BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

M. Kamil (2006) melakukan Desain, Pabrikasi, dan Pengujian Mesin Gerinda *Toolpost* pada Mesin Bubut Konvensional. Dimana penulis merancang mesin gerinda *toolpost* yang secara khusus diperbantukan dalam suatu proses pengerjaan lanjutan permesinan. Dimana alat ini memiliki kemampuan menggerinda pada posisi diaplikasikan di mesin bubut konvensional dengan panjang geometri daripada benda kerja yang memiliki kapasitas lebih daripada mesin gerinda biasa. Mesin gerinda *toolpost* tersebut didesain dan dipabrikasi dan dibuatlah dimensi yang disesuaikan dengan *toolpost* yang terdapat pada mesin bubut konvensional. Lalu dilakukan pengujian respon getaran yang berfungsi untuk menguji *displacement, velocity, acceleration* dan pengujian kekerasan pada permukaan bahan uji, sehingga kelak diketahui kemampuan daripada mesin gerinda *toolpost* yang memiliki getaran dan juga standard daripada kekasaran permukaan yang sesuai dengan desain dan pabrikasinya.

Suparno (2012) meneliti tentang Pengaruh *feeding* dan *depth of cut* pada proses *surface grinding* terhadap kekasaran permukaan baja C30. Kekasaran Permukaan adalah satu penyimpangan yang tercipta oleh sebuah kondisi pemotongan yang terjadi dari proses permesinan. Maka daripada itu, perlu dilakukan penelitian yang mana dilakukan untuk menganalisa pengaruh *feeding* dan *depth of cut* pada proses pemotongan terhadap kekesaran permukaan baja C30, Percobaan dilakukan berdasarkan desain eksperimen dan analisis regresi. Dari analisa tersebut diperoleh bahwa *Feeding* dan *depth of cut* mempengaruhi kekasaran permukaan baja C30 dengan bentuk hubungan exponensial serta besar hubungan diatas 80 %.

Bintang Pramudyo (2015) dalam penelitiannya meneliti tentang bagaimana pengaruh variasi kecepatan pemakanan terhadap *Surface Roughness* pada proses *Surface Grinding* pada material ST37. Dimana penulis melakukan pengamatan terhadap kualitas kekasaran dari suatu permukaan yang merupakan hasil pengerjaan gerinda yang dilakukan agar bisa didapatkan kondisi pemesinan yang maksimal untuk mendapatkan suatu jenis proses yang diinginkan.

2.2 Pembubutan

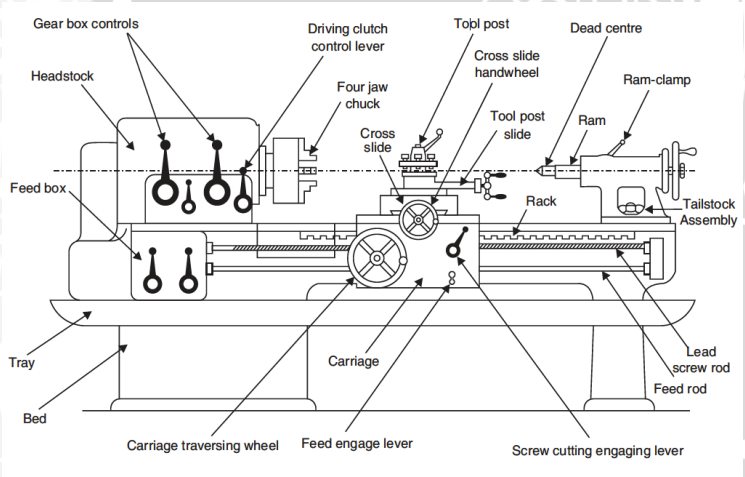
Pembubutan adalah suatu proses permesinan yang merupakan pemakanan benda kerja yang mana cara penyayatannya dilakukan dengan menggunakan cara memutar benda kerja dan kemudian dimakankan pada pahat yang dijalankan secara translasi sejajar dengan menggunakan sumbu putar dari benda kerja (Groover, 1996) Pembubutan sendiri biasa dilakukan pada Mesin Bubut yang merotasi material benda kerja dan juga dapat diatur kecepatan putar, kecepatan pemakanan pada tingkat kedalaman pemotongan yang telah ditentukan.

2.2.1 Pengertian Mesin Bubut Konvensional

Mesin bubut konvensional adalah mesin perkakas atau mesin bubut biasa yang memproduksi benda benda bentuk silindris. Mekanisme gerakan eretan, memasang eretan melintang dan eretan atas dibantu dengan *handle* secara manual (dengan tangan), baik secara otomatis maupun langsung. Prinsip mekanisme gerakan pada mesin bubut adalah merubah energi listrik menjadi gerakan putar pada motor listrik

2.2.2 Bagian-bagian Mesin Bubut Konvensional

Berikut adalah penjelasan mengenai bagian-bagian utama dari mesin bubut konvensional pada umumnya:



Gambar 2.1 Skema Bagian-Bagian Mesin Bubut Konvensional
Sumber : Gupta (2009 : 92)

1. *Machine Bed*

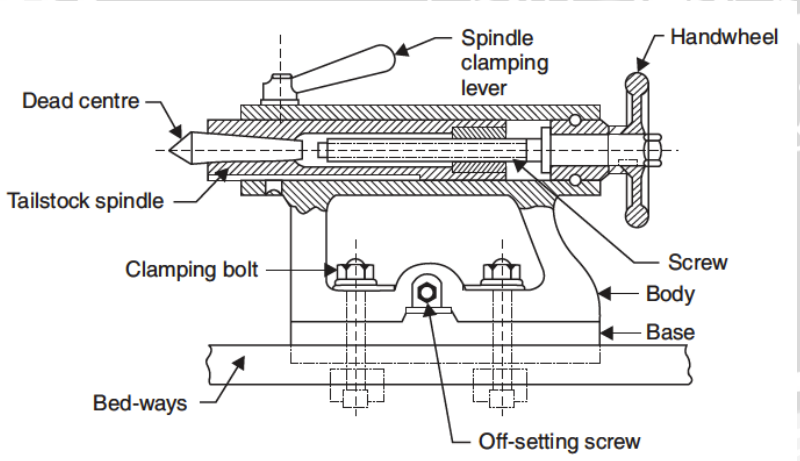
Bagian ini merupakan bagian yang menyokong semua bagian lain dari mesin bubut. Biasanya terbuat dari besi coran. Bagian atasnya berbentuk datar dan dibentuk untuk mempermudah *carriage* bergeser sejajar sepanjang mesin bubut.

