

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Klasifikasi Proses Pemesinan

(Rochim, 1993) Mekanika proses pemotongan logam membutuhkan parameter yang melibatkan kondisi pemotongan dan geometri serta kemampuan pahat potong. Semakin besar kecepatan potong semakin besar pula konsumsi tenaga mesinnya. Penampang serpihan dalam proses pemotongan besarnya tergantung kepada gerak makan (mm/put) atau dalam/tebalnya kedalaman potong (mm). Dalam proses pemesinan, untuk mencapai kondisi pemotongan yang optimal dan stabil sangat perlu diperhatikan adanya kombinasi besaran laju pemotongan, gerak makan, dan kedalaman pemotongan yang sangat erat kaitannya terhadap umur pahat serta kualitas permukaan bahan termesin.

Pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja akan menghasilkan geram dan semetara itu permukaan benda kerja secara beratahap akan terbentuk menjadi komponen yang dikehendaki. Pahat dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu pahat bermata tunggal dan bermata jamak. Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua komponen gerakan, yaitu gerak potong dan gerak makan. Menurut jenis kombinasi dari gerak potong dan gerak makan maka proses pemesinan dikelompokkan menjadi tujuh macam proses yang berlainan, yaitu :

1. Proses Bubut
2. Proses Gerinda Silinder
3. Proses Gurdi
4. Proses sekrap
5. Proses Frais
6. Proses Gergaji
7. Proses Gerinda Rata

## 2.2 Elemen Dasar Proses Pemesinan

Berdasarkan gambar teknik, dimana dinyatakan spesifikasi geometris suatu produk komponen mesin, salah satu atau beberapa jenis proses pemesinan harus dipilih sebagai suatu proses atau urutan yang digunakan untuk membuatnya. Bagi suatu tingkatan proses, ukuran obyektif ditentukan dan pahat harus membuang Sebagian material benda kerja sampai ukuran obyektif tersebut dicapai. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara menentukan penampang geram (sebelum terpotong) dan selain itu setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pembuangan geram dapat dipilih supaya waktu pemotongan sesuai dengan yang dikehendaki. Situasi seperti ini timbul pada setiap perencanaan proses pemesinan.

**Rochim (1993)** terdapat beberapa elemen dasar pemesinan yang harus diketahui.

- a) Kecepatan potong (*cutting speed*) :  $V_c$   
(m/min)
- b) Kecepatan makan (*feeding speed*) :  $V_f$   
(mm/min)
- c) Kedalaman potong (*depth of cut*) :  $a$   
(mm)
- d) Waktu pemotongan (*cutting time*) :  $t_c$   
(min)
- e) Kecepatan penghasil geram :  $Z$   
( $mm^3$ /min)

Elemen proses pemesinan tersebut ( $V_c$ ,  $V_f$ ,  $a$ ,  $t_c$ ,  $Z$ ) dihitung berdasarkan dimensi benda kerja dan pahat serta besaran dari mesin perkakas. Besaran mesin perkakas yang dapat diatur bermacam-macam tergantung dari jenis mesin perkakas. Oleh sebab itu, rumus yang dipakai untuk menghitung setiap elemen proses pemesinan dapat berlainan.

### 2.3 Proses Membubut (*Turning*)

(Rochim, 1993) proses membubut merupakan salah satu proses pemesinan untuk memproduksi komponen-komponen mesin. Dimana proses bubut termasuk kedalam proses pemesinan yang menggunakan pahat bermata tunggal (*single point cutting tool*). Benda kerja dipegang oleh pencekam yang dipasangkan diujung poros utama. Dengan mengatur lengan pengatur yang terdapat pada sisi muka kepala diam, putaran poros utama ( $n$ ) dapat dipilih.

Harga putaran poros utama umumnya dibuat bertingkat, dengan aturan yang telah distandarkan, misalnya : 120, 210, 420, 620, 1000, dan 2000 rpm. Untuk mesin bubut dengan putaran motor variabel, ataupun dengan sistem transmisi variabel, kecepatan putaran poros utama tidak lagi bertingkat melainkan berkesinambungan (*continue*). Pahat dipasangkan pada kedudukan pahat dan kedalaman potong adalah setengah harga tersebut.

Pahat bergerak translasi bersama-sama dengan eretan dan gerakannya diatur dengan lengan pengatur pada rumah roda gigi. Elemen-elemen dasar dari proses membubut yang dapat diketahui atau dihitungkan dengan menggunakan rumus yang dapat dengan memperhatikan gambar 2.1 Kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Kondisi Pemotongan

(Rochim, 1993)

**Keterangan :**

**Benda kerja :**

$d_0$  = diameter mula (mm)

$d_m$  = diameter akhir (mm)

$l_t$  = panjang pemesinan (mm)

**Pahat :**

$\alpha_r$  = sudut potong utama ( $^\circ$ )

$\gamma_o$  = Sudut geram ( $^\circ$ )

**Mesin bubut :**

$a$  = kedalaman potong (mm)

$$= \frac{(d_0 - d_m)}{2} \text{ (mm)}$$

$f$  = gerak makan (mm/rev)

$n$  = putaran poros utama (rpm)

Dengan diketahuinya besaran-besaran sehingga kondisi pemotongan dapat di peroleh.

### 2.3.1 Kecepatan Potong

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.

