

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Chavan et al (2015) melakukan perancangan dan pembuatan alat tambahan (*attachment*) untuk mesin bubut konvensional. Chavan et al. (2015) membahas mengenai beberapa parameter yang digunakan untuk membuat alat tambahan gerinda untuk mesin bubut konvensional antara lain batu gerinda yang digunakan adalah A60P5V99 dengan diameter 150 mm, motor yang digunakan adalah motor AC 3 fase dengan tenaga 0,75 HP dan rpm 2880. Agar desain perancangan mencapai hasil permukaan akhir yang sebaik 20 microns harus mengikuti 3 faktor utama antara lain adalah menggunakan *belt* yang memiliki *damping ratio* 0,05, kekakuan dari gerinda *toolpost* terhadap kecepatan tinggi motor. Kemudian bentuk silinder dari benda kerja, ini untuk mempertahankan bentuk silinder penampang daerah konstan secara keseluruhan selain itu untuk mempertahankan bentuk melingkar karena pada saat penggerindaan terjadi difleksi pada poros sehingga dapat mempengaruhi hasil penggerinda. Parameter yang terakhir adalah fabrikasi yang meliputi *frame*, *coupling*, *shaft* dan *assembling*.

Kumar (2015) melakukan percobaan mengenai pembuatan gerinda silinder pada modifikasi mesin bubut dan pengoptimasian dari parameter gerinda dengan menggunakan analisis regresi. Pada percobaan ini persamaan regresi untuk kekasaran permukaan akan berguna dalam domain masuk untuk berbagai masukan, regresi analisis membantu kita untuk memahami bagaimana nilai khas perubahan variabel dependen ketika salah satu dari variabel independen bervariasi, sedangkan variabel independen lainnya tetap dilaksanakan sama. Dengan mengaplikasikan analisis regresi dalam keadaan kering dan basah kita dapat menemukan nilai-nilai masukan yang maksimal untuk mendapatkan permukaan akhir yang baik.

Yanis (2010) dalam jurnalnya menjelaskan mesin bubut dapat ditingkatkan kemampuannya untuk mengerjakan proses *freis*. Dengan menambahkan alat bantu cekam (*fixture*) yang dibuat atas dua bagian utama yaitu poros pemegang pahat dan pencekam benda kerja. Poros pemegang pahat dirancang khusus akan dilekatkan pada spindel yang dapat mencekam berbagai jenis pahat *freis*. Sementara itu pencekam benda kerja digunakan untuk memegang benda kerja yang dilekatkan padaudukan pahat (*carriage*) sebagai

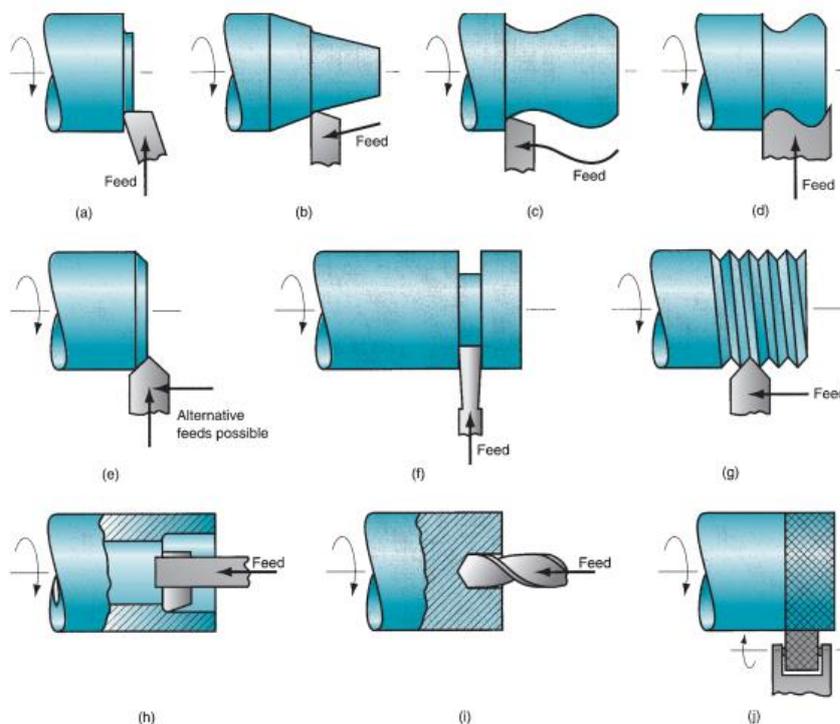
pengganti posisi pahat, jadi dalam hal ini pahat dan pemegangnya dilepas. Kemampuan alat dalam melakukan pekerjaan *freis* dapat diandalkan, hal ini terlihat dari hasil pengujian dengan bervariasi putaran spindel yang mana hasil permesinan yang dilakukan sesuai dengan teori yaitu hasil yang didapat menunjukkan bahwa proses *freis* naik (*Up milling*) nilainya lebih besar dari *freis* turun (*Down milling*).

2.2 Pembubutan

Pembubutan adalah proses permesinan yang memiliki alat potong untuk memindahkan material dari permukaan benda kerja yang berputar, alat potong bekerja bergerak memakan dalam arah paralel terhadap sumbu aksis dari putaran untuk menghasilkan geometri silinder pada benda kerja.