2. *Headstock*

Headstock berada di bagian sebelah kiri dari *bed* dan terdapat rangkaian poros dan roda gigi yang terendam oleh minyak pelumas. Poros penggerak yang terdapat di dalamnya digerakan oleh motor listrik dan dapat dirubah-rubah kecepatannya dengan mengganti girnya yang akan berdampak langsung pada kecepatan putar *chuck* yang telah menempel pada *spindle*. Benda kerja dipasang pada *chuck* yang akan berputar secara *longitudinal* pada sumbu *spindle*.

3. *Tailstock*

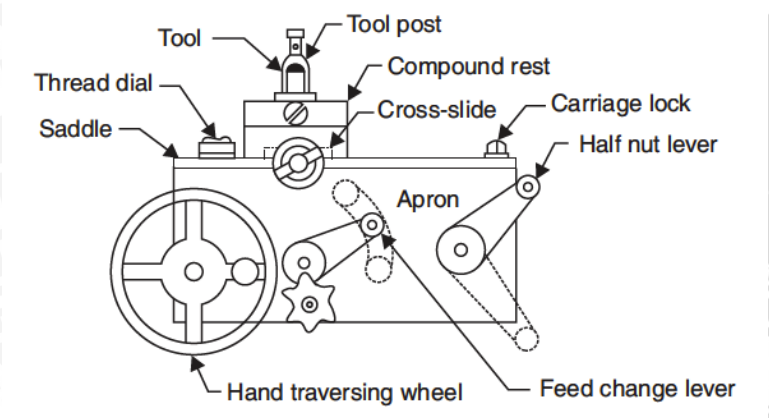
Sebuah *tailstock* terdapat pada bagian kanan paling akhir dari sebuah *bed*. *Tailstock* dapat bergeser dan dikunci posisinya sepanjang *bed* hingga jarak terdekat dengan *headstock*. Pada *tailstock* terdapat juga sebuah *spindle* yang sumbunya sejajar dengan sumbu *spindle* pada *headstock*. Bagian *tailstock spindle* ini berfungsi untuk men-*support* dari bagian akhir benda kerja yang akan dilakukan permesinan apabila benda kerja tersebut terlalu panjang. *Tailstock spindle* bekerja secara *dead* dan *live center*, dikatakan *live center* apabila *spindle* ikut berputar bersama benda kerja yang di-*support* dan dikatakan *dead center* apabila *spindle* tidak ikut berputar.



Gambar 2.2 Skema Bagian *Tailstock*
Sumber : Gupta (2009 : 93)

4. Carriage

Carriage dapat juga bergeser sepanjang *bed*. Pergerakan ini dikontrol secara manual dengan mengoperasikan *hand traversing wheel*. Pergerakan melintas ini dapat juga dilakukan secara otomatis pada kecepatan yang berbeda-beda dengan menggunakan transmisi *feed rod* atau *feed shaft*. *Carriage* memiliki *cross slide* yang dapat secara independen bergerak secara melintang dari sudut *bed*. Terpasang pada bagian atas dari *cross slide* adalah *compound rest* yang juga dapat bergeser secara independen dan dapat diputar sebidang horizontal. *Cutting tool* terpasang pada bagian *toolpost* yang telah tertanam dibagian atas dari *compound rest*.

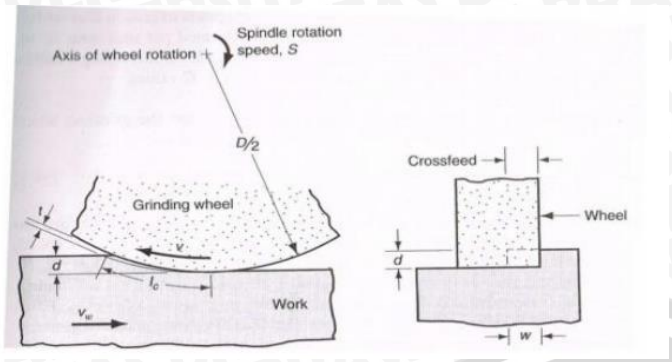


Gambar 2.3 Skema Bagian *Carriage*
Sumber : Gupta (2009 : 94)

2.3 Gerinda

2.3.1 Pengertian Gerinda

Proses penggerindaan adalah proses memotong/mengasah benda kerja dengan tujuan tertentu. Proses tersebut dilakukan oleh mesin gerinda. Prinsip kerja mesin sendiri gerinda adalah roda gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja dan terjadi pemotongan/pengasahan.



Gambar 2.4 Proses Gerinda
Sumber : Groover Mikell.P, 1996 : 610

Menurut Agus (2010), proses gerinda dijalankan dengan mesin gerinda yang mana menggunakan pahat berupa suatu batu gerinda dengan bentuk piringan (*grinding wheel/disk)* yang terbuat dari suatu campuran serbuk abrasif dan terbuat pula dari bahan pengikat dengan komposisi dan struktur tertentu. Dimana batu gerinda yang diinstalasi pada poros utama ataupun spindel tersebut berputar dengan suatu kecepatan tertentu yang mana tergantung daripada diameter dan juga putarannya, dan kecepatan *peripheral* daripada tepi batu gerinda, menurut Taufiq Rochim (1993) dapat dihitung dengan rumus berikut (Rochim 1993:322):

$$V_s = \frac{\pi . d_s . n_s}{1000.60} \left[\frac{m}{s}\right] \quad \text{.....(2-1)}$$

Dimana :

V_s : Kecepatan Periferal batu gerinda, umumnya memiliki nilai sekitar 20 s.d 60 m/s

d : diameter batu gerinda ; mm

n : kecepatan putar batu gerinda ; rpm

Tergantung pada bentuk permukaan yang dihasilkan, pada garis besarnya proses gerinda digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Gerinda silindris (cylindrical grinding) untuk menghasilkan permukaan silindrik
2. Gerinda rata (surface grinding) untuk menghasilkan permukaan rata / datar.