Karena ukuran benda kerja berbeda – berbeda, maka kecepatan potong ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

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

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$V_c$  : adalah kecepatan potong (m/min)

$d$  : diameter rata-rata

$\pi$  : adalah konstanta seharga 3,14

$d_0$  : diameter awal

$d_m$  : diameter akhir

$n$  : kecepatan putar poros utama (rpm)

Karena diameter dinyatakan dalam milimeter, dan kecepatan potong dalam meter, maka  $\pi \times d$  atau keliling benda kerja dibagi 1000,  $\pi$

### 2.3.2 Kecepatan Gerak Pemakanan

Kecepatan gerak pemakanan adalah kecepatan yang dibutuhkan pahat untuk bergeser menyayat benda kerja tiap radian per menit.

kecepatan tersebut dihitung tiap menit untuk menghitung kecepatan gerak pemakanan didasarkan pada gerak makan (f).

Gerak makan ini biasanya disediakan dalam spesifikasi yang dicantumkan pada mesin bubut bersangkutan, untuk memperoleh kecepatan gerak pemakanan yang kita inginkan, supaya bisa mengatur gerak makan tersebut.

Kecepatan gerak pemakanan dapat kita rumuskan sebagai berikut :

$$V_f = f \cdot n \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$V_f$  : kecepatan gerak pemakanan (m/min)

$f$  : gerak makan, (mm/rev)

$n$  : putaran benda kerja, (rpm)

### 2.3.3 Kedalaman makan

Kedalaman pemakanan adalah rata-rata selisih dari diameter benda kerja sebelum dibubut dengan diameter benda kerja setelah dibubut. Kedalaman pemakanan bisa diatur dengan menggeser peluncur silang melalui roda pemutar (skala pada pemutar menunjukkan selisih harga diameter).

Kedalaman pemakanan dapat diartikan pula dengan dalamnya pahat menusuk benda kerja saat penyayatan atau tebal tatal bekas bubutan.

Kedalaman pemakanan dirumuskan sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{d_0 + d_m}{2} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

$\alpha$  : kedalaman pemakanan (mm)

$d_0$  : diameter awal,(mm)

$d_m$  : diameter akhir,( mm)

### 2.3.4 Waktu pemotongan

Waktu pemotongan dapat diartikan dengan panjang pemesinan tiap kecepatan gerak pemakanan, satuan waktu pemesinan adalah milimeter. Panjang pemesinan sendiri adalah panjang pemotongan benda kerja ditambah langkah pengawalan dan di tambah langkah pengakhiran.

Waktu pemotongan dirumuskan :

$$t = \frac{lt}{v_f} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$t$  : waktu pemotongan (min)

$lt$  : panjang pemesinan (mm)

$v_f$  : Kecepatan pemakanan (mm/min)

### 2.3.5 Kecepatan Penghasilan Geram

Kecepatan penghasil geram dapat diartika dengan kecepatan pada proses pemesinan dalam mendapatkan geram disetiap proses pemotongan.

Kecepatan penghasil geram dirumuskan dengan :

$$Z = a.v \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana penampang geram sebelum terpotong

$$A = f.a \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Maka : } Z = f.a.v \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

Z : kecepatan penghasil geram ( $cm^3 / s$ )

f : gerak makan (mm/rev)

a : kedalaman potong (mm)

## 2.4 Geometri Pahat

Suatu proses pemesinan yang menggunakan pahat sebagai perkakas potongnya, harus memperhatikan geometri pahat tersebut karena geometri pahat merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan keberhasilan proses pemesinan. Geometri pahat harus dipilih dengan tepat sesuai dengan jenis material benda kerja, material pahat dan kondisi pemotongan sehingga tujuan dari pemotongan dapat tercapai.

Adapun tujuan dari pemotongan tersebut antara lain : rendahnya gaya potong, tingginya umur pahat, halusnya permukaan benda kerja dan ketelitian geometri benda kerja. Tiga hal yang perlu dibedakan dalam geometri pahat adalah :

### 1. Elemen pahat

- a) Badan (*body*) : Bagian pahat yang dibentuk menjadi mata potong atau tempat untuk sisipan pahat (dari karbida atau keramik).

- b) Pemegang (*shank*) : Bagian pahat untuk dipasang pada mesin perkakas. Bila bagian ini tidak ada maka fungsinya diganti oleh lubang pahat.
- c) Lubang pahat (*tool bore*) : Lubang pada pahat melalui mana pahat dapat dipasang pada poros utama (spindel) atau poros pemegang pada mesin perkakas.
- d) Sumbu pahat (*tool axis*) : Garis maya yang digunakan untuk mendefinisikan geometri pahat. Umumnya merupakan garis tengah dari punggung atau lubang pahat.
- e) Dasar (*base*) : Bidang rata pada pemegang untuk meletakkan pahat sehingga mempermudah proses pembuatan, pengukuran ataupun pengasahan pahat.

## 2. Bidang Pahat

Merupakan permukaan aktif pahat. Setiap pahat mempunyai bidang aktif ini sesuai dengan jumlah mata potongnya (tunggal/jamak). Bidang aktif pahat yang dimaksud adalah :

1. Bidang geram ( $A\gamma$ , *face*) : bidang diatas mana geram mengalir.
2. Bidang utama / *mayor* ( $A\alpha$ , *Principal / Mayor Flank*) : bidang yang menghadap permukaan transien benda kerja. Permukaan transien benda kerja akan terpotong akibat gerakan pahat relatif terhadap benda kerja. Karena adanya gaya pemotongan sebagian bidang utama akan terdeformasi sehingga bergesekan dengan permukaan transien benda kerja.
3. Bidang bantu / minor ( $A\alpha_1$ , *Auxiliary/Minor Flank*) : bidang yang menghadap permukaan terpotong benda kerja. Karena adanya gaya pemotongan, sebagian kecil bidang bantu akan terdeformasi dan menggesek

permukaan benda kerja yang telah terpotong / dikerjakan.

