

BAB I PENDAHULUAN

1.1! Latar Belakang

Saat ini industri berkembang dengan sangat cepat dan banyak menuntut usaha untuk meningkatkan hasil produksi dari industri itu agar menjadi lebih efektif dan efisien. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi akan berdampak pada kemajuan industri manufaktur. Banyak perusahaan berusaha untuk menekan biaya produksi dan mempercepat proses produksi tanpa mengurangi kualitas dari produk yang dihasilkan, sehingga dapat meningkatkan keuntungan yang diperoleh perusahaan. Salah satunya adalah dengan memperbaiki atau memodifikasi berbagai peralatan yang dianggap kurang baik untuk menunjang pengoperasian mesin-mesin pendukung kegiatan manufaktur. Dalam hal ini dibutuhkan ide yang didapatkan dari temuan-temuan di lapangan yang dikaji lebih lanjut untuk dicari pemecahan masalahnya.

Didalam dunia manufaktur Indonesia masih banyak perusahaan-perusahaan yang menggunakan berbagai macam mesin-mesin konvensional didalam proses permesinan manufaktur mereka, khususnya bagi pelaku industri manufaktur menengah kebawah. Mesin-mesin konvensional seperti mesin bubut, *milling*, gerinda, dan yang lainnya merupakan contoh yang paling umum. Mesin bubut dan mesin gerinda merupakan mesin yang bertujuan menghaluskan serta meratakan permukaan suatu material. Mesin bubut dapat melakukan pemotongan yang lebih dalam namun kekasaran yang tergolong masih tinggi, mesin gerinda dengan kekasaran yang rendah tetapi kedalaman pemotongan yang rendah.

Kumar (2015), mengatakan pada industri manufaktur modern, keakurasian dimensi yang tinggi serta permukaan akhir yang baik memainkan peran yang baik. Proses penggerindaan umumnya digunakan sebagai operasi *finishing* membuatnya dibedakan dari proses permesinan lainnya. Kumar juga mengatakan salah satu metode rendah biaya terbaik membuat komponen alat tersebut adalah dengan pemasangan gerinda silinder pada mesin bubut.

Pemasangan mesin gerinda pada *toolpost* mesin bubut ini memungkinkan adanya pengurangan biaya dalam rencana pengadaan mesin gerinda silindris yang dimana harga satu alat mesin gerinda silindris ini dapat menyamai maupun melebihi harga dari satu mesin

bubut konvensional. Dilain sisi dengan menggunakan mesin gerinda *toolpost* akan dapat meningkatkan keefektifan waktu proses permesinan, efektif waktu disini adalah penggunaan waktu yang berkurang karena tidak adanya waktu untuk melepas, memasang, mengatur, serta memindahkan benda kerja dari mesin bubut yang umumnya memiliki tingkat kekasaran yang tinggi ke mesin gerinda yang bertujuan untuk memproses dengan hasil permukaan yang baik. Dengan begitu waktu produksi yang berkurang menyebabkan juga biaya yang dikeluarkan berkurang serta membantu menghindari dari pekerjaan yang membutuhkan alat khusus.

Widagdo (2010), melakukan penelitian tentang kekasaran permukaan benda kerja baja ST 42 pada proses penggerindaan dengan menggunakan dua buah batu gerinda yang berbeda *grade*-nya. Batu gerinda pertama dengan *grade* rendah(46) menghasilkan nilai kekasaran sebesar $0.65 \mu\text{m}$, sedangkan batu gerinda kedua yang memiliki *grade* tinggi(80) memiliki nilai kekasaran $0.35 \mu\text{m}$

Dalam proses permesinan khususnya proses penggerindaan, terdapat banyak *input* parameter yang dapat mempengaruhi hasil kualitas permukaan benda kerja. Di dalam bukunya Klocke (2009), ditulis variabel parameter tersebut meliputi kedalaman pemakanan, kecepatan putar benda kerja, kecepatan pemotongan, kecepatan pemakanan, serta jenis batu gerinda. Banyaknya variabel parameter yang ada serta variasi nilai tiap parameter yang berbeda akan menghasilkan juga hasil yang berbeda-beda pula.

Yusuf (2011), didalam penelitiannya mengenai pengaruh variasi parameter pemakanan pada proses gerinda silinder luar menggunakan mesin gerinda silindris mengatakan bahwa parameter potong yang paling berpengaruh pada proses penggerindaan silinder luar adalah kedalaman pemakanan, sedangkan yang berpengaruh paling kecil adalah jumlah putaran dari benda kerja.

Dengan adanya penelitian ini, penulis dapat meneliti lebih lanjut mengenai penggunaan mesin gerinda *toolpost* yang dipasangkan pada mesin bubut konvensional, yang sampai saat ini mesin bubut konvensional sendiri masih banyak digunakan secara luas oleh pelaku industri manufaktur. Penelitian ini berfokus pada pengaruh variasi parameter kedalaman pemakanan dan grit batu gerinda terhadap hasil kualitas permukaan baja, sehingga didapatkan hasil permukaan yang mendekati atau sesuai dengan standar penggerindaan silinder pada umumnya. Dengan begitu pembaca ataupun pelaku industri manufaktur mempunyai pilihan alternatif mesin untuk melakukan proses penggerindaan silinder luar dengan melakukan modifikasi pada *toolpost* mesin bubut konvensional yang dimiliki terlebih dahulu tanpa harus membeli mesin gerinda silindris.

1.2! Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat dirumuskan suatu masalah yang dapat diteliti dalam penelitian ini yaitu, bagaimanakah pengaruh nilai *grit* suatu batu gerinda dan kedalaman pemakanan pada proses penggerindaan silinder luar menggunakan mesin gerinda *toolpost* terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja ?

1.3! Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah yang ditetapkan agar permasalahan dalam penelitian ini semakin terfokus dan tidak meluas maupun menyimpang dari pokok permasalahannya:

- 1.! Mesin bubut yang digunakan adalah mesin bubut konvensional Krisbow KW 15-907 dan dalam keadaan baik.
- 2.! Material yang digunakan adalah ST 41 dan kualitas permukaan hasil permesinan sebelumnya dianggap sama.
- 3.! Proses penggerindaan dengan kondisi *dry* atau kering.
- 4.! Penelitian tidak memperhatikan pengaruh getaran mesin.

1.4! Tujuan Penelitian

Dengan telah diuraikannya latar belakang serta rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini, maka tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kedalaman pemakanan dan *grit* batu gerinda terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses penggerindaan silinder luar menggunakan gerinda *toolpost*.

1.5! Manfaat Penelitian

Penelitian ini dibuat dengan harapan dapat memiliki dampak serta manfaat yang berguna, yaitu:

- 1.! Membuat peneliti lebih memahami dan menambah wawasan dalam proses manufaktur, terutama proses penggerindaan.
- 2.! Menjadi salah satu referensi bagi peneliti-peneliti selanjutnya yang ingin meneliti proses penggerindaan silinder menggunakan gerinda *toolpost*.