Pada proses gerinda silinder yang dilakukan dengan mesin gerinda silindrik, benda kerja juga ikut berputar dan kecepatan peripheral benda kerjanya (*workpiece*) adalah (Rochim 1993:323):

$$V_w = \frac{\pi . d_w . n_w}{1000.60} \left[\frac{m}{s}\right] \quad \text{.....(2-2)}$$

Dimana :

V_w : Kecepatan peripheral benda kerja ; m/s

d : diameter (awal) benda kerja ; mm

n : kecepatan putar benda kerja ; rpm

2.3.2 Jenis-jenis Mesin Gerinda

A. Mesin Gerinda Datar

Suatu penggerindaan datar merupakan suatu teknik *grinding* yang diacukan dari pembuatan bentuk datar, pembuatan bentuk, dan permukaan yang tak rata dari sebuah benda kerja yang dimana berada dibawah batu gerinda yang berputar. *Spindle* speed berperan sebagai kecepatan primer dan gerak meja bolak balik (*work speed*) adalah kecepatan sekunder.

B. Mesin Gerinda Silindris

Mesin gerinda silindris adalah alat pemesinan yang berfungsi untuk membuat bentuk-bentuk silindris, silindris bertingkat, dan sebagainya. Spindle speed berperan sebagai kecepatan primer dan gerak perputaran dari benda kerja (work speed) adalah kecepatan sekunder.

2.4 Batu Gerinda (*Grinding Wheel*)

2.4.1 Pengertian Batu Gerinda

Secara umum, batu gerinda dapat diumpamakan posisinya layaknya *cutting tool* pada mesin bubut. Namun karena bentuk dan materialnya lebih rumit, maka batu gerinda sering memiliki kategori sendiri. Menurut Agus Susanto (2010), batu gerinda dibuat dari suatu campuran serbuk abrasif dengan bahan pengikat. Jumlah varian yang dapat diturunkan dari kombinasi dua elemen ini sangat beragam, dikarenakan jenis dan ukuran dari serbuk abrasif, jenis bahan pengikat, persentase serta kepadatan (*compactness*) atau porositas (*porosity*) dapat diatur dengan penyesuaian keinginan terhadap waktu batu gerinda ini dibuat.

2.4.2 Parameter Utama Batu Gerinda

Batu gerinda banyak digunakan di bengkel-bengkel pengerjaan logam. Batu gerinda penyayatannya sangat halus, dan gramnya tidak terlihat seperti pahat milling. Gram hasil penggerindaan ini sangat kecil seperti debu. Dari berbagai bentuk batu gerinda sebenarnya

parameter utamanya terdiri atas lima parameter, dimana parameter-parameter tersebut adalah:

1. Material *abrasive*

   Sifat umum dari sebuah jenis material yang digunakan pada proses gerinda antara lain kekerasan yang tinggi, ketahanan aus,ketangguhan sebagai sifat utama yang dibutuhkan sebagai *cutting tool* dan kerapuhan sebagai kemampuan material untuk hancur saat telah tumpul agar material dengan kondisi yang masih tajam dapat ter-*expose*. Hingga saat ini material *abrasive* terbaik secara komersial adalah jenis *aluminum oxside, silicon carbide, cubic boron nitrade*, dan *diamond*.

2. Ukuran butir

   Ukuran butir dari sebuah jenis material *abrasive* sangat penting dalam penentuan hasil akhir permukaan dan *material removal rate*. Ukuran butir kecil menghasilkan hasil yang baik, sedangkan ukuran besar akan menghasilkan nilai *material removal rate* yang besar. Pemilihan ukuran juga bergantung pada batas tertentu pada tingkat kekerasan benda kerja.

3. Material pengikat

   Material pengikat berguna untuk menahan material *abrasive* serta mempertahankan bentuk dan juga struktur dalam pada batu gerinda. Sifat yang diperlukan dari material pengikat adalah kekuatan, ketangguhan kekerasan, dan ketahanan suhu. Material pengikat harus mampu menahan gaya sentrifugal, suhu tinggi, dan gaya *impact* yang diterima batu gerinda, serta mampu mempertahankan butiran *abrasive* yang masih layak bekerja pada tempatnya namun juga memungkinkan butiran yang telah tumpul untuk lepas sehingga butiran baru bias muncul.

4. Struktur batu gerinda

   Parameter ini merujuk pada jarak antar butir *abrasive* pada roda gerinda. Sebagai bantuan pada butiran *abrasive* dan material pengikat, batu gerinda memiliki celah udara atu pori-pori. Struktur batu gerinda dapat dinilai pada skala terbuka atau padat. Struktur terbuka berarti terdapat lebih banayak pori-pori dan lebih sedikit butiran per satuan volume pada suatu batu gerinda, dan sebaliknya untuk struktur padat. Secara umum struktur terbuka lebih direkomendasikan pada situasi yang dimana pembuangan secara cepat *chips* dibutuhkan dan struktur padat untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang baik dan kontrol dimensi.

5. *Grade* batu gerinda

Grade disini merujuk pada kekuatan ikatan pada roda gerinda dalam mempertahankan material *abrasive* selama pemotongan berlangsung. *Grade* diukur pada skala antara lunak dan keras. Batu gerinda lunak cenderung mudah terlepas butirannya, sebaliknya batu gerinda kesar cenderung lebih susah. Batu gerinda lunak umum digunakan untuk pengerjaan benda kerja yang keras dan *material removal rate* rendah. Sedangkan batu gerinda keras digunakan untuk benda kerja yang lunak dan *material removal rate* yang tinggi.