### 3. Mata Potong Pahat

Tepi dari bidang geram yang terpotong yang aktif memotong benda kerja. Ada dua jenis mata potong, yaitu :

- a) Mata potong utama / *Mayor* ( $S$ , *Principal/Major Cutting Edge*) : garis perpotongan antara bidang geram ( $A\gamma$ ) dengan bidang utama ( $A\alpha$ ).
- b) Mata potong bantu / *Minor* ( $S1$ , *Auxiliary/Minor Cutting Edge*) : garis perpotongan antara bidang geram ( $A\gamma$ ) dengan bidang utama ( $A\alpha1$ ).

#### 2.4.1 Sistem Referensi Pahat

Untuk menganalisa geometri pahat diperlukan suatu sistem bidang referensi dimana sudut-sudut pahat dapat ditentukan harganya. Sistem referensi pahat

menggunakan tiga macam bidang yang saling berpotongan pada suatu titik pada mata potong utama.

Titik tersebut dinamakan titik terpilih o dimana melalui titik orientasi bidang-bidang tersebut ditentukan. Bidang-bidang tersebut yaitu:

- a) Bidang referensi (Pr) yaitu bidang yang melalui titik terpilih dan ditentukan tegak lurus terhadap vektor kecepatan potong.
- b) Bidang mata potong (Ps) yaitu bidang yang ditentukan berimpit dengan mata potong utama pada titik terpilih tegak lurus Pr.
- c) Bidang orthogonal (Po) yaitu bidang yang melalui titik terpilih dan ditentukan tegak lurus dengan kedua bidang yang lain, yaitu Pr dan Ps.
- d) Bidang normal (Pn) yaitu bidang yang ditentukan tegak lurus terhadap mata

potong utama atau garis seinggungnya pada titik terpilih.

Dari definisi bidang diatas maka sistem referensi pahat dapat dipecah menjadi dua macam, yaitu :

- a) Sistem orthogonal, dengan ketiga bidang saling tegak lurus (Pr, Ps, Po).
- b) Sistem normal, dengan kedua bidang saling tegak lurus (Ps dengan Pr, dan Pn dengan Ps) tetap Pn belum tegak lurus dengan Pr.

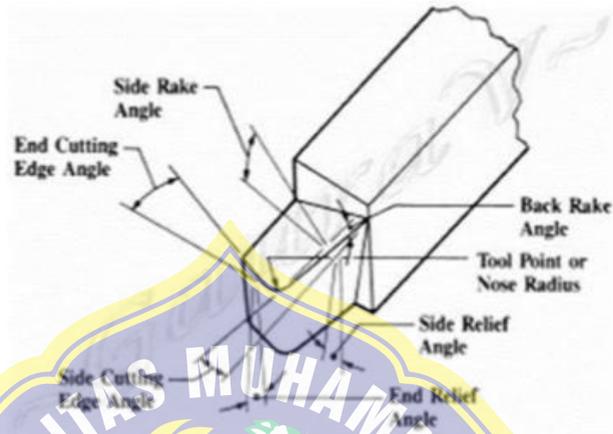
Orientasi Pn terhadap Pr ditentukan oleh sudut miring ( $\lambda_s$ ). Bila  $\lambda_s = 0^\circ$ , maka Pn dan Pr saling tegak lurus dan sistem normal akan sama dengan sistem orthogonal.

### 2.4.2 Tanda Pahat (*Tool Signature*)

Sudut-sudut yang terdapat pada mata pahat disebut dengan sudut utama pahat (*basic tool angle*) dan komposisinya disebut juga sebagai geometri pahat (*tool geometry*). Susunan sudut-sudut utama dan jari-jari mata potong (*nose radius*) disebut tanda pahat (*tool signature*).

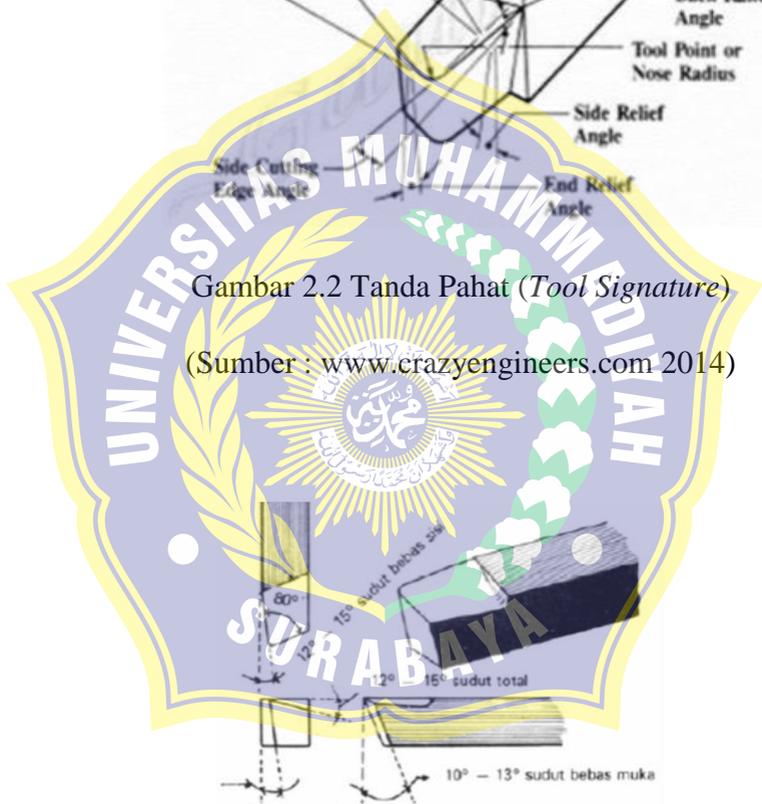
Menurut standarisasi dari ASA (*American Standart Assosiation*) *tool signature* dari *single point tool* meliputi : *Rake angles*, *relief angles*, *cutting egde angles* dan *nose radius*. Jika *clereance angles* dimasukkan dalam *tool signature* maka akan terlihat seperti gambar berikut. Akan tetap pada umumnya *celreance angles* tidak dimasukkan dalam *tool signature* karena dianggap sama dengan *relief angles*.