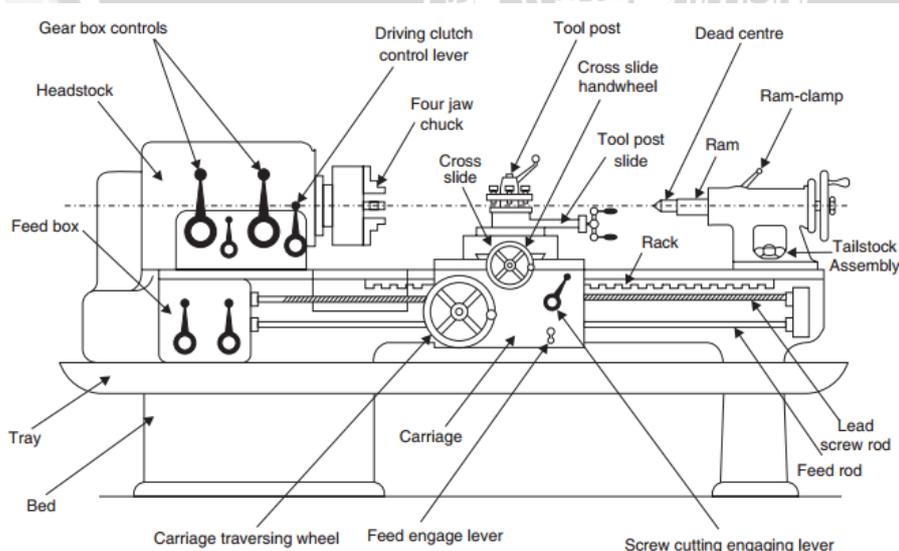
2.2.1 Mesin Bubut Konvensional

Mesin bubut konvensional adalah mesin yang digunakan untuk membuat benda dengan bentuk silindris, yang mana benda kerja berputar terhadap *cutting tool*. Mekanisme mesin bubut adalah mengubah energi listrik menjadi gerakan putar pada motor listrik kemudian ditransmisikan ke mekanisme gerak mesin bubut. Mesin bubut dapat bekerja dalam beberapa operasi permesinan antara lain adalah:



Gambar 2.1 Operasi permesinan yang dapat dilakukan mesin bubut.
Sumber : Groover Mikell P. (2010, p.512).

- a) *Facing* yaitu proses pemakanan yang dilakukan pada tepi penampang atau gerak lurus terhadap sumbu benda kerja, sehingga diperoleh permukaan yang rata.
- b) *Taper Turning* yaitu proses pembubutan yang dilakukan sepanjang garis sumbu yang menghasilkan benda berbentuk konikal.
- c) *Contour turning* yaitu proses pembubutan yang mana pahat bergerak mengikuti bentuk lain selain bentuk lurus, sehingga benda kerja memiliki bentuk sesuai dengan *contour* yang diciptakan.
- d) *Form Turning/profile*, dalam operasi ini terkadang disebut *forming*, pahat ini memiliki bentuk yang disampaikan ke benda kerja dengan memasukkan pahat dengan cepat secara radial ke benda kerja sehingga bentuk benda kerja menyerupai pahat.
- e) *Chamfering*, bagian tepi dari pahat yang digunakan untuk memotong sudut dari ujung silinder, membentuk apa yang disebut '*chamfer*'.
- f) *Cut off*, Pahat memakan secara radial terhadap gaya putar pada lokasi yang sama sepanjang sumbu benda untuk memotong bagian akhir. Operasi ini terkadang disebut *parting*.
- g) *Threading*, adalah pembubutan ulir dengan pahat ulir.
- h) *Boring*, memperbesar lubang yang sudah ada sebelumnya.
- i) *Drilling*, proses pemakanan dengan menggunakan mata bor sehingga diperoleh lubang pada benda kerja.
- j) *Knurling*, proses pembubutan luar yang bertujuan untuk membubut profil pada permukaan benda kerja.



Gambar 2.2 : Bagian-bagian mesin bubut.
Sumber : H.N. Gupta (2009, p.92).

Mesin bubut memiliki bagian-bagian utama antara lain:

1. *Machine bed*, untuk menopang semua bagian dari pada mesin bubut.
2. *Headstock*, berisi unit *drive* untuk memutar spindel, yang menghasilkan gerakan putar.
3. *Tailstock*, digunakan untuk membantu menahan ujung benda kerja, selain itu dapat digunakan untuk memegang *tool* pada saat pengerjaan *drilling*.
4. *Tool post*, digunakan untuk memegang pahat.
5. *Carriage*, didesain untuk menggerakkan pahat sesuai sumbu aksial.
6. *Chuck*, merupakan bagian dari mesin bubut yang berfungsi untuk memegang benda kerja agar tidak berubah posisi pada saat pembubutan.
7. *Cutting tool*, berfungsi untuk menyayat atau memotong benda kerja.

2.2.2 Jenis-Jenis Mesin Bubut Konvensional

Mesin bubut konvensional bekerja berputar bersamaan dengan *chuck* yang mana motor mesin ini tersambung dengan berbagai macam roda gigi dan poros. Mesin bubut memiliki gerakan longitudinal dan transversal. Ada banyak macam mesin bubut tetapi biasanya diklasifikasikan ke dalam 6 macam antara lain:

1. *Speed Lathes*

Mesin bubut ini merupakan mesin bubut yang paling sederhana dan mudah dimengerti oleh umum. Seperti namanya mengindikasikan dapat menghasilkan kecepatan yang sangat tinggi. Mesin bubut ini tidak memiliki *tool post*, *feed rod*, dan *lead screw*. Penggunaan mesin bubut ini dengan cara *cutting tool* dipegang oleh operator, mesin bubut ini secara umum digunakan untuk pengerjaan kayu, *metal spinning* dan *polishing*.