4

!

- 3. ! Memberikan pengetahuan mengenai proses penggerindaan silindris menggunakan teknologi gerinda *toolpost* pada mesin bubut konvensional bagi pembaca khususnya bagi perusahaan yang berminat menerapkan teknologi ini pada perusahaannya.
- 4. ! Mendapatkan variasi parameter-parameter yang tepat agar tercapainya hasil kerja yang optimal.
- 5. ! Meningkatkan produktifitas serta keefektifan dalam industri manufaktur, sehingga meningkatnya keuntungan perusahaan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1! Penelitian Sebelumnya

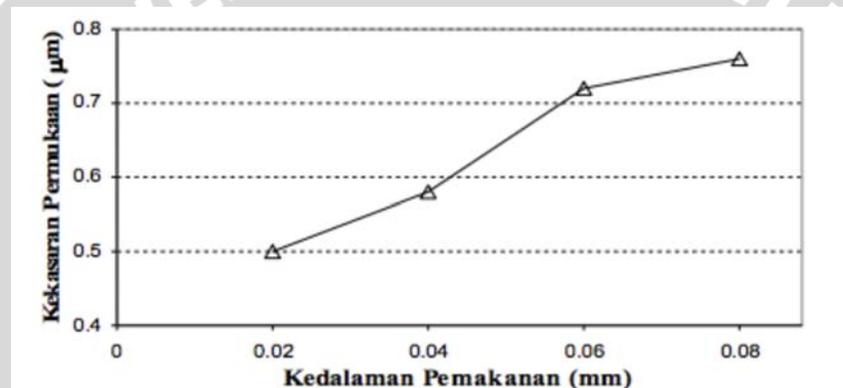
Kamil (2006) melakukan penelitian menggunakan mesin Gerinda *toolpost* pada mesin bubut konvensional. Penulis merancang mesin gerinda *toolpost* secara khusus sebagai alat bantu dalam proses pengerjaan lanjut. Alat ini mampu menggerinda komponen permesinan yang dipasangkan pada mesin bubut konvensional dengan panjang benda kerja yang melebihi kapasitas mesin gerinda biasa, juga berfungsi untuk memperbaiki harga kekasaran sesuai dengan standar mesin gerinda. Material uji yang digunakan pada proses pengujian adalah poros baja karbon rendah. Kamil selanjutnya melakukan eksperimen mengenai pengaruh kedalaman pemakanan terhadap hasil kekasaran permukaan yang dihasilkan, dan untuk mengukur nilai kekasarannya Kamil menggunakan alat *stylus instrument* (surf test 402). Nilai kedalaman pemakanan yang digunakan pada spesimen 1, 2, 3, 4 berturut-turut adalah 0.01 mm, 0.03 mm, 0.05 mm, 0.07 mm dan dengan variabel terkontrolnya *wheel speed* 3000 rpm, *work speed* 125 rpm, *feed rate* 0.05 mm/rev. Hasil penelitian didapatkan dari yang paling kasar hingga halus adalah spesimen 4 = 0.757 μm , spesimen 3 = 0.659 μm , spesimen 2 = 0.614 μm , spesimen 1 = 0.259 μm .

Yusuf (2011) didalam penelitiannya mengenai pengaruh yang terjadi akibat variasi parameter pemakanan pada proses gerinda silinder luar terhadap kekasaran permukaan menggunakan mesin gerinda silindris menemukan nilai kekasaran terendah maupun tertinggi pada hasil permukaan dengan variasi parameter yang digunakannya. Kekasaran paling tinggi terjadi pada parameter *work speed* 400 rpm, *feed rate* 25 mm/detik, *depth of cut* 0.04 mm dengan nilai kekasaran sebesar 3.52 μm . Kekasaran terendah terjadi pada spesimen dengan variasi parameter *work speed* 200 rpm, *feed rate* 15 mm/detik, *depth of cut* 0.02 mm dengan nilai kekasaran sebesar 0.90 μm . Dengan menghitung persamaan regresi Yusuf mengatakan bahwa parameter potong yang paling berpengaruh pada proses penggerindaan silinder luar adalah kedalaman pemakan, sedangkan yang berpengaruh paling kecil adalah jumlah putaran dari benda kerja.

Dalam penelitiannya Kumar (2015) menyimpulkan bahwa, proses penggerindaan silinder luar pada mesin bubut menjadi operasi yang biaya rendah. Dalam kondisi kering nilai-nilai optimal dilakukan dengan mengubah nilai-nilai input, kecepatan putar benda kerja

= 15 m/min, *feed rate* = 0,3 mm/rev, kedalaman pemakanan = 50 m. Dalam kondisi basah nilai-nilai yang optimal diperoleh dengan mengubah nilai-nilai input, kecepatan putar benda kerja = 15 m / min, *feed rate* = 0,1 mm / rev, kedalaman pemakanan = 50 μ m. Pemasangan mesin gerinda silinder sangat berguna untuk menyelesaikan poros silinder pada mesin bubut. Dengan menerapkan analisis regresi pada kondisi kering dan kondisi basah akan ditemukan nilai-nilai masukan yang optimal untuk mendapatkan permukaan akhir yang baik.

Zuhaimi (2011) telah melakukan penelitian mengenai mesin gerinda *toolpost* yang ia rancang dan buat sendiri. Mesin gerinda *toolpost* yang telah jadi dilakukan pengujian hasil kekasaran permukaan dengan kedalaman pemakanan sebagai variasinya, hasilnya akan ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Grafik hasil kekasaran permukaan penelitian Zuhaimi
Sumber: Zuhaimi (2011 : 5)

2.2! Gerinda

Penggerindaan adalah suatu proses pembentukan dan pemotongan material dengan cara pengelupasan atau pengasahan benda kerja oleh mesin gerinda. Partikel *abrasive* yang terkandung pada roda gerinda yang berputar pada kecepatan tinggi akan berkontak langsung dengan benda kerja, kontak ini menyebabkan terpotongnya permukaan benda kerja.