Bisa dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3



Gambar 2.2 Tanda Pahat (*Tool Signature*)

(Sumber : [www.crazyengineers.com](http://www.crazyengineers.com) 2014)



Gambar 2.3 Sudut Pahat

(Sumber : [www.bengkelbangun.com](http://www.bengkelbangun.com) 2014)

Keterangan gambar :

- a. Sudut Garuk Belakang (*back rake angle*)  
Sudut antara face dan garis yang sejajar dengan base dan diukur pada bidang yang tegak lurus dengan mata potong sisi (*side cutting edge*)
- b. Sudut Garuk Sisi (*side rake angle*) Sudut antara face dan garis yang sejajar dengan base dan diukur pada bidang yang tegak lurus pada base dan side cutting edge.
- c. Sudut Mata Potong Ujung (*end cutting edge angle*) Sudut antara ujung *cutting edge* dan garis tegak lurus pada shank.
- d. Sudut Mata Potong Sisi (*side cutting edge angle*) Sudut antara *side cutting edge* dan sisi lain dari shank.
- e. Sudut Celah Sisi (*side relief angle*) Sudut kedua langsung dibawah side clearance angle.

- f. Sudut Celah Ujung (*end relief angle*)  
Sudut kedua langsung dibawah *end clearance angle*.
- g. Radius Pojok (*nose radius/tool point*)  
Merupakan perpotongan antara side *cutting edge* dengan *end cutting edge*.

### 2.4.3 Pahat karbida

Pahat karbida (*cermeted carbides, hard metals*) jenis karbida yang disemen, merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (*sintering*) serbuk karbida (nitrida, oksida) dengan bahan pengikat yang umumnya dengan cobalt (Co). Dengan cara di carburizing masing-masing bahan dasar (serbuk) tungsten (walfram W), titanium (Ti), tantalum (Ta) dibuat menjadi karbida yang kemudian digiling dan disaring.

Salah satu atau campur serbuk karbida tersebut kemudian dicampur dengan bahan

pengikat (Co) dan dicetak tekan dengan memakai bahan pelumas. Setelah itu dilakukan presintering ( $1000^{\circ}\text{C}$ ) pemanasan mula untuk menguapkan bahan pelumas, dan kemudian sintering ( $1600^{\circ}\text{C}$ ) sehingga bentuk keping sebagai proses cetak akan menyusut menjadi sekitar 80% dari volume semula.

## 2.5 Konfigurasi Permukaan

Konfigurasi permukaan suatu elemen mesin apabila ditinjau dengan skala yang kecil merupakan suatu karakteristik geometri yang dapat berupa mikro geometri. Konfigurasi permukaan akan memegang peranan penting dalam perencanaan elemen mesin, yaitu yang berhubungan dengan gesekan, keausan, pelumasan, tahanan kelelahan dari komponen, perekatan dua atau lebih komponen-komponen mesin dan sebagainya.

Untuk menterjemahkan karakteristik permukaan suatu elemen mesin kedalam gambar teknik diperlukan parameter-parameter guna mengidentifikasikan konfigurasi permukaan. Akan tetapi sampai saat ini parameter-parameter yang ada belum dapat menjelaskan suatu permukaan permasalahan yang kompleks.

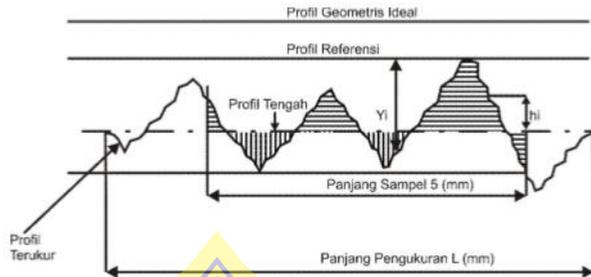
### 2.5.1 Macam-macam Permukaan

(C. Van Terheidjen dan Harun, 1981) Akibat ketidak sempurnaan alat ukur, cara pengukuran dan cara evaluasi hasil pengukuran suatu permukaan benda kerja yang sesungguhnya (*real, surface*) tidak dapat dibuat grafiknya atau duplikatnya, melainkan hanya mendekati bentuk sesungguhnya. Permukaan yang mendekati bentuk permukaan sesungguhnya disebut permukaan terukur (*measure surface*).

Akibat penyimpangan-penyimpangan selama proses pemotongan, maka permukaan geometris ideal (*geometrically ideal surface*) yaitu permukaan yang dianggap mempunyai bentuk yang sempurna, tidak mungkin dapat dibuat. Sedangkan permukaan yang disyaratkan pada gambar teknik dengan cara-cara standart tertentu disebut permukaan nominal (*nominal surface*).