2. *Engine Lathes*

Mesin bubut ini memiliki kesamaan dengan *speed lathe*, *Engine lathes* memiliki mekanisme tambahan untuk memproduksi dalam sejumlah ukuran kecepatan. Beberapa bagian *speed lathes* seperti *lead screw*, *feed rod*, *tool post* terdapat juga pada mesin ini.

3. *Bench Lathes*

Mesin ini adalah mesin bubut yang kecil dan biasanya dipasangkan di sebuah bangku/meja. Mesin ini terdiri atas semua bagian *engine lathe* tetapi perbedaannya adalah terletak pada ukuran. Mesin bubut ini berukuran kecil dan biasanya digunakan untuk mengerjakan benda kecil dan presisi.

4. *Toolroom Lathes*

Mesin ini memiliki kesamaan ciri dengan *engine lathe* tetapi dibuat lebih akurat dan jangkauan ukuran kecepatannya dapat dihasilkan berkisar dari yang kecil sampai yang paling tinggi sekitar 2500 rpm. Mesin ini memiliki banyak alat tambahan seperti *chuck*, peralatan *taper turning*, pompa untuk *coolant* dan yang lainnya. Mesin ini digunakan untuk melakukan pengerjaan presisi seperti *tools dies* dsbg. *Toolroom lathe* lebih mahal jika dibandingkan dengan *engine lathe* pada ukuran yang sama.

5. *Capstan and Turret Lathes*

Mesin ini pengembangan dari mesin *engine lathe*. Mesin bubut ini dapat diaplikasikan pada pekerjaan produksi. Pada mesin bubut ini, *tail stock* diganti dengan turet hexagonal. Berdasarkan pada cara turet dipasang, mesin ini diklasifikasikan kedalam mesin bubut capstan dan turet. Mesin bubut ini dapat digunakan untuk menggandakan benda atau membuat benda yang sama (duplikat).

6. *Special Purpose Lathes*

Seperti namanya mesin bubut ini dirancang untuk sebuah tujuan khusus. Mesin ini tidak digunakan secara umum karena memiliki tugas produksi yang unik. Mesin tipe ini digunakan untuk memproduksi secara masal.

2.3 Gerinda

Sebuah batu gerinda dibuat dari ribuan partikel kecil abrasif yang tertanam dalam sebuah matrik yang disebut dengan ikatan. Partikel abrasif merupakan partikel yang memiliki kekerasan tertinggi kedua setelah berlian. Bagian tepi partikel abrasif yang berada pada pinggiran batu gerinda dan berputar mereka akan menjadi alat pemotong ketika bersentuhan dengan material. Dengan mata telanjang material yang terpotong akan terlihat seperti debu logam yang bercampur dengan bubuk dari batu gerinda. Namun, dilihat dengan lensa pembesar, debu logam menunjukkan karakteristik dari *chip* logam yang dihasilkan dalam proses permesinan yang lain.

2.3.1 Pengertian Penggerindaan

Penggerindaan adalah proses pemindahan material yang dilakukan dengan menggunakan partikel abrasif yang berpadat pada batu gerinda yang berputar pada kecepatan yang tinggi. Ketika batu gerinda bersentuhan dengan benda kerja, tiap partikel abrasif akan memotong *chip* dari benda kerja. Mesin gerinda biasanya digunakan untuk *roughing* dan *finishing* permukaan rata, silinder dan konikal; *finishing* silinder dalam atau mengebor,

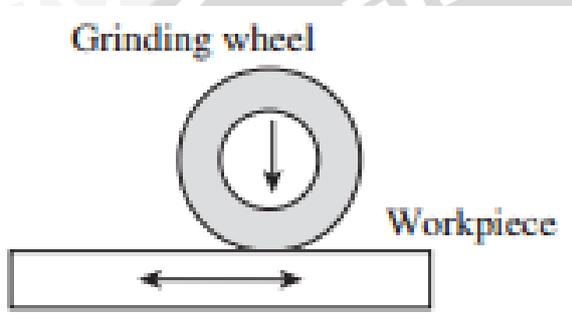
pembuatan dan pembentukan *cutting tool*; menghilangkan benjolan kasar; untuk membersihkan, memoles dan mengkilapkan permukaan.

2.3.2 Macam-Macam Gerinda

1. Mesin Gerinda Permukaan Datar (*Flat Surface Grinding*)

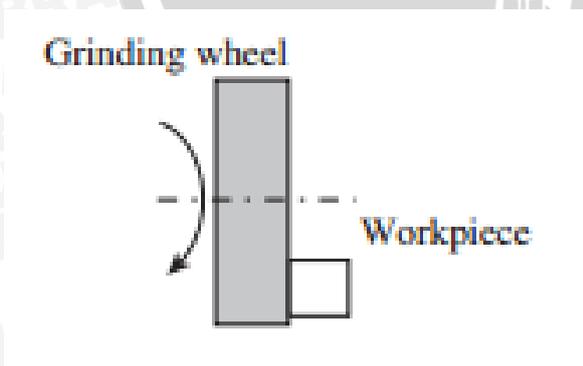
Penggerindaan datar adalah suatu teknik penggerindaan yang mengacu pada pembuatan bentuk datar dan permukaan yang tidak rata pada sebuah benda kerja yang berada dibawah batu gerinda yang berputar. Mesin gerinda permukaan datar memiliki dasar gerak proses penggerindaan yaitu:

a. *Peripheral Surface Grinding*



Gambar 2.3 Ilustrasi gerakan *peripheral surface grinding*.
Sumber : W. Brian Rowe (2009, p.19).

b. *Face Surface Grinding*



Gambar 2.4 Ilustrasi gerakan *face surface grinding*.
Sumber : W. Brian Rowe (2009, p.19).