2.5 Baja

2.5.1 Pengertian Baja

Baja adalah salah satu jenis material yang sangat bermanfaat dalam dunia perindustrian. Dari sekian banyak peralatan permesinan, seperti spindel, spring, shaft, hingga material benda kerja pada umumnya terbuat dari baja. Dikarenakan baja menawarkan kekuatan, kekokohan, dan ketahanan yang awet. Dari perspektif manufaktur, baja termasuk material yang mudah dibentuk (*formability*), mudah digabung (*joinability*), dan juga mudah diperbaiki (*repairability*) (De Garmo, 1957:120).

Baja merupakan paduan antara ferrous (Fe) dengan karbon (C), dengan kandungan karbon maksimal 2%. Secara umum, biasanya diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya. Berdasarkan komposisi kimianya tersebut baja dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon (*carbon steel*) adalah baja yang mempunyai unsur-unsur pengikut berupa Mn maksimal 1,65%, Si maksimal 0,06% dan Cu maksimal 0,06%. Sedangkan baja paduan (*alloy steel*) adalah baja yang mempunyai kandungan unsur-unsur lain dalam jumlah yang spesifik selain unsur Mn (maksimal 1,65%), Si (maksimal 0,06%) dan Cu (maksimal 0,06%).

Jika diklasifikasikan berdasar kegunaannya, Baja dibagi menjadi baja konstruksi (*structural steel*) dan baja perkakas (*tool steel*). Baja konstruksi adalah baja yang digunakan untuk keperluan kontruksi dan biasanya mempunyai sifat *weldability*, *hardenability*, *formability* dan *machinability* yang baik. Sedangkan baja perkakas adalah baja yang digunakan untuk keperluan perkakas (*tool*) misalnya untuk pahat bubut bor dan sebagainya.

2.5.2 Macam-macam Baja

2.5.2.1 Berdasarkan Prosentase Karbon

Berdasarkan tinggi rendahnya prosentase karbon didalam baja, baja karbon diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Baja Karbon Tinggi (*high carbon steel*)

Baja karbon tinggi mengandung kadar karbon antara 0,60% - 1,7% C dan setiap ton baja karbon tingi mengandung karbon antara 70 – 130 Kg sehingga baja ini mempunyai tegangan tarik yang tinggi dan banyak digunakan untuk material tools.

b. Baja Karbon Menengah (*medium carbon steel*)

Baja karbon menengah mengandung karbon antara 0,30% - 0,60% C. Baja ini banyak digunakan untuk keperluan perkakas pada bagian mesin.

c. Baja Karbon Rendah (*low carbon steel*)

Baja karbon rendah mengandung karbon antara 0,10% - 0,30%. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung, maka baja karbon rendah dapat digunakan sebagai pelat maupun body kendaraan.

2.5.2.2 Berdasarkan Komposisi

A. Baja Karbon (*Carbon Steel*)

Terdiri atas beberapa unsur, yang paling utama adalah karbon (C), unsur yang lain yaitu Si, Mn, S, dan P. adapun macam baja karbon yaitu:

- Baja karbon tinggi
- Baja karbon menengah
- Baja karbon rendah

Bila baja hanya mengandung besi dan karbon, paduanya disebut baja karbon.

B. Baja Paduan (*Alloyed Steel*)

Baja paduan merupakan campuran antara baja karbon dengan beberapa unsur-unsur lain yang dapat mempengaruhi sifat-sifat baja yang diantara lain adalah sifat kekerasan, titik cair, kecepatan membeku, liat, dan sebagainya. Yang memiliki tujuan untuk memperbaiki kualitas dan kemampuannya. Penambahan unsur-unsur lain yang terdapat dalam baja karbon dapat dilakukan dengan satu unsur atau lebih, yang mana tergantung dari karakteristik atau sifat khusus yang diinginkan. Unsur paduan untuk baja ini terbagi ke dalam dua golongan yaitu:

- Unsur yang membuat baja dapat bersifat menjadi kuat dan ulet, dengan menguraikanya ke dalam ferrite (misal Ni, Mn, sedikit Cr dan Mo). Unsur ini digunakan utamanya dalam pembuatan baja konstruksi.
- Unsur yang mampu bereaksi dengan karbon di dalam baja dan membentuk karbida yang memliki sifat lebih keras dari sementit (misal unsur Cr, W, Mo, dan V) unsur ini digunakan utamanya dalam pembuatan baja perkakas.

2.5.3 Baja ST41

Terdapat standar penomoran pada baja untuk standarisasi berdasarkan aplikasi produksi dan grade pada baja tersebut. Ada 2 standar penomoran untuk baja, yaitu Japanese Industrial Standard (JIS) oleh Jepang dan Deutsches Institut for Normung (DIN) oleh Jerman. Baja ST41 adalah salah satu tipe baja dengan standar penomoran DIN yang dapat diartikan baja yang memiliki *Tensile Strength* ataupun Kekuatan Tarik sebesar 41 $^{kg}/_{mm^2}$.

Pelat baja ST41 sendiri merupakan baja yang sangat kuat dan liat dengan struktur butir yang halus, dan dapat dilakukan pengerjaan dalam keadaan panas maupun pengerjaan dingin. Dari segi kandungan karbonnya, material ST41 merupakan baja karbon rendah dengan 0,17% karbon. Kadar karbon baja ST41 dapat ditingkatkan dengan dilakukan proses *carburizing* pada baja tersebut. sehingga bisa memperbaiki sifat mampu kerasnya agar bisa di-*hardening* kemudian diuji tingkat deformasinya.