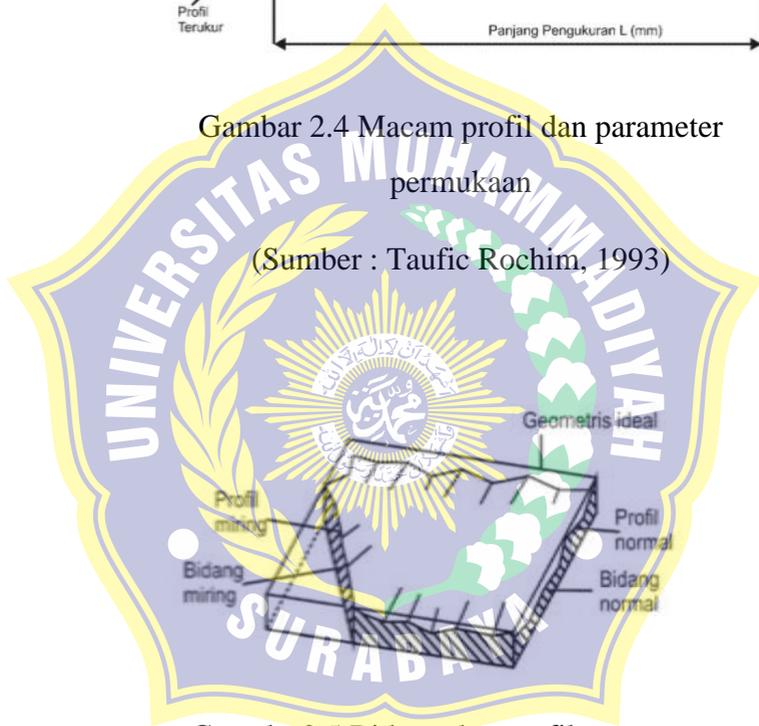
### **2.5.2 Profil dan Parameter Permukaan**

Profil adalah garis yang dihasilkan pada proses pemotongan, khususnya pemotongan orthogonal dan pemotongan miring (*oblique*). Beberapa istilah profil dan parameter permukaan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Macam profil dan parameter permukaan

(Sumber : Taufic Rochim, 1993)



Gamabr 2.5 Bidang dan profil penampang permukaan

(Sumber : Dasar2 Metrologi Industri Sudji Munaji, 1980)

### **Keterangan Gambar :**

1. Profil geometri ideal (*geometrically ideal profile*), adalah profil permukaan geometris ideal (dapat berupa garis lurus ataupun garis lengkung).
2. Profil terukur (*measured profile*), adalah profil dari permukaan terukur.
3. Profil referensi (*reference profile*), adalah profil yang digunakan sebagai referensi untuk menganalisa ketidakraturan konfigurasi permukaan. Profil ini dapat berupa garis lurus atau garis bentuk sesuai dengan profil geometris ideal, serta menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur dalam suatu panjang sampel.
4. Profil dasar (*root profile*), adalah profil referensi yang digeserkan ke bawah (arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal pada suatu panjang sampel), sehingga menyinggung titik terendah dari profil terukur.

5. Profil tengah (*centre profile*), adalah profile reference yang digeser ke bawah sedemikian rupa, sehingga sejumlah luas dari daerah-daerah diatas profil tengah sampai ke profil terukur adalah sama dengan jumlah luas dari daerah dibawah profil tengah sampai ke profil terukur.

6. Kedalaman total (*peak to valley height, Rt*), jarak rata-rata antara profil referensi dan profil dasar ( $\mu\text{m}$ ).

7. Kedalaman perataan (*peak to mean line, Rp*), jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur.

$$R_p = \frac{1}{1} \int_0^1 y_{id}. (\mu\text{m}) \dots\dots\dots$$

(2.8)

8. Kekasaran rata-rata aritmetis (*mean roughness index, Ra*), adalah harga rata-rata aritmetis dari harga absolutnya jarak antara profil terukur dengan profil tengah .

$$R_a = \frac{1}{1} \int_0^1 h_{id}. (\mu\text{m}) \dots\dots\dots$$

(2.9)

9. Kekasaran rata-rata kuadratis (*root mean square height, Rg*), adalah akar dari jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

$$Rg = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l h_i^2 dx (\mu m)} \dots\dots\dots (2.10)$$

## 2.6 Kekasaran Permukaan

(Sudji Munaji, 1980) Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Dalam prakteknya memang tidak mungkin untuk mendapatkan suatu komponen dengan permukaan yang betul-betul halus. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya faktor manusia (*operator*) dan faktor-faktor dari mesin-mesin yang digunakan untuk membuatnya. Akan tetapi, dengan kemajuan teknologi terus berusaha membuat peralatan yang mampu membentuk permukaan komponen dengan tingkat kehalusan yang cukup tinggi menurut standar ukuran yang berlaku yang dikemukakan oleh para ahli

pengukuran geometris benda melalui pengalaman penelitian.

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. Akan tetapi untuk menjelaskan secara sempurna mengenai karakteristik suatu permukaan nampaknya sulit.

### 2.6.1 Batasan permukaan dan parameter-parameternya

(Sudji Munaji 1980) Menurut istilah keteknikan yang dikemukakan oleh permukaan adalah suatu batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya.