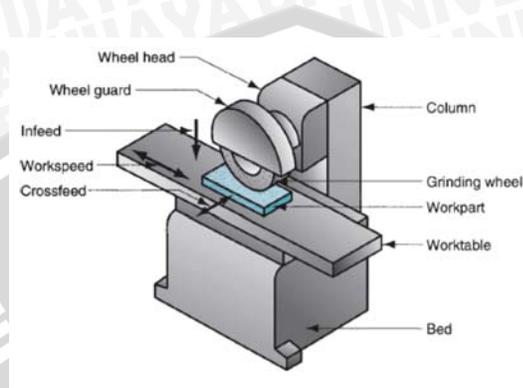
2.2.1! Jenis – Jenis Mesin Gerinda

Pada umumnya jenis-jenis mesin gerinda dikelompokkan berdasarkan klasifikasi hasil operasi penggerindaannya yaitu:

1.! Mesin Gerinda Permukaan Datar

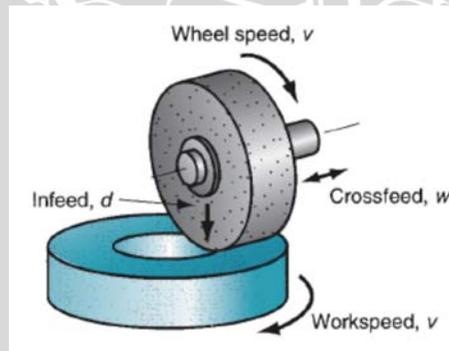
Penggerindaan permukaan datar merupakan operasi penggerindaan yang paling banyak dan umum digunakan. Dengan adanya kemungkinan kombinasi arah orientasi roda gerinda dan gerakan benda kerja menghasilkan empat macam mesin gerinda datar:

A. ! Mesin gerinda datar spindel horizontal dengan gerak meja kerja bolak-balik, jenis mesin gerinda ini merupakan yang paling banyak ditemukan. Benda kerja bergerak secara bolak-balik dibawah roda gerinda yang berputar secara. Gambar mesin gerinda permukaan datar ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Mesin Gerinda Permukaan Datar dengan Meja Kerja Bolak-Balik
Sumber : Groover (1996 : 617)

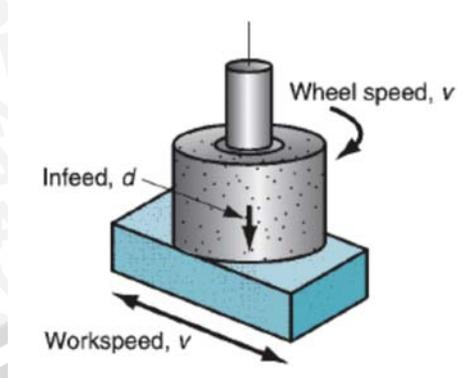
B. ! Mesin gerinda datar spindel horizontal dengan gerak meja kerja berputar. Benda kerja bergerak berputar dibawah roda gerinda yang berputar secara horizontal. Gambar mesin gerinda datar spindel gerak meja berputar ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mesin Gerinda Datar Spindel Horizontal dengan Gerak Meja Kerja Berputar.
Sumber : Groover (1996 : 616)

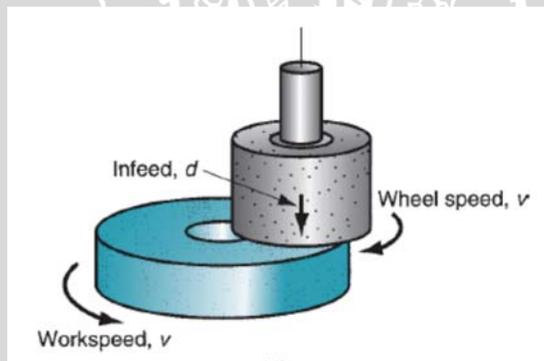
C. ! Mesin gerinda datar spindel vertikal dengan gerak meja kerja bolak-balik. Benda kerja bergerak secara bolak-balik dibawah roda gerinda yang berputar secara vertikal. Gambar mesin gerinda datar spindel vertikal meja bolak-balik ditunjukkan pada gambar 2.4.

!



Gambar 2.4 Mesin Gerinda Datar Spindel Vertikal dengan Gerak Meja Kerja Bolak-Balik
 Sumber : Groover (1996 : 616)

D.1 Mesin gerinda datar spindel vertikal dengan gerak meja kerja berputar. Benda kerja bergerak secara bolak-balik dibawah roda gerinda yang berputar secara vertikal. Gambar mesin gerinda datar spindel vertikal meja berputar ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mesin gerinda datar spindel vertikal dengan gerak meja kerja bolak-balik
 Sumber : Groover (1996 : 616)

2. Mesin Gerinda Silindris

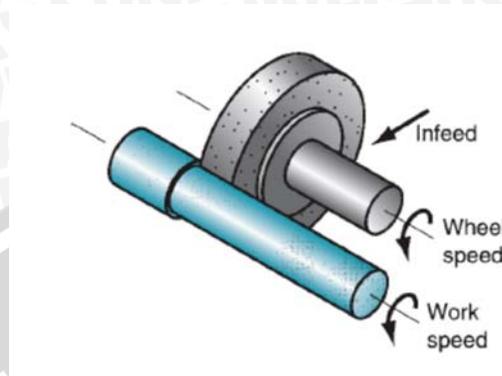
Mesin jenis ini merupakan mesin gerinda yang digunakan untuk menggerinda bagian benda kerja yang berbentuk silindris. Pada operasi penggerindaan ini arah orientasi poros spindel dan benda kerja berputar searah. Penggerindaan silindris dibagi menjadi dua berdasarkan letak pemakanan terhadap benda kerja, yaitu:

A.1 Mesin Gerinda Silinder Permukaan Luar

Mesin ini memiliki kesamaan yang banyak dengan cara kerja dari mesin bubut. Bedanya pahat yang terdapat pada mesin bubut diganti dengan batu gerinda yang berputar dalam kecepatan tinggi yang akan menyayat benda kerja. Mesin ini sangat

!

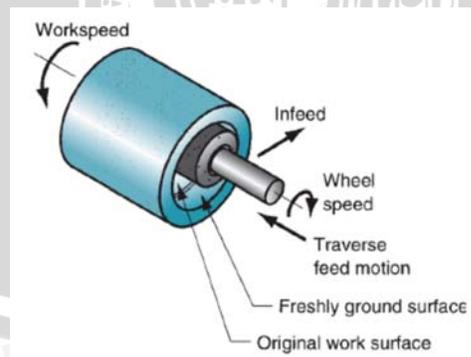
tepat untuk melakukan *finishing* permukaan pada suatu poros. Gambar mesin gerinda silinder permukaan luar ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Mesin Gerinda Silinder Permukaan Luar
Sumber : Groover (1996 : 617)

B.1 Mesin Gerinda Silinder Permukaan Dalam

Mesin ini merupakan pengembangan dari mesin permukaan luar yang tidak mampu menjangkau permukaan silinder bagian dalam dari suatu benda kerja. Cara kerjanya hampir menyerupai proses pengeboran, namun lebih dengan tujuan untuk menghaluskan permukaan dari suatu lubang. Roda gerinda yang digunakan harus lebih kecil dari ukuran lubang. Mesin gerinda ini sangat cocok untuk melakukan finishing pada bagian dalam suatu *bearing* dan *ring*. Gambar mesin gerinda silinder dalam ditunjukkan pada gambar 2.7.