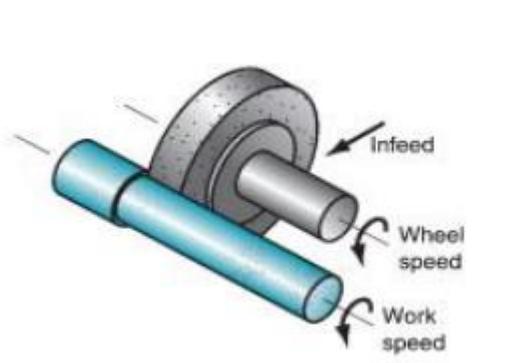
2. Mesin Gerinda Silindris (*Cylindrical Grinding*)

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. Berdasarkan konstruksi mesinnya, mesin gerinda silindris dibedakan mejadi menjadi dua, yaitu:

a. Mesin Gerinda Silindris Luar

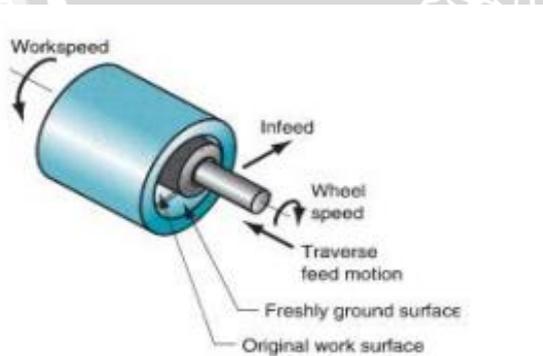
Dengan gerakan penggerindaan memanjang (longitudinal) dan melintang (*plunge*) mesin gerinda ini cocok untuk pengerjaan poros (*shaft*).



Gambar 2.5 Ilustrasi proses gerinda silindris luar.
Sumber : Groover Mikell.P, (2010, p.617).

b. Mesin Gerinda Silindris Dalam

Mesin gerinda ini berfungsi untuk pengerjaan lubang-lubang yang berbentuk silindris dan tirus. Pada dasarnya gerakan pada mesin gerinda silindris dalam sama dengan mesin gerinda silindris luar, namun putaran roda gerinda lebih cepat karena diameter roda gerinda yang digunakan kecil.



Gambar 2.6 Ilustrasi proses gerinda silindris dalam.
Sumber : Groover Mikell.P, (2010, p.617).

2.4 Batu Gerinda

Batu gerinda terdiri dari partikel abrasif dan bahan pengikat. Bahan pengikat menahan partikel tetap dan membuat bentuk dan struktur dari batu gerinda. Dalam bukunya Groover (2010) menyebutkan partikel abrasif dan bahan pengikat menentukan lima parameter dasar dari batu gerinda antara lain:

1. Partikel abrasif (*abrasive material*)

Partikel abrasif adalah sebuah material kasar yang dapat memotong substansi lain. Sifat umum partikel abrasif pada sebuah batu gerinda harus memiliki kekerasan yang tinggi, ketahanan aus, ketangguhan dan *friability*. *Friability* disini mengacu pada kapasitas dari partikel abrasif untuk patah ketika tepi pemotongan dari partikel abrasif menjadi tumpul sehingga memunculkan tepi potong tajam yang baru. Terdapat beberapa jenis partikel abrasif yang umum digunakan sebagai bahan batu gerinda, yaitu *aluminium oxide* (Al_2O_3), *silicon carbide* (SiC), *cubic boron nitride* (cBN), dan *diamond*.

a. *Aluminium Oxide* (Al_2O_3)

Dibuat dengan memurnikan biji bauksit dalam dapur listrik, untuk menghilangkan kandungan air pada biji bauksit digunakan batu bara dan besi yang dicampur kemudian dipanaskan pada dapur listrik sehingga menjadi aluminium oksida murni yang sangat keras. Penggunaan bahan ini untuk penggerindaan baja paduan yang keras, penggerindaan pahat, dll.

b. *Silicon Carbide* (SiC)

Pembuatan *silicon carbide* dilakukan dengan mencampur silika putih, batu bara, garam dan serbuk kayu yang kemudian dipanaskan dalam dapur listrik. Biasanya digunakan untuk penggerindaan besi tuang kelabu.

c. *Cubic Boron Nitride* (cBN)

Merupakan jenis serbuk abrasif buatan manusia, kekerasannya sekitar dua kali kekerasan aluminium oksida. Biasanya digunakan untuk penggerindaan baja perkakas yang telah dikeraskan.

d. *Diamond*

Partikel abrasif *diamond* terbentuk secara natural dan juga terbuat secara sintetis. Batu gerinda dengan bahan abrasif ini umumnya digunakan untuk penggerindaan baja.

2. Ukuran butir (*Grain Size*).

Ukuran butiran dari partikel abrasif merupakan hal penting dalam menentukan permukaan akhir dan laju pemindahan material. Ukuran grit yang kecil menghasilkan akhir yang lebih baik, sedangkan ukuran grit yang lebih besar membuat laju pemindahan material lebih besar. Pemilihan ukuran grit juga tergantung pada batas tertentu pada kekerasan dari benda kerja. Benda kerja yang lebih keras memerlukan ukuran butir

yang lebih kecil untuk memotong secara efektif, sedangkan benda kerja yang lebih lembut membutuhkan ukuran butir yang lebih besar.