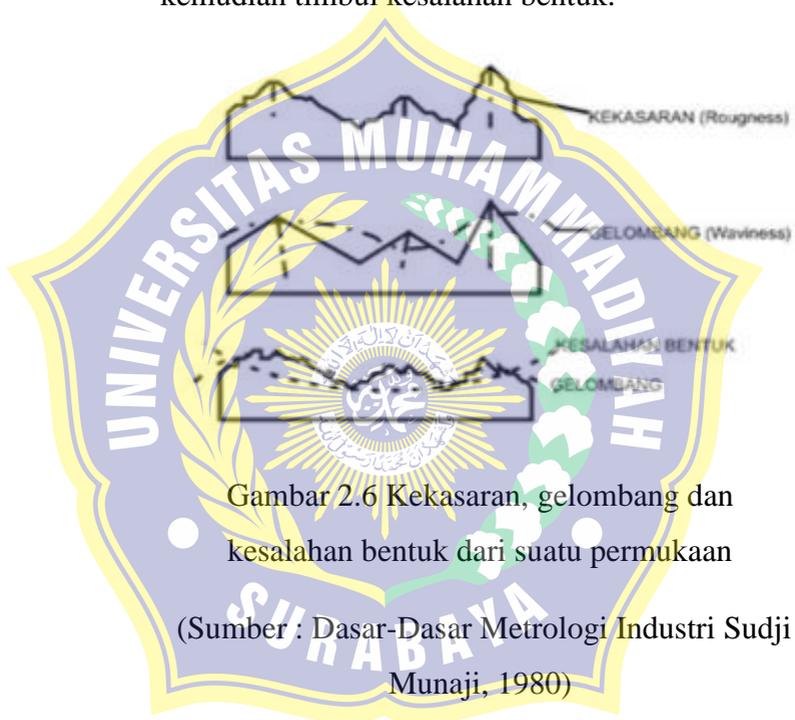
Dalam prakteknya, bahan yang digunakan untuk benda kebanyakan dari besi atau logam. Kadang-kadang ada pula istilah lain yang berkaitan dengan permukaan yaitu profil. Istilah profil sering disebut dengan istilah lain yaitu bentuk. Profil atau bentuk yang dikaitkan dengan istilah permukaan mempunyai arti tersendiri yaitu garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan. Untuk mengukur dan menganalisis suatu permukaan dalam tiga dimensi adalah sulit. Oleh karena itu, untuk mempermudah pengukuran maka penampang permukaan perlu dipotong.

Cara pemotongan biasanya ada empat cara yaitu pemotongan normal, serong, singgung dan pemotongan singgung dengan jarak kedalaman yang sama. Garis hasil pemotongan inilah yang disebut dengan istilah profil, dalam kaitannya dengan permukaan.

Dengan melihat profil ini maka bentuk dari suatu permukaan pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu permukaan yang kasar (*roughness*) dan permukaan yang bergelombang (*waviness*). Permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena getaran pisau (pahat) potong atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (*feed*) pisau potong dalam proses pembuatannya.

Sedang permukaan yang bergelombang mempunyai bentuk gelombang yang lebih panjang dan tidak teratur yang dapat terjadi karena beberapa faktor misalnya posisi senter yang tidak tepat, adanya gerakan tidak lurus (*non linier*) dari pemakanan (*feed*), getaran mesin,

tidak imbangnya (*balance*) batu gerinda, perlakuan panas (*heat treatment*) yang kurang baik, Dan sebagainya. Dari kekasaran (*roughness*) dan gelombang (*waviness*) inilah kemudian timbul kesalahan bentuk.



Gambar 2.6 Kekasaran, gelombang dan kesalahan bentuk dari suatu permukaan

(Sumber : Dasar-Dasar Metrologi Industri Sudji Munaji, 1980)

Secara lebih rinci lagi, ke tidak teraturan dari bentuk permukaan dapat dibedakan menjadi empat tingkat, yaitu :

1. Adalah tingkat yang menunjukkan adanya kesalahan bentuk (*form error*) seperti gambar diatas. Faktor penyebabnya antara lain karena adanya lenturan dari mesin perkakas dan benda kerja, kesalahan pada pencekaman benda kerja, proses pengerasan (*hardening*) juga ikut mempengaruhi.

Bisa dilihat pada gambar 2.7



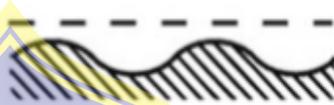
Gambar 2.7 Kesalahan bentuk

(sumber : Teknik mesin Universitas 45  
Bekasi pengaruh-kecepatan-dan-sudut-  
potong)

2. Profil permukaan yang berbentuk gelombang. Penyebabnya antara lain karena adanya kesalahan bentuk pada pisau (pahat)

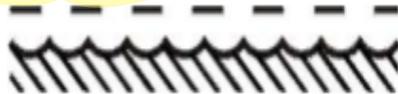
potong, posisi senter yang kurang tepat, adanya getaran pada waktu proses pemotongan.

Bisa dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Gelombang (*waviness*)  
(sumber : Teknik mesin Universitas 45  
Bekasi pengaruh-kecepatan-dan-sudut-  
potong)

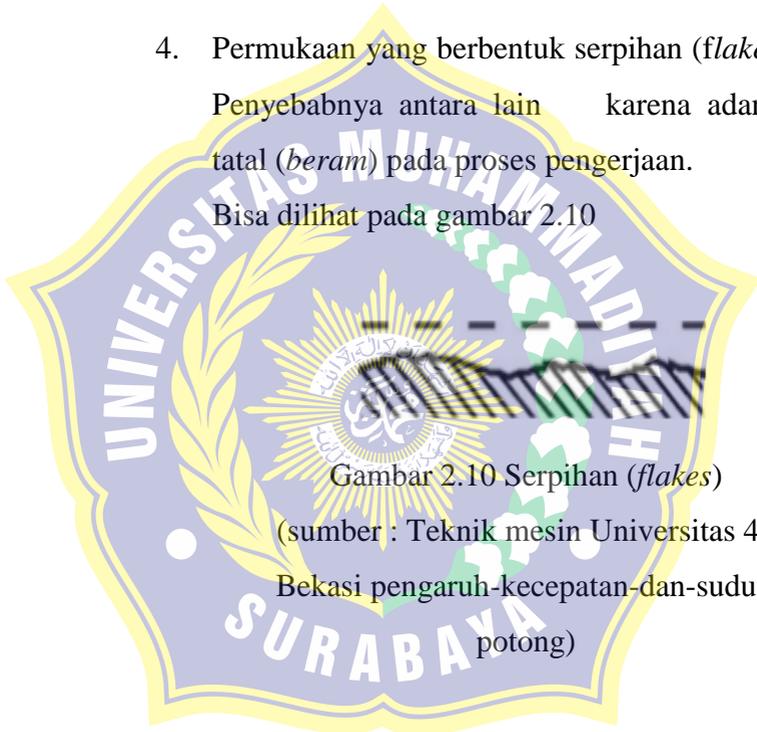
3. Permukaan yang berbentuk alur (*grooves*).  
Penyebabnya antara lain karena adanya  
● bekas-bekas proses pemotongan akibat  
bentuk pisau pemotongan yang salah atau  
gerak makan yang kurang tepat.