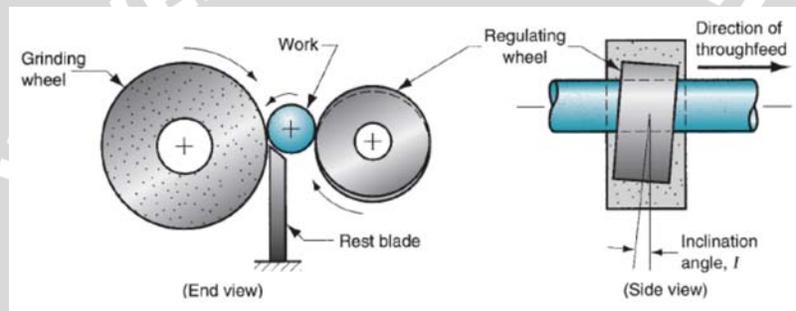


Gambar 2.7 Mesin Gerinda Silinder Permukaan Dalam
Sumber : Groover (1996 : 617)

3.1 Centerless Grinding Machine

Mesin jenis ini merupakan alternatif dari mesin gerinda silindris, yang dimana benda kerjanya tidak dicekam didalam atau dipasang pada *chuck*.

Prinsip kerjanya, mesin ini membutuhkan dua roda. Roda dengan ukuran yang lebih besar berperan sebagai roda gerinda yang akan memakan benda kerja dan berputar sesuai kecepatan aktual proses penggerindaan. Roda kedua dengan ukuran yang lebih kecil disebut dengan nama roda pengatur berfungsi untuk mengatur kecepatan putar dan gerakan *longitudinal* dari benda kerja. Biasanya roda pengatur terbuat dari campuran karet dan mempunyai permukaan yang cenderung lebar. Gambar mesin gerinda centerless ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Centerless Grinding Machine*
Sumber : Groover (1996 : 618)

4.1 Mesin Gerinda Lainnya

Pada penggunaannya masih banyak lagi jenis mesin gerinda dengan penggunaan yang lebih spesifik atau spesial. Sesuai kebutuhan dan bentuk benda kerjanya masih terdapat lagi jenis-jenis mesin gerinda lainnya, seperti:

A.1 Mesin Gerinda Tangan

Mesin gerinda jenis ini menggunakan roda gerinda ukuran tipis yang menyerupai bentuk cakram. Selain menggerinda atau mengikis permukaan benda kerja, mesin jenis ini dapat digunakan untuk memotong benda kerja.

Mesin gerinda tangan yang ditunjukkan gambar 2.9 cenderung memiliki bentuk yang ramping serta memiliki tingkat *mobility* yang tinggi. Oleh sebab itu, mesin gerinda ini digunakan untuk menghaluskan permukaan maupun memotong bagian benda kerja yang sulit dicapai oleh mesin gerinda jenis lainnya.



Gambar 2.9 Mesin Gerinda Tangan
Sumber : Gunadi (2008 : 329)

B.1 Mesin Gerinda Duduk

Pada dasarnya mesin gerinda ini serupa dengan mesin gerinda tangan hanya saja mesinnya diletakkan pada suatuudukan. Mesin gerinda ini pada umumnya digunakan untuk mengikis benda kerja serta menghaluskan benda kerja, selain itu mesin ini dapat digunakan untuk mengasah pahat ataupun mata bor.

Pada mesin gerinda tangan mesin gerinda yang mendekati pada benda kerja namun pada mesin gerinda duduk seperti pada gambar 2.10, benda kerja yang mendekati mesin. Berbeda juga dengan bentuk roda gerindanya, mesin ini menggunakan roda gerinda yang berukuran tebal, oleh sebab itu mesin ini tidak dapat digunakan untuk memotong benda kerja.



Gambar 2.10 Mesin Gerinda Duduk
Sumber : Gunadi (2008 : 329)

C. ! Mesin Gerinda *Tool Post*

Mesin gerinda jenis ini adalah mesin yang mandiri dan umumnya dipasangkan pada bagian *tool post* mesin bubut. Benda kerja akan dipasang pada *headstock* dan akan digerinda dengan menggerakkan bagian *tool post* mesin bubut tersebut. Mesin gerinda ini tergolong serbaguna, tapi tiap komponen dari mesin bubut harus dilindungi dari puing-pung abrasif hasil penggerindaan.

D. ! Mesin Gerinda Potong

Mesin gerinda potong yang ditunjukkan pada gambar 2.11 merupakan mesin gerinda yang dikhususkan untuk memotong bagian dari suatu benda kerja. Mesin gerinda ini menggunakan roda gerinda yang tipis yang berputar dengan kecepatan sangat tinggi agar mudah memotong benda kerja. Perbedaannya dengan mesin gerinda tangan adalah roda gerinda yang digunakan jauh lebih besar dibanding roda gerinda mesin gerinda tangan.



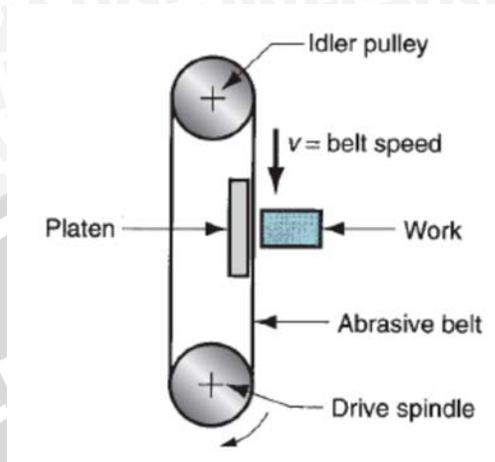
Gambar 2.11 Mesin Gerinda Potong
Sumber : Gunadi (2008 : 330)

E. Gerinda Sabuk *Abrasiv*

Mesin gerinda jenis ini menggunakan sebuah sabuk modifikasi yang terdapat partikel-partikel abrasiv di setiap bagiannya. Sabuk abrasiv yang digunakan diputar menggunakan dua poros yang diletakkan berjauhan satu sama lainnya, salah satu dari poros tersebut terhubung dengan motor untuk menggerakannya. Di antara kedua poros tersebut akan terdapat sebuah plat datar yang nantinya berfungsi sebagai alas pada saat terjadi kontak antara sabuk dan benda kerja

Proses pemakanan terjadi apabila benda kerja melakukan penekanan secara tegak lurus terhadap sabuk abrasiv yang digunakan. Sabuk abrasiv yang berputar pada kecepatan tinggi tersebut akan mengikis permukaan benda kerja yang menekan sabuk. Kecepatan sabuk yang

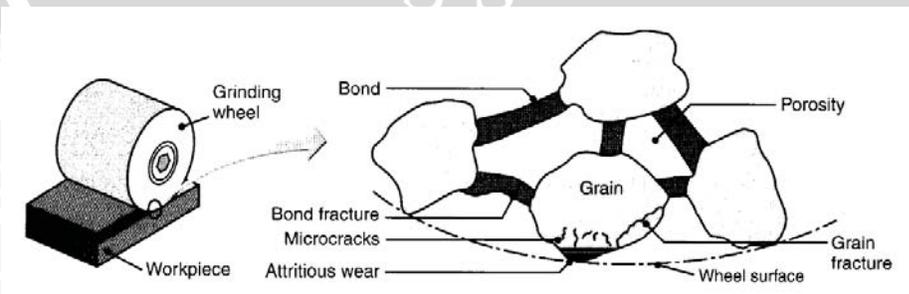
digunakan bergantung pada jenis material benda kerja yang akan diproses. Gambar mesin gerinda sabuk *abrasive* ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Mesin Gerinda Sabuk *Abrasive*
 Sumber : Groover (1996 : 621)

2.3! Batu Gerinda

Batu gerinda secara umum dapat disamakan dengan *cutting tool* pada mesin bubut, namun karena bentuknya dan material yang lebih rumit maka batu gerinda sering memiliki kategori sendiri. Pada bukunya Boothroyd (1988), mengatakan pada dasarnya batu gerinda atau roda gerinda terdiri dari partikel *abrasive* yang jumlahnya sangat banyak, yang disebut *grains*, dan disatukan bersama oleh suatu agen yang disebut dengan *bond*. Ditambahkan dalam bukunya Kalpakjian (2009), pada *bonded abrasives*, tingkat porositas adalah hal yang penting dalam rangka menyokong proses *clearance* dari *chips* hasil permesinan dan untuk memberikan efek pendinginan.