2.6 Kecepatan Pemakanan (*Feed Rate)*

Kecepatan pemakanan adalah kecepatan makan benda kerja oleh *cutting tool* dalam suatu proses pemesinan dengan besaran per satuan waktu (mm/min). Kecepatan Pemakanan sendiri merupakan hal yang sangat berpengaruh pada kualitas hasil permukaan proses gerinda. Kecepatan Pemakanan sendiri berbanding lurus dengan *feed motion.* Dan dalam hubungannya dengan kekasaran permukaan, semakin besar *feed motion* menyebabkan jarak antar puncak sayatan pada benda kerja semakin jauh sehingga kekasaran permukaannya semakin besar. Dan hubungan antara *feed motion* dengan kekasaran permukaan dapat dilihat pada rumus berikut (Rochim 1993):

$$Rt = Cr\ \frac{f^2}{8\,r_e} \quad \text{.....(2-3)}$$

Dimana :

Rt : Harga kekasaran total (*peak to valley height*) (µm)

F : *Feed Motion* (mm/rev)

r_e : Radius Pojok (mm)

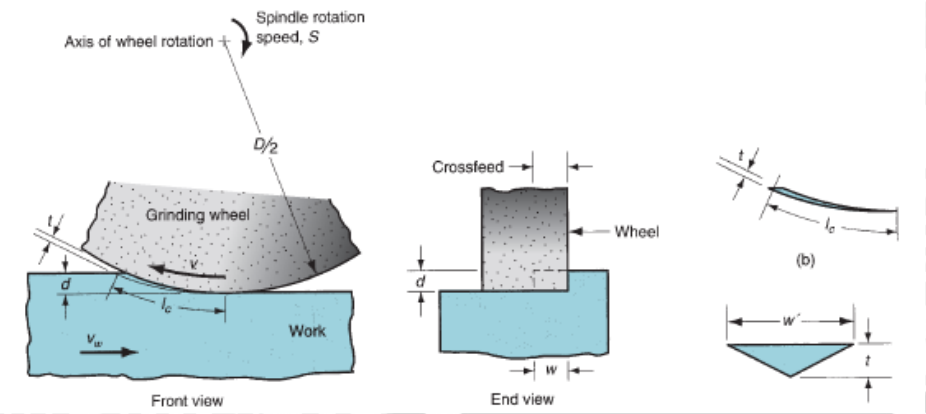
Cr : Faktor Konversi, tergantung pada sifat ketermesinan benda kerja, kondisi pemotongan yang dipilih (kecepatan potong) dan kekakuan system pemotongan; (kaku/sedang/rendah : 2000/2300/3000)

Dari rumus diatas dapat dilihat bahwa *feed motion* berbanding lurus dengan harga kekasaran total. Semakin besar *feed motion* maka harga kekasaran total yang dihasilkan juga semakin besar.

2.7 Kedalaman Pemakanan (*Depth of Cut)*

Kedalaman pahat menusuk benda kerja saat penyayatan atau pemotongan biasa disebut *Depth of Cut.* Semakin besar nilai *Depth of Cut,* maka dapat dimaksudkan semakin dalam kedalaman pemakanan terhadap benda kerja. Menurut Serope Kalpakjian (1984), bahwa didapatkan hasil permukaan spesimen yang telah melalui proses penggerindaan secara aktual di dalam prakteknya telah mendapatkan nilai dari kedalaman pemakanan 0,0005 s/d 0,0003 in (0,01 s/d 0,07 mm). Ketentuan tersebut penting diperhatikan untuk memperoleh proses penyelesaian akhir (*finishing*) sesuai dengan yang diharapkan.

Dalam proses permesinan, terdapat hubungan antara *depth of cut* dengan kekasaran permukaan dimana semakin tinggi *Depth of Cut* maka kekasaran permukaan benda kerja semakin meningkat. Nilai *Depth of Cut* berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan hasil proses pemakanan dikarenakan adanya perubahan luas penampang *chip* sehingga gaya pemotongan pun berubah. Jika *Depth of Cut* semakin besar maka luas penampang *chip* yang dihasilkan akan meningkat yang mengakibatkan gaya pemotongan semakin besar. Karena gaya pemotongan besar maka deformasi yang terjadi semakin besar sehingga benda kerja semakin kasar (Aminnudin, 2015).



Gambar 2.5 Proses Penggerindaan dan Bentuk *Chip* yang Terbentuk
Sumber : Groover (1996 : 600)

Berdasarkan gambar tersebut diatas, dapat dilihat bahwa panjang rata-rata dari *chip* didapatkan dengan (Groover 1996:601) :

$$l_c = \sqrt{D \text{ x } d} \quad \text{.....(2-4)}$$

dengan :

l_c = panjang *chip* (mm)

D = diameter batu gerinda (mm)

d = kedalaman pemakanan (mm)

Dari gambar juga dapat dilihat bentuk dari *chip* yang terbentuk. Bentuk bidang dari *chip* menyerupai bentuk segitiga dengan lebar w^1 lebih besar dari ketebalan *t* oleh karena faktor yang disebut *grain aspect ratio* r_g, dirumuskan dengan (Groover 1996:601) :

$$r_g = \frac{w'}{t} \quad \text{.....(2-5)}$$

Nilai rasio umum dari *grain aspect ratio* berkisar antara 10 dan 20.

Nilai dari *grit* aktif (*cutting teeth*) per inci persegi pada bagian luar keliling batu gerinda dilambangkan *C.* Secara umum, semakin kecil ukuran butir memberikan nilai *c* yang lebih besar. *C* juga berhubungan dengan struktur batu gerinda. Struktur yang lebih padat berarti terdapat lebih banyak *grit* per satuan luas. Berdasarkan nilai dari C, nilai *chip* yang dibentuk per satuan waktu (n_c) didapat dari (Groover 1996:601) :

$$n_c = v \text{ x } w \text{ x } C \quad \text{.....(2-6)}$$

dengan :

n_c = jumlah *chip* yang terbentuk per satuan waktu

v = kecepatan putar batu gerinda (mm/min)

w = *crossfeed* (mm)

C = *grit* per satuan luas permukaan batu gerinda (grits/mm^2)

Maka dari itu kekasaran permukaan akan menjadi lebih baik dengan menambah jumlah *chip* yang terbentuk per satuan waktu pada permukaan benda kerja. Dengan begitu menambah v dan C akan memperhalus hasil permukaan.