Gambar 2.9 alur (*grooves*)

(sumber : Teknik mesin Universitas 45  
Bekasi pengaruh-kecepatan-dan-sudut-  
potong)

4. Permukaan yang berbentuk serpihan (*flakes*).  
Penyebabnya antara lain karena adanya  
tatal (*beram*) pada proses pengerjaan.  
Bisa dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Serpihan (*flakes*)

(sumber : Teknik mesin Universitas 45  
Bekasi pengaruh-kecepatan-dan-sudut-  
potong)

5. Sedangkan gabungan dari karakteristik profil  
permukaan dari tingkat pertama sampai

tingkat keempat menghasilkan profil permukaan.

Bisa dilihat pada gambar 2.11



Gambar 2.11 Hasil gabungan profil tingkat 1-4

(sumber : Teknik mesin Universitas 45 Bekasi pengaruh-kecepatan-dan-sudut-potong)

### 2.6.2 Menentukan Kekasaran Rata-rata

Menentukan kekasaran rata-rata ( $R_a$ ) dapat dilakukan dengan cara berikut :

1. Gambarkan sebuah garis lurus pada penampang permukaan yang diperoleh dari pengukuran (profil terukur) yaitu garis X – X

yang posisinya tepat menyentuh lembah paling dalam

2. Ambil sampel panjang pengukuran sepanjang  $L$  yang memungkinkan memuat sejumlah bentuk gelombang yang hampir sama.
3. ambil luasan daerah  $A$  di bawah kurve dengan menggunakan planimeter atau dengan metode ordinat. Dengan demikian diperoleh jarak garis center  $C - C$  terhadap garis  $X - X$  secara tegak lurus yang besarnya adalah:

$$H_m = \frac{\text{daerah A}}{L} \dots\dots\dots (2.11)$$

4. sekarang diperoleh suatu garis yang membagi profil terukur menjadi dua bagian yang hampir sama luasnya, yaitu luasan daerah di atas ( $P_1 + P_2 + \dots$  dan seterusnya) dan luasan daerah di bawah ( $Q_1 + Q_2 + \dots +$  dan seterusnya). Dilihat pada gambar 2.8. Dengan demikian maka  $R_a$  dapat ditentukan besarnya yaitu :

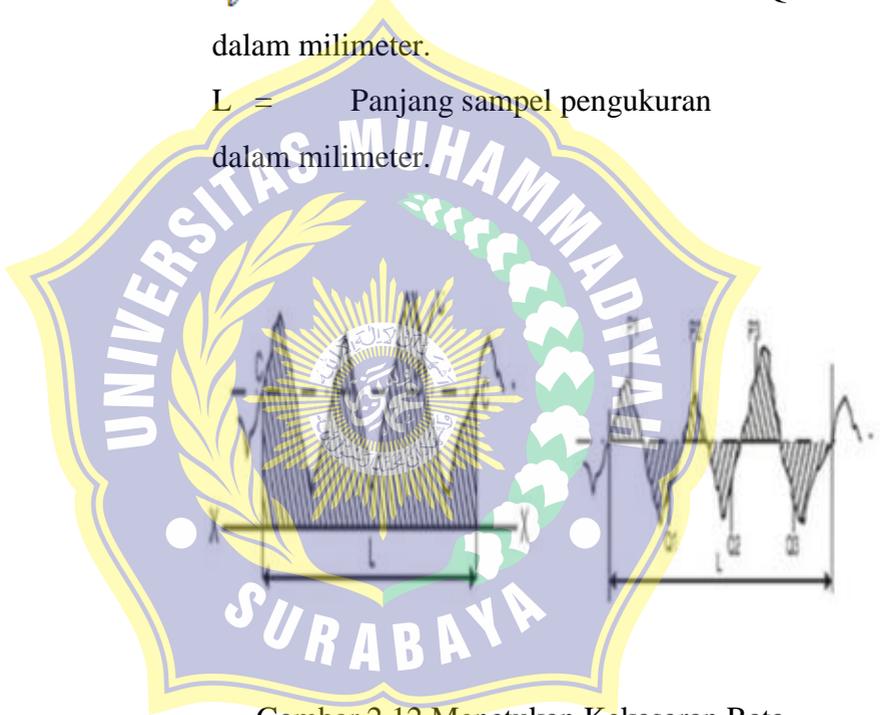
$$R_a = \frac{\text{Luas daerah P} + \text{Luas daerah Q}}{L} \times \frac{1000}{V_v} \quad (\mu m)$$

..... (2.12)

Dimana :

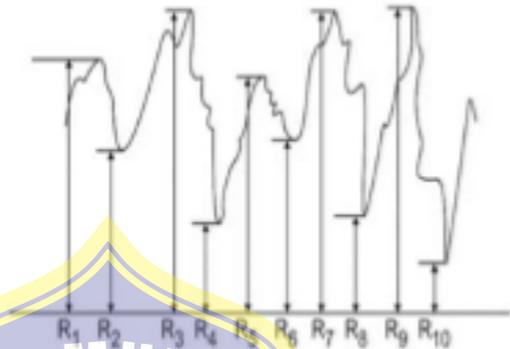
$V_v$  = Perbesaran vertikal. Luas P dan Q dalam milimeter.