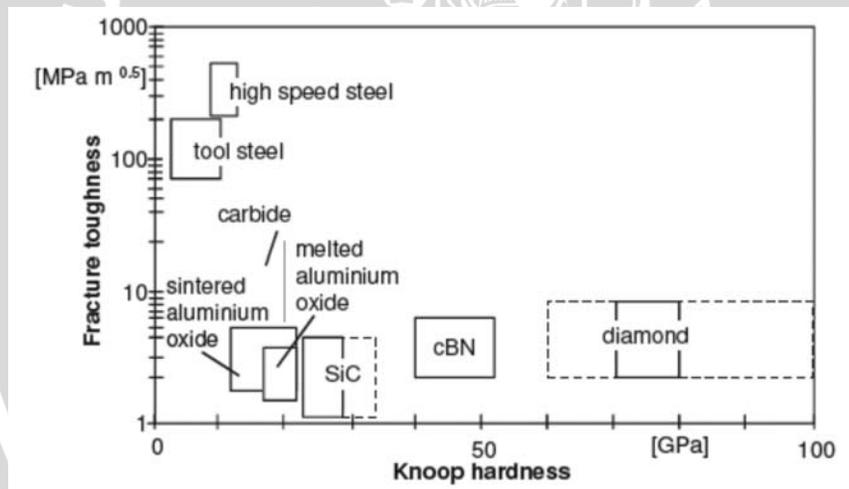
Gambar 2.13 Skema batu gerinda dan strukturnya
 Sumber : Kalpakjian (2009 : 723)

2.3.1 Parameter Utama Batu Gerinda

Terdapat beberapa parameter atau variable yang dianggap dapat mempengaruhi performa dari suatu batu gerinda yang nantinya juga akan berdampak pada hasil proses penggerindaan itu sendiri, parameter-parameter tersebut adalah:

1. Material *abrasive*

Keberagaman jenis material *abrasive* diperlukan untuk melakukan proses penggerindaan terhadap jenis material benda kerja yang beragam juga. 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 oxide*, *silicon carbide*, *cubic boron nitride*, dan *diamond*.

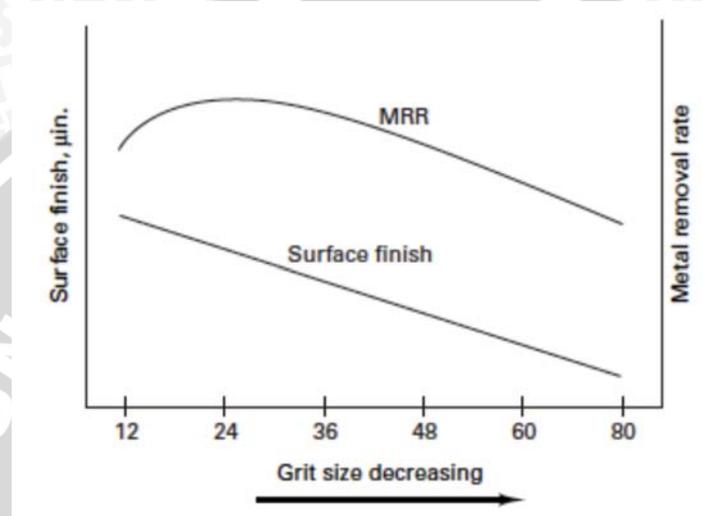


Gambar 2.14 Hubungan tingkat kekerasan dan kerapuhan beberapa material *abrasive*
 Sumber : Klocke (2009 : 19)

2. Ukuran butir (*Grit*)

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. Untuk itu, pemilihan jenis material harus didasarkan oleh dua sifat ini ketika memilih ukuran butir material. Pemilihan ukuran juga bergantung pada batas tertentu pada tingkat kekerasan benda kerja. Benda kerja dengan bahan yang keras

membutuhkan ukuran butir yang kecil agar pemotongan menjadi efektif, sedangkan material yang tidak keras membutuhkan material dengan ukuran yang lebih besar. Untuk ukuran *grit* didapatkan dengan menggunakan layar *mesh*. Semakin kecil ukuran *grit*-nya maka jumlahnya akan semakin banyak. Berikut merupakan grafik hubungan butir terhadap hasil penggerindaan:



Gambar 2.15 Hubungan ukuran butir terhadap hasil permukaan dan MRR yang terbentuk
Sumber : DeGarmo (2008 : 761)

3. ! Material pengikat

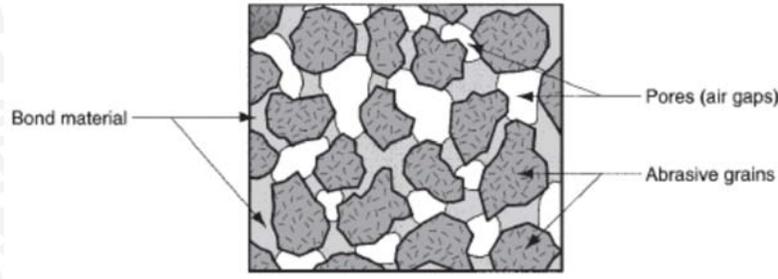
Material pengikat berguna untuk menahan material *abrasive* serta mempertahankan bentuk dan juga struktur dalam pada batu gerinda. Sifat yang diperlukan dari material pengikat adalah kekuatan, ketangguhan kekerasan, dan ketahanan suhu. Material pengikat harus mampu menahan gaya sentrifugal, suhu tinggi, dan gaya *impact* yang diterima batu gerinda, serta mampu mempertahankan butiran *abrasive* yang masih layak berkeja pada tempatnya namun juga memungkinkan butiran yang telah tumpul untuk lepas sehingga butiran baru bisa 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 atau pori-pori. Struktur batu gerinda dapat dinilai pada skala terbuka atau padat. Struktur terbuka berarti terdapat lebih banyak 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

!