Kedalaman pemakanan dapat juga mempengaruhi gaya pada proses pengerindaan berlangsung, dapat dilihat dari rumus berikut (Groover 1996:602):

$$F_c = K \times \left(\frac{r_g \times v_w}{v \times C}\right)^{0.5} \times \left(\frac{d}{D}\right)^{0.25} \quad \text{.....(2 - 5)}$$

dimana :

v = kecepatan putar batu gerinda (mm/min)

r_g = *grain aspect ratio*

F_c = gaya pemakanan (N)

v_w = kecepatan putar benda kerja (m/min)

d = *kedalaman pemakanan* (mm)

C = *grit* per satuan luas permukaan batu gerinda (grit/mm^2)

D = diameter batu gerinda (mm)

K = konstanta yang bergantung pada kondisi permesinan berlangsung

Sesuai dalam penelitiannya Yusuf (2011), menyatakan gaya pemakanan mempunyai pengaruh terhadap spindle (poros) batu gerinda. Dengan adanya gaya pemakanan yang semakin membesar, maka seolah-olah poros batu gerinda memperoleh gaya tekan keatas yang berlawan terhadap gaya pemakanan yang menyebabkan terjadinya getaran dalam poros batu gerinda dan mengakibatkan kekasaran permukaan terhadap benda kerja.

2.8 Geram (*Chip*)

Tebal geram (untuk proses gerinda) merupakan tebal suatu pita material fiktif yang diumpamakan mengalir keluar dengan kecepatan yang memiliki nilai sama dengan kecepatan peripheral batu gerinda sebagai hasil proses dari penggerindaan untuk selapis material benda kerja yang dimana bergerak masuk dengan suatu kecepatan tertentu dimana azas kontinuitas volume tetap berlaku.

Kecepatan penghasilan geram (rate of removal) dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari Taufiq Rochim (1993:325) berikut:

$$Z = \pi d_w a_p v_{fa} \quad \text{.....(2-7)}$$

Dimana:

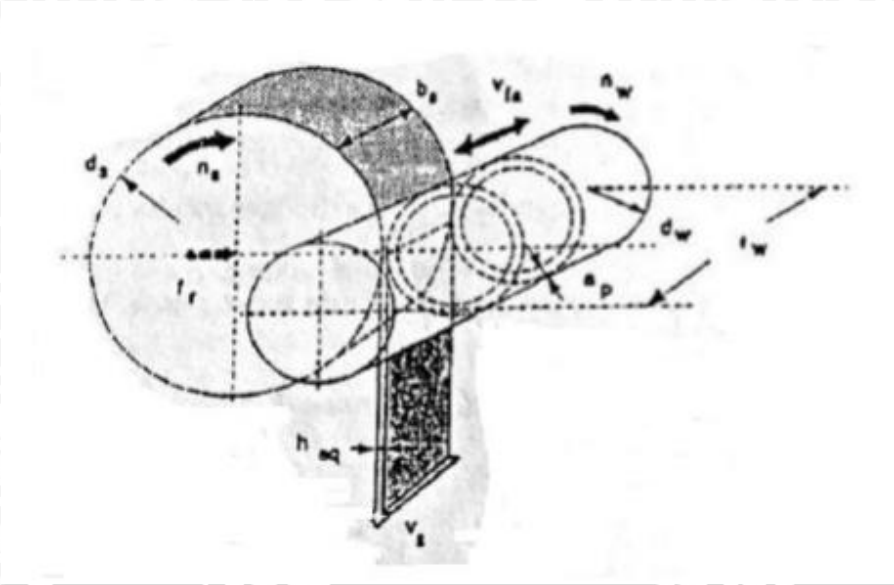
Z = kecepatan penghasilan geram (mm3/s)

d_w = diameter benda kerja (mm)

a_p = kedalaman penggerindaan (mm)

v_{fa} = kecepatan gerak melintang (mm/s)

Berdasarkan studi perbandingan yang dilakukan oleh badan riset internasional dalam bidang teknik produksi (CIRP, International Instituion for Engineering Research) telah disimpulkan mengenai adanya suatu parameter dasar proses gerinda yang kemudian dinamakan Tebal Geram Ekuivalen. Taufiq Rochim (1993) mendefinisikan tebal geram ekuivalen sebagai tebal suatu pita material fiktif yang diumpamakan mengalir keluar dengan kecepatan yang memiliki nilai sama dengan kecepatan peripheral batu gerinda sebagai hasil proses dari penggerindaan untuk selapis material benda kerja yang dimana bergerak masuk dengan suatu kecepatan tertentu dimana azas kontinuitas volume tetap berlaku. Adapun penentuan tebal geram ekuivalen untuk proses gerinda pemakanan melintang dijelaskan pada skema dan rumus sebagai berikut (Rochim 1993:378):



Gambar 2.6 Proses Penggerindaan Melintang
Sumber : Rochim (1993; 378)

$$h_{eq} = \frac{Z'}{v_s} = \frac{Z}{v_s \text{ x } b_s / 2} = \frac{\pi \text{ x } d_w \text{ x } a_p \text{ x } v_{fa}}{v_s \text{ x } b_s / 2} \quad \text{.....(2-8)}$$

Dimana :

d_w = diameter benda kerja (mm)

a_p = kedalaman penggerindaan sesungguhnya (mm)

Z = kecepatan penghasil geram (mm^3/s)

v_{fa} = kecepatan makan aksial (mm/s)

v_s = kecepatan pemakanan (m/s)

b_s = lebar batu gerinda (mm/s)

2.9 Kekasaran Permukaan

Menurut Takeshi Sato (1989) kekasaran permukaan dari suatu proses pengerjaan mesin bubut merupakan faktor yang sangat penting dan berpengaruh dalam bidang produksi manufaktur, yang mana dalam proses pengerjaan ini adalah untuk menjamin akurasi, mutu, dan kepresisian suatu komponen. Untuk memperoleh kualitas dari hasil pengerjaan pemesinan dari hasil permesinan mesin bubut diperlukan pengerjaan *finishing* dengan mengatur kecepatan putaran , *depth of cut* dan kecepatan laju pemakanan, yang memiliki tujuan untuk mencapai suatu nilai standar yaitu nilai kekasaran permukaan ratarata (Ra) dengan nilai tingkat kekasaran permukaan (N) tertentu. Dimana untuk menghitung nilai

