalaman potong, mm

Pahat Frais :

d = diameter luar ; mm

z = jumlah gigi (mata potong)

χ_f = sudut potong utama (90°) untuk pahat frais selubung)

Mesin frais :

n = putaran poros utama ; rpm

v_f = kecepatan makan ; mm/putaran

1. Kecepatan potong :

$$C_s \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ m/menit} \dots\dots\dots(1)$$

2. Gerak makan pergigi :

$$V_f = n \cdot f_z \cdot n_z \dots\dots\dots(2)$$

3. Kecepatan Spindel :

$$S \frac{V_s \times 1000}{\pi \times d} \text{ Rpm} \dots\dots\dots(3)$$

Rumus-rumus tersebut di atas digunakan untuk perencanaan proses frais.

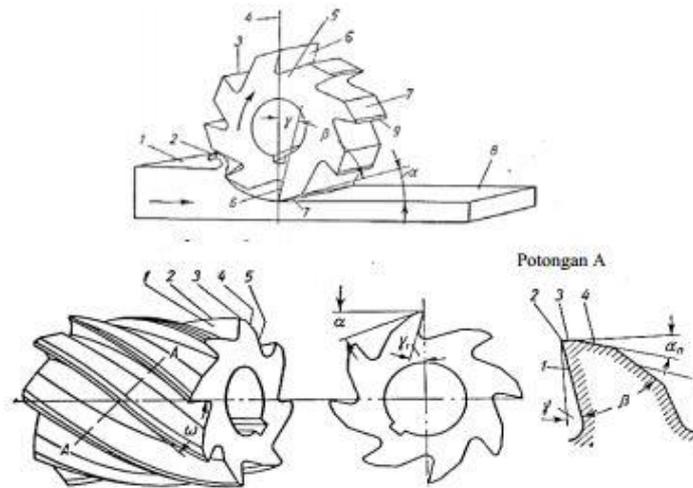
Proses frais bisa dilakukan dengan banyak cara menurut jenis pahat yang digunakan dan bentuk benda kerjanya. Selain itu jenis mesin frais yang bervariasi menyebabkan analisa proses frais menjadi rumit. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bukan hanya kecepatan potong dan gerak makan saja, tetapi juga cara pencekaman, gaya potong, kehalusan produk, getaran mesin dan getaran benda kerja. Dengan demikian hasil analisa/perencanaan merupakan pendekatan bukan merupakan hasil yang optimal.

2.10 Geometri Pahat Frais

Pada dasarnya bentuk pahat frais adalah identik dengan pahat bubut.

Dengan demikian nama sudut atau istilah yang digunakan juga sama dengan pahat bubut. Nama-nama bagian pahat frais rata dan geometri gigi pahat frais rata.

Pahat frais memiliki bentuk yang rumit karena terdiri dari banyak gigi potong, sehingga proses pemotongannya adalah proses pemotongan dengan mata potong majemuk. Jumlah gigi minimal adalah dua buah pada pahat frais ujung (end mill).



Gambar 2. 12 Geometri Pahat Frais Selubung HSS

Pahat untuk proses frais dibuat dari material HSS atau karbida. Material pahat untuk proses frais pada dasarnya sama dengan material pahat untuk pahat bubut. Untuk pahat karbida juga digolongkan dengan kode P, M, dan K. Pahat frais karbida bentuk sisipan dipasang pada tempat pahat sesuai dengan bentuknya. Standar tersebut mengatur tentang bentuk sisipan, sudut potong, toleransi bentuk, pemutus tatal (*chipbreaker*), panjang sisi potong, tebal sisipan, sudut bebas, arah pemakanan, dan kode khusus pembuat pahat. Pahat sisipan yang telah dipasang pada pemegang pahat dapat dilihat pada Gambar 2.13.