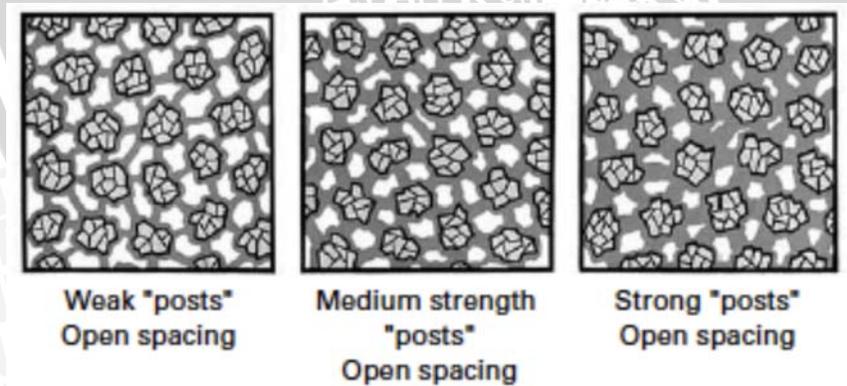
cepat *chips* dibutuhkan dan struktur padat untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang baik dan kontrol dimensi.



Gambar 2.16 Tipikal struktur dari batu gerinda
 Sumber : Groover (1996 : 607)

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 kasar 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.



Gambar 2.17 Ilustrasi *grade* dari batu gerinda
 Sumber : DeGarmo (2008 : 763)

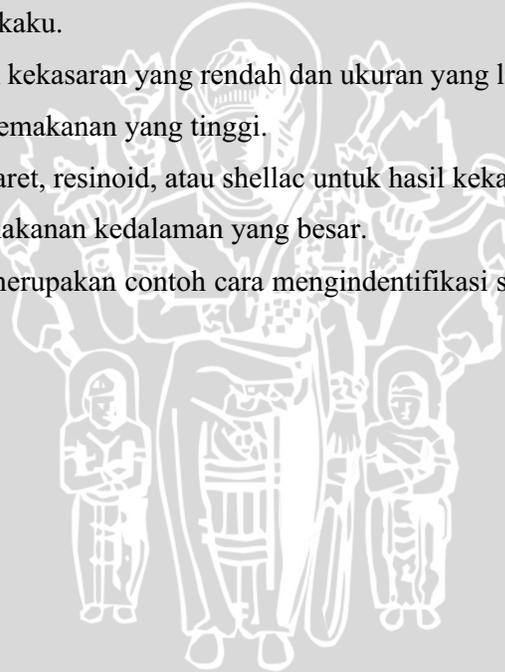


2.3.2 Pemilihan Batu Gerinda

Sesuai dengan sub-bab yang telah diuraikan sebelumnya bahwa pada batu gerinda terdapat parameter utama batu gerinda yang nantinya akan mempengaruhi hasil penggerindaan seperti tipe *abrasive*, ukuran butir, material yang mengikat, struktur batu gerinda, serta *grade* batu gerinda. Boothroyd (1989) dalam bukunya menjelaskan bahwa pada umumnya, tata cara berikut ini dapat digunakan untuk membantu dalam pemilihan jenis batu gerinda yang akan digunakan:

1. ! Memilih tipe *abrasive* aluminum oxide untuk baja dan silicon carbide untuk nonferrous metals.
2. ! Memilih batu gerinda *grade* keras untuk material lunak dan *grade* lunak untuk material yang keras
3. ! Memilih ukuran butir besar untuk material yang lunak dan ulet dan ukuran kecil untuk material yang keras dan kaku.
4. ! Ukuran butir kecil untuk kekasaran yang rendah dan ukuran yang lebih besar untuk melakukan kedalaman pemakanan yang tinggi.
5. ! Memilih tipe pengikat karet, resinoid, atau shellac untuk hasil kekasaran rendah dan *vitriified* bond untuk pemakanan kedalaman yang besar.

Pada gambat berikut merupakan contoh cara mengidentifikasi spesifikasi komposisi dari suatu batu gerinda:



Abrasive type		Abrasive	Grain size	hardness grade	Structure	Bonding	Bonding type	Maximum velocity	
Example:		...	A	60	L	5	B	...	63
Abrasive		Grain size		Grade		Bonding		Maximum velocity [m/s]	
A	Aluminium oxide	Macrograin size DIN 69100 Part 1		Extremely soft		V	Vitrified bonding	16 63	
C	Silicon carbide	Micrograin size DIN 69101 Part 1		Very soft		R	Rubber bonding	20 80	
		Coarse	Medium	Fine	Very fine	RF	Rubber bonding fibre added	25 100	
		4	30	70	230	B	Resin bonding	32 125	
		5	36	80	240	BF	Resin bonding fibre added	40 140 ¹⁾	
		6	40	90	280	E	Shellac bonding	50 160 ¹⁾	
		8	46	100	320	Mg	Magnesite bonding		
		10	54	120	360	Structure			
		12	60	150	400	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 etc.			
		14		180	500	← Closed structure			
		16		220	600	Opened structure →			
		20			800				
		22			1000				
		24			1200				
				A	B	C	D	Extremely soft	
				E	F	G		Very soft	
				H	I	J	K	Soft	
				L	M	N	O	Medium	
				P	Q	R	S	Hard	
				T	U	V		Very Hard	
				X	Y	Z		Extremely Hard	

Gambar 2.18 Identifikasi spesifikasi batu gerinda
 Sumber : Klocke (2009 : 49)

2.4! Mesin Bubut Konvensional

Mesin bubut konvensional atau yang biasa juga disebut *engine lathe* merupakan alat permesinan yang paling umum dan tertua digunakan. Mesin ini juga merupakan mesin yang fleksibel serta banyak digunakan. Fungsi utamanya adalah untuk memproduksi benda kerja dengan profil silindris (Gupta,2009).

Menurut Youssef (2008), sepertiga alat permesinan yang beroperasi di dalam industri perindustrian adalah mesin bubut. Mesin bubut digunakan untuk melakukan proses pembubutan silinder luar, peruncingan, membentuk permukaan, pemboran profil silinder, peruncingan lubang, permesinan permukaan *face* benda kerja, penguliran ulir luar maupun dalam, *knurling*, *centering*, pembuatan lubang, *reaming*, memotong, dan opsai lainnya. Mesin bubut digunakan dalam pekerjaan dan produksi massal.