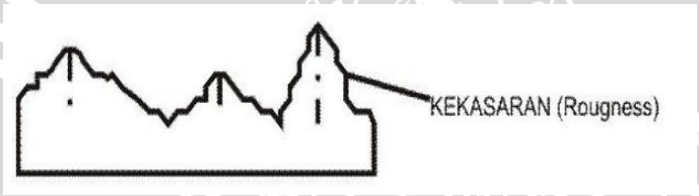
angka kekasaran permukaan rata-rata yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Rochim, 2001)

$$R_a = \frac{A1+A2+A3+\cdots An}{\mathrm{L}} = \frac{\sum A}{L} \quad \text{.....(2-9)}$$

Nilai Ra menurut Serope Kalpakjian (1984) adalah jumlah rata-rata puncak tertinggi dan terendah setiap gelombang serta berbanding terbalik dengan panjang sampel. Dan karakteristik geometri bentuk permukaan bila ditinjau dari profilnya dapat diuraikan menjadi dua macam diantaranya:

a. Permukaan yang kasar (*roughness*)

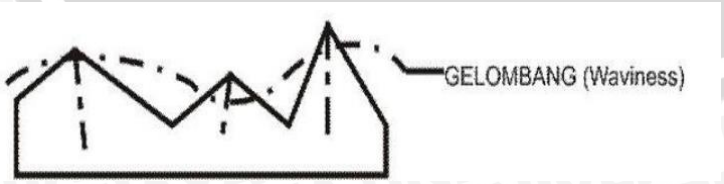
Permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena getaran pisau (pahat) potong atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (*feed*) pisau potong dalam proses pembuatannya.



Gambar 2.7 Permukaan yang Kasar
Sumber : Munadi (1988 : 225)

b. Permukaan yang bergelombang (*waviness*)

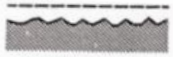
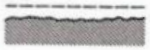
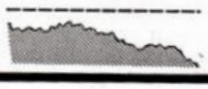
Pada gambar diatas menjabarkan permukaan yang bergelombang memiliki bentuk gelombang yang lebih panjang dan tak teratur yang dapat terjadi karena beberapa faktor misalnya posisi *center* yang tidak tepat, lalu adanya gerakan tidak lurus (non linier) dari pemakanan (*feed*), getaran mesin, tidak imbangnya (*balance*) batu gerinda, perlakuan panas (*heat treatment*) yang kurang baik, dan sebagainya.



Gambar 2.8 Permukaan yang Bergelombang
Sumber : Munadi (1988 : 225)

Secara lebih rinci lagi, ketidakteraturan dari suatu profil (konfigurasi penampang permukaan) dapat dilihat pada tabel 2.1.

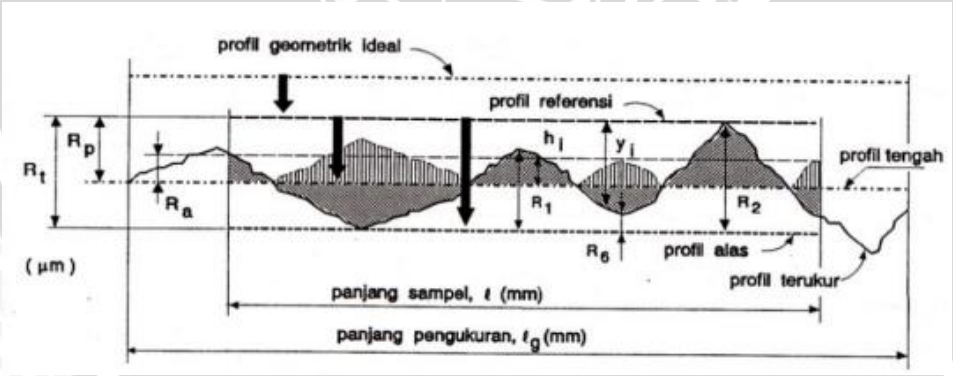
Tabel 2.1
Ketidakteraturan Suatu Profil

Tingkat	Profil terukur; bentuk grafik hasil pengukuran	Istilah	Contoh kemungkinan penyebabnya
1		Kesalahan bentuk (form error)	Kesalahan bidang-bidang pembimbing mesin perkakas dan benda kerja, kesalahan posisi pencekaman benda kerja,
2		Gelombang (waviness)	Kesalahan bentuk perkakas, kesalahan penyenteran perkakas, getaran dalam proses pemesinan.
3		Alur (grooves)	Jejak/bekas pemotongan (bentuk ujung pahat, gerak makan).
4		Serpihan (flakes)	Proses pembentukan geram, deformasi akibat proses pancar pasir, pembentukan module pada proses electroplating.
			Kombinasi ketidakteraturan dari tingkat 1 sampai dengan 4.

TEKNIK PRODUKSI, MESIN, FTI-ITB

Sumber : Rochim (2001 : 55)

Beberapa istilah profil dan parameter permukaan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.9 Posisi Kekasaran Permukaan
Sumber : Rochim (1993 : 56)

Profil permukaan merupakan bentuk garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan. Secara garis besar profil permukaan hasil proses pemesinan dapat dibagi menjadi bagian-bagian berikut:

1. Profil Geometris Ideal (*Geometrically Ideal Profile*)

Profil ini adalah profil dari suatu geometris permukaan ideal yang tidak mungkin didapat dikarenakan banyaknya jumlah faktor yang memiliki pengaruh ketika proses

pembuatannya. Bentuk dari profil geometris ideal dapat berupa garis lurus, lingkaran, maupun garis lengkung.

2. Profil Referensi (*Profile of Reference*)

Profil ini digunakan sebagai dasar ketika menganalisis karakteristik dari suatu permukaan. Memilki bentuk sama dengan bentuk profil geometris ideal, tetapi juga tepat menyinggung puncak tertinggi dari sebuah profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam suatu pengukuran.

3. Profil Terukur (*Measured Profile*)

Profil terukur merupakan profil dari suatu permukaan yang didapat melalui proses pengukuran. Profil inilah yang kelak dijadikan data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan suatu produk pemesinan.