3. **Bahan pengikat (*Bond Materials*).**

Bahan pengikat menahan butir abrasif dan membuat bentuk dan menetapkan bentuk dari batu gerinda. Sifat yang diinginkan dari bahan pengikat adalah kekuatan, ketahanan, kekerasan dan ketahanan temperatur. Bahan pengikat harus dapat menahan gaya sentrifugal dan temperatur tinggi yang dialami batu gerinda, tahan terhadap beban kejutan, dan menahan kekakuan butir abrasif dalam tempatnya untuk menyelesaikan gerakan memotong ketika butir yang lama telah habis dan memunculkan butir abrasif yang baru. Ada beberapa jenis bahan pengikat yang umum digunakan, antara lain:

a. *Vitrified* (keramik)

Sebagian besar batu gerinda memiliki ikatan vetrifikasi. Ikatan vetrifikasi batu tidak berpengaruh terhadap panas atau dingin tetapi tidak tahan terhadap beban kejutan atau fluktuasi temperatur yang besar. Tidak mudah dipengaruhi oleh cairan pendingin.

b. *Resinoid*

Ikatan resinoid kuat dan tahan dengan temperatur yang tinggi. Ikatan ini digunakan untuk batu gerinda dengan kecepatan putar yang tinggi seperti halnya didapatkan pada pabrik penuangan dan pengelasan dan juga penggerindaan ulir.

c. *Rubber*

Termasuk jenis polimer dengan sifat elastisitas yang melebihi keramik, tahan terhadap beban kejutan. Digunakan dalam proses penggerindaan dengan hasil kehalusan permukaan yang tinggi seperti alur dari bantalan peluncur.

d. *Shellac*

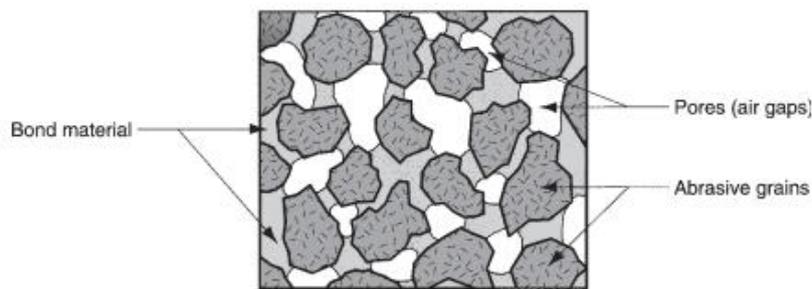
Memungkinkan untuk penggerindaan yang halus seperti pada pengerjaan akhir dari produk baja.

e. *Silicate*

Partikel abrasif *silicate* mudah terlepas sehingga hanya sesuai untuk batu gerinda yang besar.

4. ***Wheel Structure and Wheel Grade.***

Wheel structure mengacu pada jarak relatif dari butir abrasif pada batu gerinda. Selain butir abrasif dan bahan pengikat, batu gerinda terdiri dari celah udara atau pori-pori.



Gambar 2.7 Struktur batu gerinda.
Sumber : Groover Mikell P. (2010, p.607).

Wheel grade mengindikasikan kekuatan ikatan batu gerinda dalam menahan grit abrasif selama pemotongan. Ini tergantung pada jumlah bahan pengikat yang ada dalam struktur batu gerinda. *Grade* diukur pada skala antara lembut dan keras. Batu gerinda lembut segera kehilangan butiran, sedangkan batu gerinda kasar menahan butiran abrasifnya. Batu gerinda lembut umumnya digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan laju pemindahan material yang rendah dan penggerindaan. Batu gerinda keras khusus digunakan untuk mencapai laju pemindahan yang tinggi.

30	A	46	H	6	V	XX
<p>Manufacturer's private marking for wheel (optional). Bond type: B = Resinoid, BF = resinoid reinforced, E = Shellac, R = Rubber, RF = rubber reinforced, S = Silicate, V = Vitrified. Structure: Scale ranges from 1 to 15: 1 = very dense structure, 15 = very open structure. Grade: Scale ranges from A to Z: A = soft, M = medium, Z = hard. Grain size: Coarse = grit sizes 8 to 24, Medium = grit sizes 30 to 60, Fine = grit sizes 70 to 180, Very fine = grit sizes 220 to 600. Abrasive type: A = aluminum oxide, C = silicon carbide. Prefix: Manufacturer's symbol for abrasive (optional).</p>						

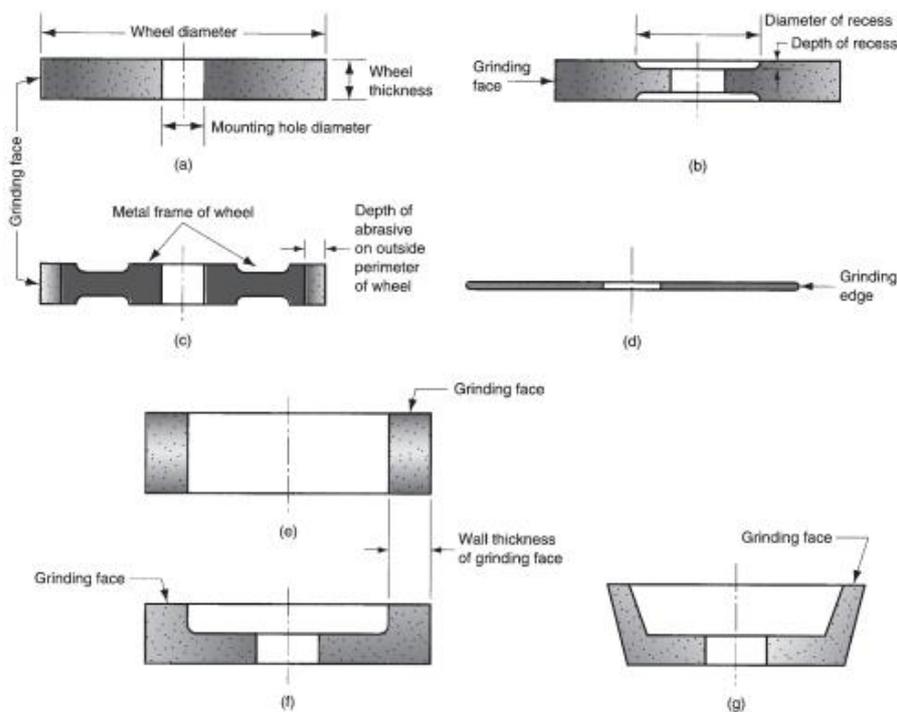
Gambar 2.8 Contoh sistem penamaan untuk batu gerinda konvensional yang didefinisikan oleh ANZI standar B74.13-1977.