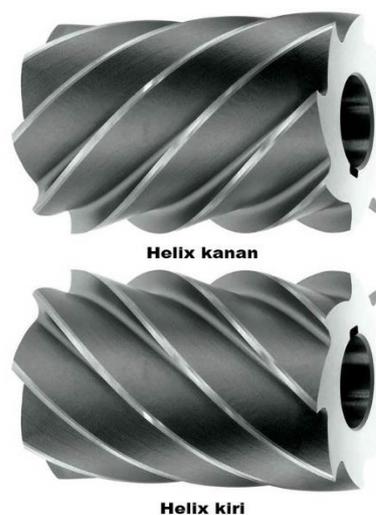
Gambar 2. 13 Pahat Frais Bentuk Sisipan Dipasang Pada Tempat Pahat Yang Sesuai

2.11 Macam macam pahat Frais

Dalam proses pengefraisan, ada banyak sekali jenis-jenis pisau frais yang dapat digunakan. Masing-masing pisau frais memiliki bentuk dan fungsi yang berbeda beda. Namun sebelum kita bahas lebih lanjut, kita bahas dulu apa itu pisau frais. Pisau frais adalah alat potong yang dipasang pada mesin frais yang berfungsi untuk menyayat atau memotong benda kerja.

2.11.1 Pisau Frais Mantel (*Plain Milling Cutter/ Helical Milling Cutter*)

Pisau frais jenis ini digunakan untuk mengefraisi bidang yang lebar dan rata. Menurut arah mata sayatnya, pisau ini terbagi menjadi dua jenis. Yaitu pisau frais mantel helix kanan dan helix kiri. Arah pemakanan benda kerja disesuaikan dengan arah mata potongnya, yaitu berlawanan dengan arah mata potong.

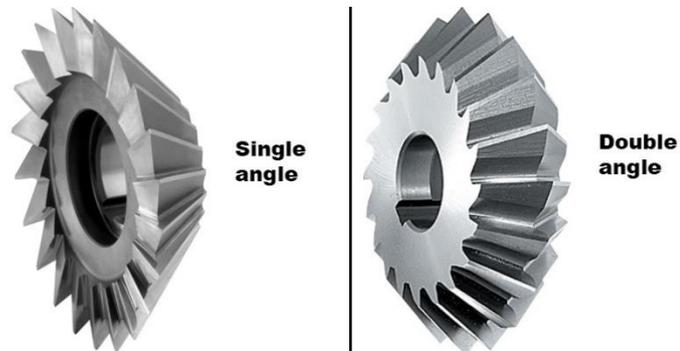


Gambar 2. 14 Pisau Frais Mantel (*Plain Milling Cutter/ Helical Milling Cutter*)

2.11.2 Pisau frais sudut (*Angle Milling Cutter*)

Pisau frais sudut umumnya memiliki sudut 30° , 45° , 60° dan 90° . Sedangkan menurut jumlah sisi sudutnya, ada yang memiliki sudut tunggal (*single angle milling cutter*) dan sudut ganda (*double angle milling cutter*). Pisau frais jenis

ini digunakan untuk membuat alur yang memiliki sudut sesuai dengan sudut pisau yang digunakan.



Gambar 2. 15 Pisau Frais Sudut (*Angle Milling Cutter*)

2.11.3 Pisau ekor burung (*Dove Tail Milling Cutter*)

Pisau frais yang digunakan untuk membuat profil menyerupai ekor burung. Umumnya memiliki sudut 30° , 45° dan 60° . Sebelum menggunakan pisau ini, sebelumnya dilakukan pembuatan alur dengan pisau jari.



Gambar 2. 16 Pisau Ekor Burung (*Dove Tail Milling Cutter*)

2.11.4 Pisau frais alur melingkar (*Woodruff Keyseat Milling Cutter*)

Pisau frais ini digunakan untuk mengefrais alur pasak (berbentuk bulan sabit) pada poros. Letak alurnya tidak terletak pada ujung porosnya.



Gambar 2. 17 Pisau Frais Alur Melingkar (*Woodruff Keyseat Milling Cutter*)

2.11.5 Pisau frais jari (*Endmill Cutter*)

Pisau frais yang digunakan untuk membuat alur tembus atau bertingkat dan mengefrais rata untuk bidang yang lebarnya relatif kecil.



Gambar 2. 18 Pisau Frais Jari (*Endmill Cutter*)

2.12 Komponen-komponen mesin Frais

2.12.1 Alas Mesin (*Base*)

Bagian mesin paling bawah. Berfungsi sebagai pondasi dari mesin milling dan juga sebagai tempat pembuangan coolant yang telah digunakan. Semua beban berada pada alas mesin sehingga harus tahan terhadap tekanan tinggi. Terbuat dari besi cor.