Pada penelitian ini mesin bubut konvensional akan digunakan sebagai penggerak atau pemutar benda kerja serta penggerak mesin gerinda *toolpost* yang berperan sebagai *cutting tool*. Berikut rumus penghitungan kecepatan putar *peripheral* pada permukaan silinder benda kerja menurut (Rochim,1993) :

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (2 - 1)$$

dimana:

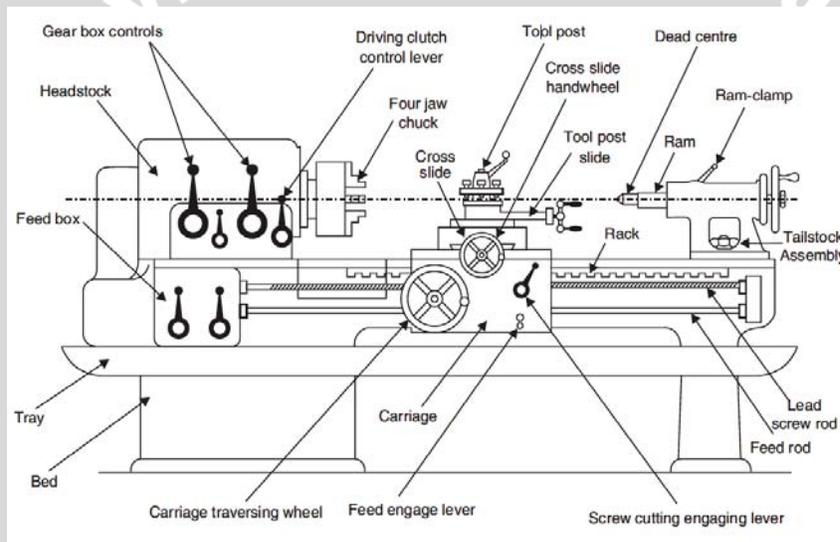
v = kecepatan *peripheral* benda kerja (m/s)

D = diameter benda kerja (mm)

n = kecepatan putar benda kerja (rpm)

2.4.1 Bagian-bagian Mesin Bubut Konvensional

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



Gambar 2.19 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

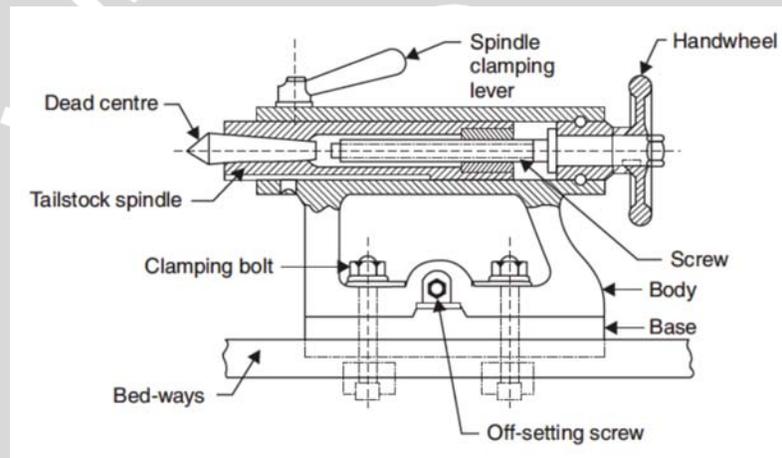
Headstock berada di bagian sebelah kiri dari *bed* dan terdapat rangkaian poros dan roda gigi yang terendam oleh minyak pelumas. Poros penggerak yang terdapat di dalamnya digerakan oleh motor listrik dan dapat dirubah-rubah kecepatannya dengan mengganti girnya yang akan berdampak langsung pada kecepatan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

!

pada *spindle*. Benda kerja dipasang pada *chuck* yang akan berputar secara *longitudinal* pada sumbu *spindle*.

3.1 Tailstock

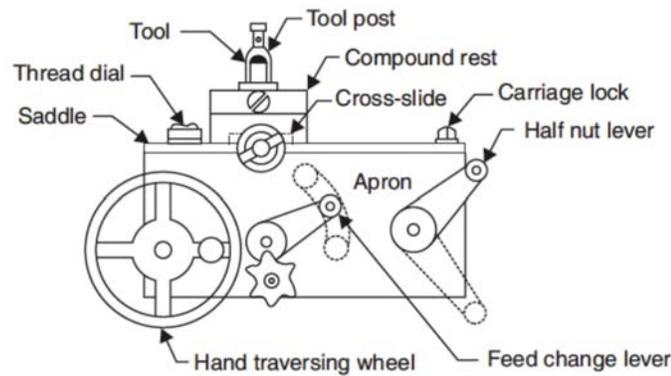
Sebuah *tailstock* terdapat pada bagian kanan paling akhir dari sebuah *bed*. *Tailstock* dapat bergeser dan dikunci posisinya sepanjang *bed* hingga jarak terdekat dengan *headstock*. Pada *tailstock* terdapat juga sebuah *spindle* yang sumbunya sejajar dengan sumbu *spindle* pada *headstock*. Bagian *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 2.20 Skema bagian *tailstock*
Sumber : Gupta (2009 : 93)

4.1 Carriage

Carriage dapat juga bergeser sepanjang *bed*. Pergerakan ini dikontrol secara manual dengan mengoperasikan *hand traversing wheel*. Pergerakan melintang 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 2.21 Skema bagian *carriage*
 Sumber : Gupta (2009 : 94)

2.5! Baja

Baja merupakan bahan yang sangat berguna dan bermanfaat didalam dunia *engineering*. Baja memberikan banyak manfaat seperti kekuatan, daya tahan, kekakuan, serta ketangguhan. Secara perspektif manufaktur, sifat mampu bentuk, mampu menyatu, *paintability*, serta mampu diperbaiki, semuanya itu menarik. Secara umum dunia industri automotif dan konstruksi merupakan konsumen utama dari penggunaan baja, bahan ini juga digunakan secara luas pada *containers*, peralatan kecil, maupun mesin-mesin besar dan tidak lupa juga didalam dunia industri minyak dan gas (DeGarmo, 2008). Pembuatan baja sebenarnya adalah proses oksidasi yang mereduksi kadar dari karbon, silikon, mangan, fosfor, dan sulfur didalam campuran lelehan dari *pig iron* dan skrap baja.

Baja sendiri secara komposisi merupakan paduan antara *ferrous* dan karbon, dengan kandungan karbon maksimal 2%. Secara umum, biasanya baja diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimia yang terkandung di dalamnya. Berdasarkan komposisi kimianya baja dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon (carbon steel) adalah baja yang mempunyai unsur-unsur pengikat 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%).

2.5.1 Jenis-jenis Baja

1.1 Baja karbon

Pada dasarnya baja karbon terdiri atas beberapa unsur, namun yang paling utama adalah karbon (C) yang terkandung didalam *ferrous*, unsur yang lain ialah Si, Mn, S, dan P

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

- ! Baja Karbon Tinggi

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

- ! Baja Karbon Menengah

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

- ! Baja Karbon Rendah

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. ! Baja Paduan

Baja paduan adalah campuran antara baja karbon dengan unsur lain yang akan diambil sifatnya untuk meningkatkan kemampuan dari baja itu sendiri misalnya sifat kekerasan, liat, kecepatan membeku, titik cair dan sebagainya yang bertujuan memperbaiki kualitas dan kemampuannya. Penambahan unsur-unsur lain dalam baja karbon dapat dilakukan dengan satu unsur atau lebih, tergantung dari karakteristik atau sifat khusus yang dikehendaki. Unsur paduan untuk baja ini dibagi dalam dua golongan yaitu:

- ! Unsur yang membuat baja menjadi kuat dan ulet, dengan menguarikanya kedalam ferrite (misalnya Ni, Mn, sedikit Cr dan Mo). Unsur ini terutama digunakan untuk pembuatan baja konstruksi.
- ! Unsur yang bereaksi dengan karbon dalam baja dan membentuk karbida yang lebih keras dari sementit (misalnya unsur Cr, W, Mo, dan V) unsur ini terutama digunakan untuk pembuatan baja perkakas.