Sumber : Groover Mikell P. (2010, p.608).

5. Spesifikasi Batu gerinda (*Grinding Wheel Specification*)

Parameter sebelumnya dapat ditunjuk secara ringkas dalam sistem penanda batu gerinda standar oleh *American National Standards Institute* (ANZI). Sistem penandaan ini menggunakan angka dan huruf untuk menetapkan tipe abrasif, ukuran grit, grade,

struktur dan bahan pengikat. Sistem ini juga menyertakan identifikasi tambahan yang akan digunakan oleh pembuat batu gerinda.



Gambar 2.9 Beberapa bentuk standar batu gerinda: (a) *Straight*, (b) *recessed two sides*, (c) *metal wheel frame with abrasive bonded to outside circumference*, (d) *abrasive cut off wheel*, (e) *cylinder wheel*, (f) *straight cup wheel*, dan (g) *flaring cup wheel*.
Sumber: Groover Mikell P. (2010, p.609).

2.5 Baja Karbon

Baja karbon merupakan salah satu jenis material baja paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe) sebagai unsur dasar dan Karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti Sulfur, fosfor, silikon, mangan dan unsur kimia yang lainnya. Kandungan karbon dalam baja karbon berfungsi sebagai unsur peneras dalam struktur baja.

Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan sebagainya. Berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon, baja karbon dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

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

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan

keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan komponen struktur bangunan.

2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja karbon dengan persentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% - 0,59% C. Baja karbon ini memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan komponen mesin.

3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja karbon yang memiliki kandungan karbon sebesar 0,6% - 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 dari pada baja karbon lainnya. Baja karbon tinggi biasanya digunakan untuk pembuatan alat-alat perkakas.

2.5.1 Baja ST 41

Baja ST 41 adalah merupakan baja yang memiliki kekuatan tarik maksimum 41 kg/mm². Kekuatan tarik ini adalah kemampuan maksimum baja sebelum mengalami patah. Baja ST 41 memiliki struktur butir yang halus dan dapat dilakukan dalam pengerjaan panas dan pengerjaan dingin. Kekuatan tarik *yield* (σ_y) baja harganya berada dibawah kekuatan tarik maksimumnya. Baja pada batas kemampuan *yield* merupakan titik awal dimana sifatnya mulai berubah dari elastis menjadi plastis. Dari segi kandungan karbonnya baja ST 41 merupakan baja karbon rendah dengan persentasi 0,14 - 0,19%.

2.6 *Tool post*

Tool post merupakan tempat dudukan pahat bubut dengan menggunakan pemegang pahat. *Tool post* juga dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan misalnya digunakan sebagai tempat pahat *boring tool*, *grouping tool*, atau bahkan dapat digunakan untuk batu gerinda dengan spesifikasi yang telah disesuaikan sebelumnya.

2.7 Kecepatan Putar Spindel

Proses penggerindaan gerinda *tool post* pada mesin bubut konvensional memiliki putaran spindel tersendiri. Batu gerinda yang dipasang pada spindel/poros utama gerinda

tool post berputar bergantung pada diameter batu gerinda dan putarannya. Kecepatan periferal pada tepi batu gerinda pada mesin gerinda silindris dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$V_s = \frac{\pi d_s n_s}{60000} \dots\dots\dots (2-1)$$

(Rochim, 1993)

Keterangan:

V_s = Kecepatan periferal batu gerinda, biasanya berharga sekitar 20 s/d 60 m/s

d_s = diameter batu gerinda (mm)

n_s = putaran batu gerinda (rpm)

Proses gerinda silindris yang dilakukan dengan mesin gerinda silindris memerlukan putaran benda kerja. Rochim (1993) mendefinisikan kecepatan periferal benda kerja yaitu:

$$V_w = \frac{\pi d_w n_w}{60000} \dots\dots\dots (2-2)$$

(Rochim, 1993)

Keterangan:

V_w = Kecepatan periferal benda kerja (m/s)

d_w = diameter (awal) benda kerja (mm)

n_w = putaran benda kerja (rpm)

Pada proses gerinda silindris kecepatan putar benda kerja yang semakin tinggi memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja sehingga membuat permukaan benda kerja semakin halus (Arief, 2015).