2.12.2 Kolom mesin (badan mesin)

Kolom mesin berfungsi sebagai penopang atau tempat kedudukan bagian-bagian mesin seperti spindel, tuas-tuas, motor penggerak beserta puli-pulinya. Bagian yang berbentuk ekor burung dengan posisi tegak berfungsi untuk gerakan naik turunnya lutut yang membawa sadel dan meja. Posisi badan mesin berdiri tegak dan kokoh, dipakai sebagai patokan dan merupakan dudukan dan rumah dari roda gigi. Selain itu badan mesin jadi dudukan dari sumbu utama, bahkan untuk tempat atau dudukan motor dan puli-pulinya. Bagian depan yang dikerjakan secara khusus, adalah berbentuk ekor burung dengan posisi tegak untuk gerak turun naiknya lutut yang membawa sadel dan meja.

2.12.3 Lutut (*Knee*)

Bagian ini memiliki dua alur ekor burung yang saling tegak lurus. Satu berpasangan dengan kolom mesin dan satu lagi berpasangan dengan sadel. Lutut pada mesin frais terbuat dari besi cor dan hanya bisa digerakkan secara vertikal. Di dalam lutut terdapat berbagai roda gigi yang mengatur gerakan otomatis. Baik itu gerak otomatis ke kanan, kiri, maju atau mundur. Bagian ini juga dapat dikunci dengan kolom agar kokoh saat proses pengefraisan.

2.12.4 Sadel (dudukan meja)

Sadel ini berada diantara lutut dan meja mesin frais. Berbentuk persegi, terbuat dari besi cor dan memiliki alur ekor burung yang berpasangan dengan lutut. Sadel dapat digerakkan secara melintang mendekati kolom (gerakan maju mundur). Dapat juga dikunci ke lutut apa bila dibutuhkan. Di bagian atas sadel dibuat alur T yang melingkar 360° yang berhubungan dengan meja. Sehingga

memungkinkan meja diputar atau digeser untuk keperluan tertentu. Besar derajat perputaran meja dapat dilihat pada sadel. Sadel juga dilengkapi handle yang digunakan untuk membalik arah gerakan otomatis.

2.12.5 Meja mesin (*Table*)

Berada di atas sadel dan terbuat dari besi cor. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat untuk mengikat benda kerja dalam proses pengefraisan. Berbentuk persegi panjang dan memiliki alur-alur T. Alur T pada meja berfungsi sebagai tempat mur dan baut yang digunakan untuk mengikat benda kerja atau ragum. Pada mesin frais universal, meja ini dapat diputar atau digeser 0-45 derajat. Baik itu ke kiri maupun ke kanan. Meja ini dapat dikunci pada sadel agar tidak bergetar saat proses pengefraisan. Untuk memasang benda kerja dan pisau frais, kita membutuhkan berbagai macam perlengkapan.

2.12.6 Lengan (*Arm*)

Berada di atas kolom mesin frais horisontal dan universal. Bagian bawahnya memiliki alur ekor burung yang ujungnya berpasangan dengan bagian paling atas mesin. Ujung yang satunya digunakan sebagai tempat pendukung arbor (*support arbor*) yang memiliki alur ekor burung pula. Lengan ini dapat dikunci dan dilepas untuk keperluan tertentu. Pendukung arbor juga dapat dikunci dan dilepas pada posisi tertentu, sehingga cocok untuk pekerjaan tertentu.

2.12.7 *Spindle*

Spindle merupakan bagian penting dari mesin frais. Berfungsi sebagai tempat penahan alat potong pada mesin frais vertikal dan sebagai tempat arbor pada mesin frais horisontal. Pada proses pengefraisan motor penggerak akan

menggerakkan spindle sehingga alat potong berputar. Pada ujung spindle terdapat slot sebagai tempat penahan alat potong.

2.12.8 *Arbor*

Arbor merupakan bagian mekanis dari mesin frais. Berfungsi sebagai ekstensi spindle pada mesin frais horizontal. Arbor juga berfungsi sebagai pemegang alat potong (pisau frais) dan berputar sesuai arah pemakanan alat potong.

2.12.9 Pisau Frais

Pisau frais merupakan alat potong yang digunakan untuk menyayat benda kerja pada proses pengefraisan. Ada berbagai jenis pisau frais yang dapat digunakan dengan bentuk dan fungsi yang berbeda-beda. Sehingga operator bisa lebih efektif dalam membentuk atau memproduksi benda kerja.