L = Panjang sampel pengukuran dalam milimeter.



Gambar 2.12 Menentukan Kekasaran Rata-rata  $R_a$

(Sumber : Dasar-Dasar Metrologi Industri, Sudji Munaji, 1980)



Gambar 2.13 Menentukan kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah

(Sumber : Dasar-Dasar Metrologi Industri, Sudji Munaji, 1980)

- Kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah,  $R_z$  sebetulnya hampir sama dengan kekasaran rata-rata aritmetis  $R_a$ , tetapi cara menentukan  $R_z$  adalah lebih mudah dari pada menentukan  $R_a$ , gambar 2.9. menunjukkan cara menentukan  $R_z$ .

Sampel pengukuran diambil sejumlah profil yang memuat, misalnya 10 daerah yaitu 5 daerah puncak dan 5 daerah lembah. Kemudian buat garis lurus horizontal di bawah profil permukaan. Tarik garis tegak lurus dari masing-masing ujung puncak dan lembah ke garis horizontal. Dengan cara ini maka diperoleh harga Rz yang besarnya adalah :

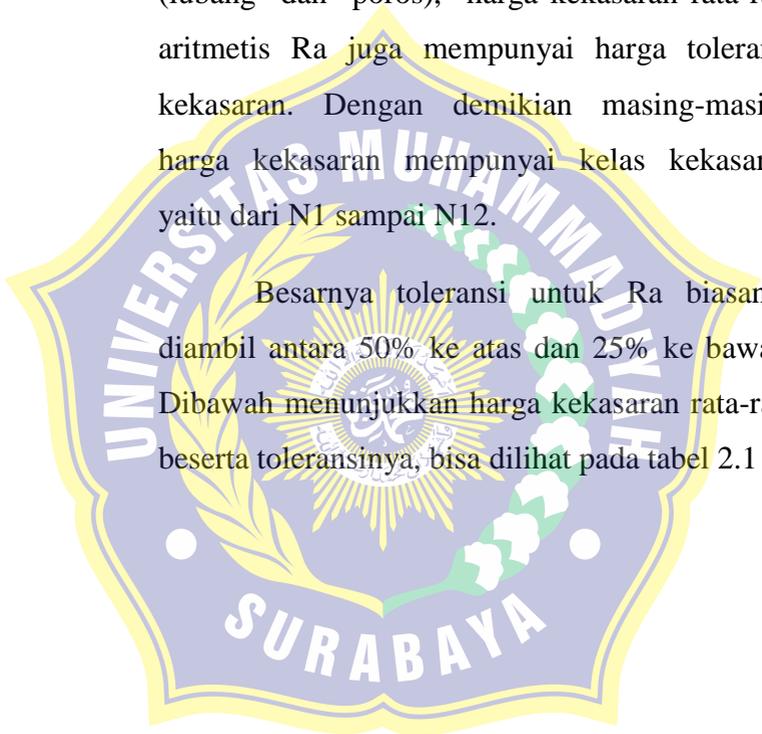
$$Rz = \frac{1}{5} (R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9 + P_A) - \frac{1}{5} (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10}) \times \frac{1000}{V_p} \dots\dots\dots (2.13)$$

(Sumber : Sudji Munaji, 1980)

### 2.6.3 Toleransi Harga 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% ke atas dan 25% ke bawah. Dibawah menunjukkan harga kekasaran rata-rata beserta toleransinya, bisa dilihat pada tabel 2.1



Tabel 2.1 Toleransi harga kekasaran rata-rata Ra

KELAS KEKASARAN	HARGA C.L.A (um)	HARG A Ra	TOLERANSI N +50% -20%	PANJAN G SAMPEL (mm)
N1	1		0.02 – 0.04	0.08
N2	2	0.0025	0.04 – 0.08	
N3	4	0.05	0.08 – 0.15	0.25
N4	8	0.0	0.15 – 0.3	
N5	16	0.2	0.3 – 0.6	
N6	32	0.4	0.6 – 1.2	
N7	63	0.8	1.2 – 2.4	
N8	125	1.6	2.4 – 4.8	0.8
N9	250	3.2	4.8 – 9.6	
N10	500	6.3	9.6 –	2.5
N11	1000	12.5	18.75 18.75	
N12	2000	25.0	- 37.5 37.5	8
		50.0	- 75.0	

(Sumber : Sudji Munaji, 1980)

Tabel 2.2 Tingkat kekasaran rata-rata menurut prosesnya

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
<i>Flat and cylindrical lapping, Superfinishing Diamond turning</i>	N1 – N4 N1 – N6	0.025 – 0.2 0. 025 – 0.8
<i>Flat cylindrical grinding Finishing</i> 0.025 – 3.2 0.1 – 3.2	N1 – N8 N4 – N8	0.025 – 3.2 0.1 – 3.2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming Drilling</i>	N5 – N12 N7 – N10	0.4 – 50.0 1.6 – 12.5
<i>Shapping, planing, horizontal milling Sandcasting and forging</i>	N6 – N12 N10 – N11	0.8 – 50.0 12.5 – 25.0
<i>Extruding, cold rolling, drawing Die casting</i>	N6 – N8 N6 – N7	0.8 – 3.2 0.8 – 1.6

( Sumber : Sudji Munaji, 1980)

Toleransi harga kekasaran rata-rata,  $R_a$  dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Hasil penyelesaian permukaan dengan menggunakan mesin gerinda sudah tentu lebih halus dari pada dengan menggunakan mesin bubut. Tabel 2.3 berikut ini memberikan contoh harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