2.8 Geram (*chip*)

Kecepatan penghasiian geram (*rate of removal*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Z = \pi d_w a_p v_{fa} \dots\dots\dots (2-3)$$

(Rochim, 1993)

Keterangan:

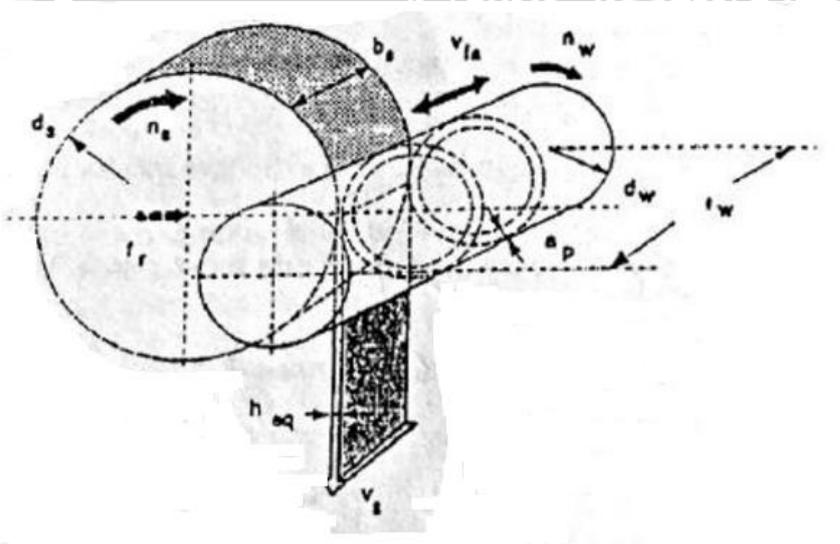
Z = kecepatan penghasilan geram (mm^3/s)

d_w = diameter benda kerja (mm)

a_p = kedalaman penggerindaan (mm)

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

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



Gambar 2.10 Proses gerinda pemakanan melintang.

Sumber : Rochim (1993, p.378).

$$h_{eq} = \frac{\pi d_w a_p v_{fa}}{v_s b_s / 2} \text{ (}\mu\text{m)} \dots \dots \dots (2-4)$$

(Rochim, 1993)

Keterangan:

d_w = diameter benda kerja (mm)

a_p = kedalaman penggerindaan sesungguhnya (mm)

$$= f_r / (1+k)$$

k = $d_w l_w / (G d_s b_s)$

v_{fa} = kecepatan pemakanan (gerak translasi benda kerja) (mm/s)

v_s = kecepatan periferil batu gerinda (m/s)

b_s = lebar batu gerinda; dalam hal ini karena batu gerinda juga bergerak dalam arah aksial maka dianggap lebar batu gerinda yang aktif menggerinda hanya setengahnya

Berikut adalah rumus kekasaran permukaan untuk penggerindaan:

$$R_a = R_1 h_{e_q}^r \text{ (}\mu\text{m)} \dots \dots \dots (2-5)$$

(Rochim, 1993):

Keterangan:

R_a = Kekasaran Permukaan (R_a)

R_1 = Nilai Konstanta

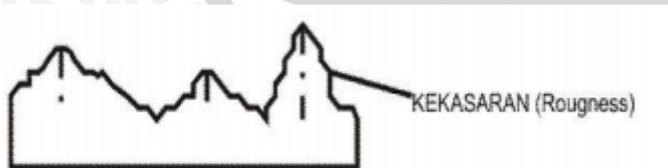
h_{e_q} = Tebal geram ekuivalen

2.9 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata profil. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga dari rata-rata kekasaran permukaan. 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 2.11 Permukaan yang kasar.

Sumber: Munadi (1988, p.225).



b. Permukaan yang bergelombang (*waviness*)

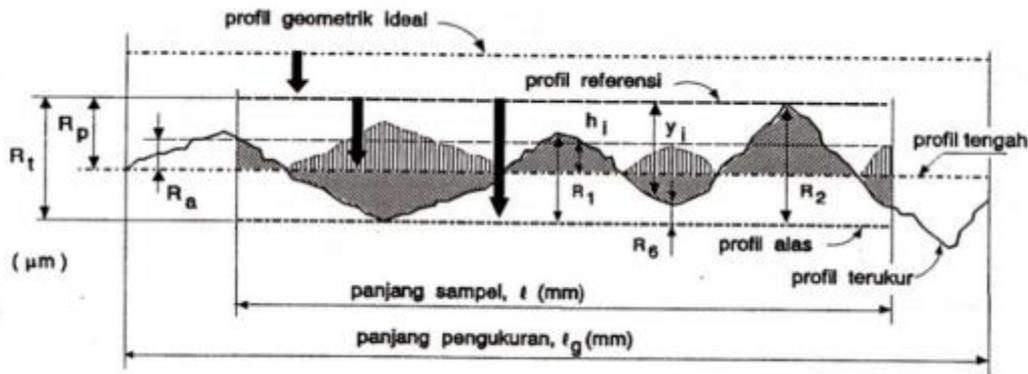
Pada gambar di atas menjelaskan permukaan yang bergelombang mempunyai bentuk gelombang yang lebih panjang dan tidak teratur yang dapat terjadi karena beberapa faktor misalnya posisi senter yang tidak tepat, adanya gerakan tidak lurus (non linier) dari pemakanan (*feed*), getaran mesin, tidak imbangnya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



Gambar 2.12 Permukaan yang bergelombang.

Sumber: Munadi (1988, p.225).

2.10 Profil Permukaan



Gambar 2.13 Posisi profil referensi, profil tengah dan profil dasar terhadap profil terukur untuk satu panjang sampel.

Sumber : Rochim (2001, p.56).

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

Profil ini merupakan profil dari geometris permukaan yang ideal yang tidak mungkin diperoleh dikarenakan banyaknya faktor yang mempengaruhi dalam proses pembuatannya. Bentuk dari profil geometris ideal ini dapat berupa garis lurus, lingkaran, dan garis lengkung.

2. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Profil ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteristik dari suatu permukaan. bentuknya sama dengan bentuk profil geometris ideal, tetapi tepat

menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam pengukuran.