2.12.10 *Support Arbor* (Pendukung arbor)

Berfungsi untuk mendukung arbor agar gerakan arbor bisa stabil. Memiliki alur ekor burung yang berpasangan dengan lengan mesin frais dan lubang yang berpasangan dengan arbor.

2.12.11 *Milling Head*

Berada di bagian paling atas mesin frais vertikal. Bagian ini terdiri dari spindle, motor penggerak dan mekanisme pengendali lainnya.

2.12.12 *Ram*

Ram adalah lengan yang menjorok pada mesin frais vertikal. Ujung dari ram terhubung langsung dengan kolom mesin. Sedangkan ujung yang satunya terhubung dengan *milling head*.

2.12.13 Motor Penggerak

Berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau memberikan mesin tenaga untuk bergerak.

2.12.14 *Handle*

Handle pada mesin frais berfungsi untuk menggerakkan meja mesin secara manual. Baik itu secara vertikal maupun horizontal.

2.12.15 Tombol *Emergency Stop*

Tombol *emergency* ini berfungsi untuk menghentikan mesin frais dalam keadaan darurat. Misalnya pada saat penyayatan benda kerja terlalu tebal dan menyebabkan pisau frais macet atau patah. Atau pada saat terjadi kecelakaan kerja.

2.12.16 Lampu Penerangan

Lampu penerangan pada mesin frais berfungsi untuk memberikan cahaya pada saat proses pengefraisan. Dengan adanya lampu penerangan ini, operator dapat melihat proses pengefraisan dengan lebih jelas. Dan juga operator bisa lebih mudah melakukan pengukuran benda kerja.

2.12.17 Sistem pendingin

Sistem pendingin ini berfungsi untuk mengalirkan cairan pendingin atau bromus pada saat proses penyayatan benda kerja. Sistem ini dapat digunakan ketika dibutuhkan saja. Sistem pendingin pada mesin frais terdiri dari beberapa bagian, mulai dari pompa air, selang, dan sistem pembuangan cairan coolant yang berada di alas mesin frais.

2.12.18 Sistem otomatis meja mesin

Sistem otomatis ini digunakan untuk menggerakkan meja secara otomatis. Kecepatannya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

2.12.19 Panel Kecepatan

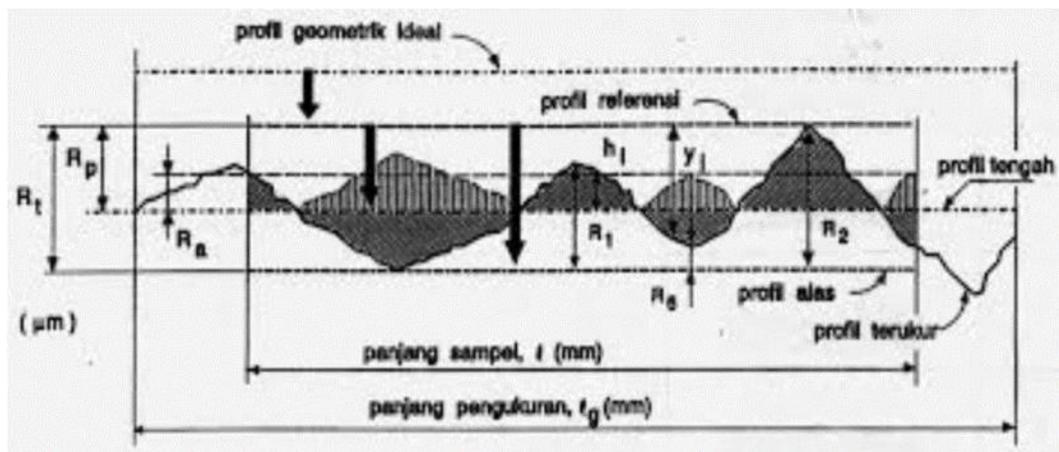
Panel ini berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran spindle mesin frais. Operator dapat memilih kecepatan untuk proses pengefraisan sesuai dengan kebutuhan. Sehingga pekerjaannya dapat dikerjakan dengan lebih efektif. Demikianlah pembahasan lengkap mengenai bagian-bagian mesin frais dan fungsinya. Semoga bermanfaat dan menambah wawasan kita semua. Jangan lupa untuk share dengan teman-teman yang lain.