4. Profile Alas (*Root Profile*)

Profil alas ialah profil referensi yang digeser kebawah sehingga jatuh tepat pada titik paling rendah pada sebuah profil terukur.

5. Profile Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah ialah profil yang berada ditengah-tengah dengan posisi yang mana sedemikian rupa sehingga jumlah luasan bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur. Profil tengah ini aktualnya merupakan profil referensi yang digeserkan ke bawah dengan suatu arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal sampai pada batas tertentu yang membagi luas penampang permukaan menjadi dua bagian yang sama yaitu atas dan bawah.

6. Kedalaman Total (*Peak to Valley*), Rt

Kedalaman total merupakan besar jarak dari profil referensi sampai dengan profil dasar. Memiliki satuan micron (μm).

7. Kedalaman Perataan (*Peak to Mean Line*), Rp

Kedalaman perataan (Rp) merupakan jarak rata-rata dari profil referensi hingga profil terukur. Dijelaskan pula bahwa kedalaman perataan merupakan jarak antara profil tengah dengan profil referensi.

8. Kekasaran Rata-rata aritmetis *(mean roughness index)*, Ra

Merupakan harga rata-rata aritmetis dari harga absolut antara profil terukur dengan profil tengah.

9. Kekasaran Rata-rata Kuadratif *(root mean square height)*, Rg

Merupakan akar dari jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.

Pada penulisan nilai kekasaran permukaan, ditetapkan nilai kekasaran permukaan sesuai standar ISO yang dapat dilihat pada tabel berikut :

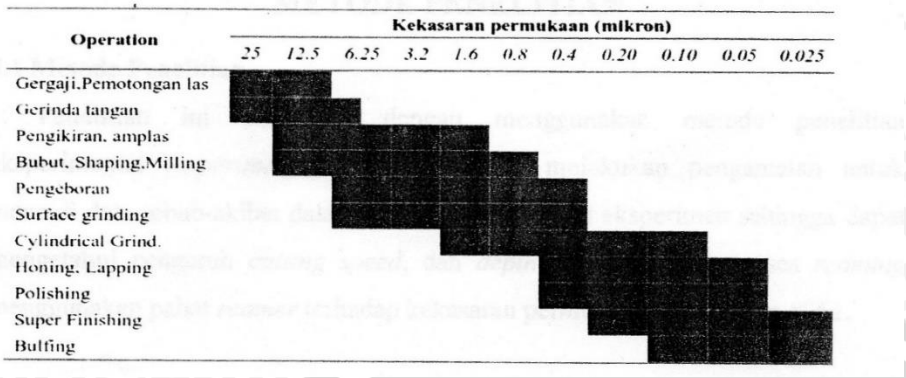
Tabel 2.2
Angka kekasaran menurut standar ISO (ISO *roughness number)* dan panjang sampel standar

Harga Kekasaran Ra (µm)	Angka Kelas Kekasaran	Panjang Sampel (mm)
50 25	N12 N11	8
12.5 6.3	N10 N9	2.5
3.2 1.6 0.8 0.4	N8 N7 N6 N5	0.8
0.2 0.1 0.05	N4 N3 N2	0.25
0.025	N1	0.08

Sumber : Rochim (1993 : 76)

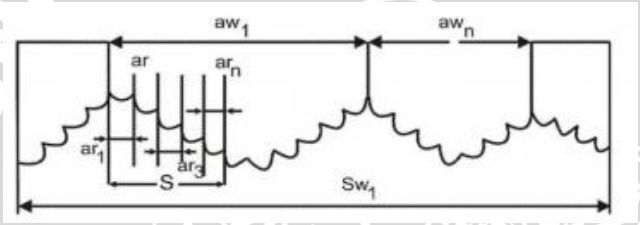
Tabel 2.2 merupakan nilai interval kekasaran permukaan proses pemotongan dari beberapa proses permesinan. Interval nilai kekasaran ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam memproduksi suatu barang. Dan untuk menjelaskan kemampuan proses permesinan dalam menghasilkan nilai kekasaran pada benda hasil proses mesin dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2.3
Kemampuan Proses Mesin untuk Kekasaran Permukaan



Sumber : (Rao, 2009 : 79)

2.10 Parameter Permukaan



Gambar 2.10 Parameter Lebar Gelombang dan Lebar Kekasaran
Sumber : Munadi (1988 : 255)

Pada Gambar di atas menjelaskan beberapa parameter yang bisa digunakan untuk menjelaskan ketidakteraturan permukaan adalah :

1. Lebar Gelombang (*Waviness Width*), Aw

Lebar gelombang ialah jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak ar1 yang berposisi di antara dua puncak gelombang pada suatu profil terukur yang terletak berdekatan dengan panjang sampel pengukuran sw. Memiliki satuan millimeter (mm).

2. Lebar Kekasaran (Roughness Width), Ar

Lebar kekasaran merupakan jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak ari yang terletak diantara dua puncak kekasaran pada profil terukur yang terletak berdekatan dengan panjang sampel pengukuran s. Memiliki satuan millimeter (mm)

2.11 Hipotesa

Semakin besarnya kecepatan pemakanan (*Feed Rate)* maka nilai kekasaran akan semakin besar. Hal ini disebabkan dalam hubungannya dengan kekasaran permukaan, semakin besar *feed motion* menyebabkan jarak antar puncak sayatan pada benda kerja

semakin jauh sehingga kekasaran permukaannya semakin besar. Dan semakin berkurangnya kecepatan pemakanan maka nilai kekasaran yang dihasilkan semakin kecil.

Semakin tinggi kedalaman pemakanan (*Depth of Cut)* maka kekasaran permukaan benda kerja semakin meningkat, dimana nilai *Depth of Cut* berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan hasil proses pemakanan dikarenakan adanya perubahan luas penampang chip sehingga gaya pemotongan pun berubah. Jika *Depth of Cut* semakin besar maka luas penampang chip yang dihasilkan akan meningkat yang mengakibatkan gaya pemotongan semakin besar.