3. Profil Terukur (*measured profile*)

Profil terukur adalah profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran. Profil inilah yang dijadikan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan produk permesinan.

4. Profile Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah adalah profil yang berada ditengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur. Profil tengah ini sebetulnya merupakan profil referensi yang digeserkan kebawah dengan 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.

2.11 Parameter Kekasaran Permukaan

Berdasarkan profil-profil yang ada, didapat beberapa parameter permukaan yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak dan arah memanjang/mendatar.

1. Kekasaran total (*Peak to Valley*), R_t

Kekasaran total ini adalah besarnya jarak dari profil referensi sampai dengan profil alas. Satuannya adalah dalam *micron* (μm). (Lihat gambar 2.19)

2. Kekasaran Perataan (*Peak to Mean Line*), R_p

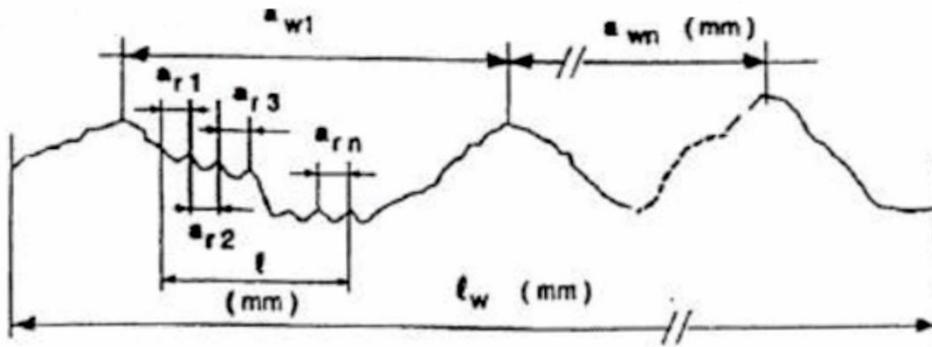
Kekasaran perataan (R_p) merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur (μm). Bila juga dikatakan bahwa kekasaran perataan merupakan jarak antara profil tengah dengan profil referensi. (Lihat gambar 2.19)

3. Kekasaran Rata-rata Aritmetik, R_a

Kekasaran Aritmetik (R_a) adalah harga rata-rata aritmetik bagi harga absolutnya jarak antara profil terukur dengan profil tengah (μm). (Lihat gambar 2.19)

4. Kekasaran Total Rata-rata, R_z

Merupakan jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.



Gambar 2.14 Lebar gelombang dan lebar kekasaran.
sumber : Rochim (2001, p.57).

5. Lebar gelombang (*Waviness Width*), A_w (mm)

Lebar gelombang adalah jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak a_{wi} yang terletak di antara dua puncak gelombang pada profil terukur yang letaknya berdekatan dengan panjang sampel pengukuran s_w . Satuan dari lebar gelombang adalah dalam milimeter.

6. Lebar Kekasaran (*Roughness Width*), A_r (mm)

Lebar kekasaran adalah jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak a_{ri} yang terletak di antara dua puncak kekasaran pada profil terukur yang letaknya berdekatan dengan panjang sampel pengukuran s . Satuan dari lebar kekasaran juga dalam milimeter.

2.12 Nilai Toleransi Kekasaran

Seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros), harga kekasaran rata-rata aritmetis R_a juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Dengan demikian masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N_1 sampai N_{12} . Besarnya toleransi untuk R_a biasanya diambil antara 50% ke atas dan 25% kebawah. Tabel 2.1 menunjukkan harga kekasaran rata-rata beserta toleransinya.

Tabel 2.1
Toleransi harga kekasaran rata-rata R_a

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

Sumber: Rochim (2001, p.62)

Toleransi harga kekasaran rata-rata, R_a dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Tabel 2.2 memberikan contoh harga kelas kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

Tabel. 2.2
Tingkat kekasaran rata-rata permukaan menurut proses pengerjaannya

Process	Roughness (R_a)													
	μm $\mu\text{in.}$	50 2000	25 1000	12.5 500	6.3 250	3.2 125	1.6 63	0.8 32	0.40 16	0.20 8	0.10 4	0.05 2	0.025 1	0.012 0.5
Flame cutting			█											
Snagging (coarse grinding)			█											
Sawing			█											
Planing, shaping				█										
Drilling					█									
Chemical machining						█								
Electrical-discharge machining						█								
Milling					█									
Broaching						█								
Reaming						█								
Electron-beam machining						█								
Laser machining						█								
Electrochemical machining						█								
Turning, boring						█								
Barrel finishing							█							
Electrochemical grinding								█						
Roller burnishing									█					
Grinding									█					
Honing									█					
Electropolishing										█				
Polishing										█				
Lapping										█				
Superfinishing											█			

Sumber: Kalpakjian (2001, p.462)

2.13 Hipotesis

Semakin bertambahnya kecepatan putar spindel benda kerja akan menghasilkan permukaan akhir yang lebih baik. Hal ini disebabkan karena benda kerja dan batu gerinda berputar bersamaan sehingga penyayatan antara benda kerja dan batu gerinda lebih banyak dan dapat menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih baik.

Pemakanan (*feed*) berhubungan erat dengan kecepatan pemakanan. Berdasarkan rumus penentuan tebal geram ekuivalen (2-4) terdapat V_{fa} yang merupakan kecepatan pemakanan. Tebal geram ekuivalen berbanding lurus dengan kecepatan pemakanan, dimana semakin besar kecepatan pemakanan semakin besar nilai tebal geram ekuivalen yang mana akan mempengaruhi nilai kekasaran permukaan yang semakin tinggi juga.