2.13 Kekasaran permukaan

Untuk memproduksi profil suatu permukaan, sensor/peraba (stylus) alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut dengan panjang pengukuran (traversing length). Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian panjang pengukuran yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel. Pada Gambar 2.19 ditunjukkan bentuk profil sesungguhnya dengan beberapa keterangan lain, seperti :

1. Profil geometric ideal adalah garis permukaan sempurna yang dapat berupa garis lurus, lengkung atau busur

2. Profil terukur adalah garis permukaan yang terukur
3. Profil referensi/puncak/acuan merupakan garis yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidak teraturan bentuk permukaan
4. Profil alas adalah garis yang berada dibawah yang menyinggung terendah
5. Profil tengah merupakan garis yang berada ditengah-tengah antara puncak tertinggi dan lembah terdalam.



Gambar 2. 19 Bentuk Profil Kekasaran Permukaan

Dari Gambar di atas, dapat didefinisikan beberapa parameter kekasaran permukaan, yaitu :

1. Kekasaran total (R_t) merupakan jarak antara garis referensi dengan garis alas.
2. Kekasaran perataan (R_p) merupakan jarak rata-rata antara garis referensi dengan garis terukur.

3. Kekasaran rata-rata aritmatik (R_a) merupakan nilai rata-rata aritmatik antara garis tengah dan garis terukur.

$$R_a = \frac{0,0321 \cdot f^2}{rc} (\mu m)$$

4. Kekasaran rata-rata kuadratik (root mean square height), R_q (μm) adalah akar bagi jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l h^2 dx}$$

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

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 h_i - \sum_{j=1}^5 h_j}{5}$$

Parameter kekasaran yang dipakai dalam proses produksi untuk mengukur kekasaran permukaan benda adalah kekasaran rata-rata (R_a). Harga R_a lebih sensitif terhadap perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan. Toleransi harga R_a , sama seperti toleransi ukuran (lubang dan poros) harga kekasaran rata-rata aritmetis R_a juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Harga toleransi kekasaran R_a ditunjukkan pada Tabel 2.3.:

Tabel 2. 1 Toleransi Harga Kekasaran rata-rata Ra

| Kelas Kekasaran | Harga C.L.A (μm) | Harga Ra (μm) | Toleransi | Panjang sampel |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------|--------------|----------------|
| 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 | |
| N4 | 8 | 0.2 | 0.15 – 0.3 | |
| N5 | 16 | 0.4 | 0.3 – 0.6 | 0.25 |
| N6 | 32 | 0.8 | 0.6 – 1.2 | |
| N7 | 63 | 1.6 | 1.2 – 2.4 | |
| N8 | 125 | 3.2 | 2.4 – 4.8 | |
| N9 | 250 | 6.3 | 4.8 – 9.6 | 0.8 |
| N10 | 500 | 12.5 | 9.6 – 18.75 | |
| N11 | 1000 | 25.0 | 18.75 – 37.5 | |
| N12 | 2000 | 50.0 | 37.5 – 75.0 | |
| | | | | 2.5 |
| | | | | 8 |

Toleransi harga kekasaran rata-rata, Ra dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Tabel 2.4 berikut ini memberikan contoh harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

Table 2.3 Tingkat kekasaran rata-rata Permukaan Menurut Pross Pengerjaannya

| Proses pengerjaan | Selang (N) | Harga Ra |
|---|-------------------------------------|---------------------------|
| Flat and cylindrical Lapping | $N_1 - N_4$ | 0.025 – 0.2 |
| Superfinishing Diamond Turning | $N_1 - N_6$ | 0.025 – 0.8 |
| Flat cylindrical grinding finishing | $N_1 - N_8$ $N_4 - N_8$ | 0.025 – 3.2 0.1 – 3.2 |
| Face and cylindrical turning, milling and Reaming | $N_5 - N_{12}$ | 0.4 – 50.0 |
| Drilling | $N_7 - N_{10}$ | 1.6 – 12.5 |
| Shapping, planning, horizontal milling | $N_6 - N_{12}$ $N_{10} - N_{11}$ | 0.8 – 50.0 12.5 – 25.0 |
| Sandcasting and forging | | |
| Extruding, cold rolling, Drawing | $N_6 - N_8$ $N_6 - N_7$ | 0.8 – 3.2 0.8 – 1.6 |
| Die casting | | |