2.5.2 !Baja ST 41

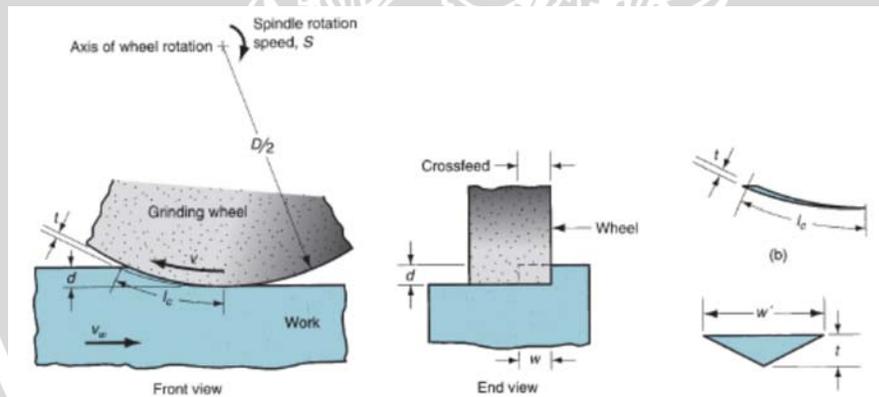
Baja ST 41 merupakan baja dengan standarisasi yang mengikuti standarisasi DIN yang dibuat oleh negara jerman. Standard yang ditetapkan oleh DIN adalah bahwa setiap penomoran baja harus diawali dengan ST yang berarti *stahl*(baja) dalam bahasa jerman atau *steel* dalam bahasa inggris. Setelah ST diikuti dengan penomoran angka misal 41, berarti

maksimal kekuatan tarik yang diperbolehkan terhadap material ST41 adalah 41 N/mm^2 , atau dengan kata lain baja ST41 memiliki kekuatan tarik sebesar 41 kg N/mm^2 .

2.6! Kedalaman Pemakanan & Grit Batu Gerinda

Kedalaman pemakanan atau *depth of cut* pada proses penggerindaan lebih sering disebut *infeed*, merupakan penetrasi dari batu gerinda dibawah permukaan asli benda kerja. Nilai dari kedalaman pemakanan nantinya akan berpengaruh pada banyak hal seperti gaya, daya, kenaikan suhu, geometri benda kerja, umur alat potong, tipe dari *chip*, dan juga hasil permukaan.

Kebanyakan mesin gerinda komersial yang digunakan bertujuan untuk mendapatkan hasil permukaan yang lebih baik dari mesin-mesin konvensional yang telah ada sebelumnya. Hasil kekasaran permukaan dari benda kerja dipengaruhi oleh masing-masing *chips* yang terbentuk selama proses penggerindaan berlangsung. Salah satu faktor yang paling nyata dalam menentukan ukuran dari *chip* adalah ukuran *grit* yang dimana semakin kecilnya ukuran *grain* menghasilkan hasil yang lebih baik (Groover, 1996).



Gambar 2.22 Skema kontak proses penggerindaan dan bentuk *chip* yang terbentuk
 Sumber : Groover (1996 : 617)

Berdasarkan gambar diatas bisa terlihat bahwa panjang rata-rata dari *chip* didapatkan dengan:

$$l_c = \sqrt{d \cdot w} \dots \dots \dots (2 - 2)$$

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^l lebih besar dari ketebalan t oleh karena factor yang disebut *grain aspect ratio* r_g , dirumuskan dengan:

$$r_g = \frac{w^l}{t} \tag{2-3}$$

dengan :

w^l = lebar *chip* (mm)

t = ketebalan *chip* (mm)

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 dari 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 dengan:

$$n_c = \frac{v \cdot C}{w} \tag{2-4}$$

dengan :

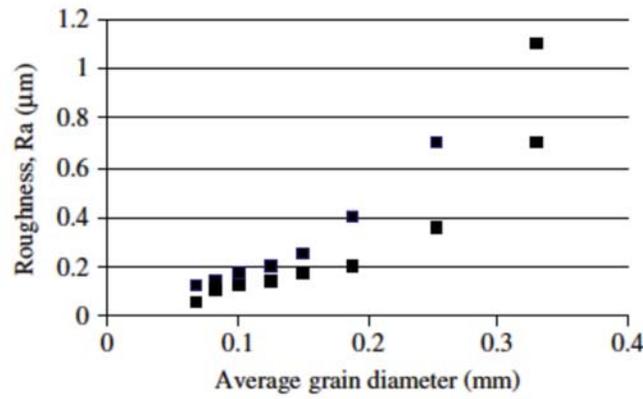
v = kecepatan putar batu gerinda (mm/min)

w = *crossfeed* (mm)

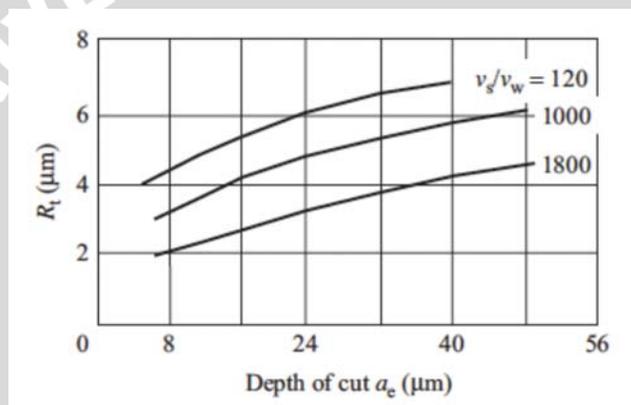
C = *grit* per satuan luas permukaan batu gerinda (grits/mm²)

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

Berikut merupakan contoh hasil permukaan benda kerja dengan variasi kedalaman pemakanan dan ukuran butir batu gerinda:



Gambar 2.23 Pengaruh ukuran grit batu gerinda terhadap kekasaran permukaan
 Sumber : Rowe (2014 : 317)



Gambar 2.24 Pengaruh kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan
 Sumber : Rowe (2014 : 317)

Kedalaman pemakanan dapat juga mempengaruhi gaya pada proses pengerindaan berlangsung, dapat dilihat dari rumus berikut:

$$F_c = \frac{v_s}{v_w} \left(\frac{r_g}{A} \right)^{+2} \dots \dots \dots (2-5)$$

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)

Dimana :

$I_{JK} \#$ = tebal geram ekuivalen (μm)

$d \#$ = diameter benda kerja (mm)

E_F = kedalaman penggerindaan sesungguhnya (mm)

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

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

v_U = kecepatan pemakanan (m/s)

V_U = lebar batu gerinda (mm/s)

2.8! Kekasaran Permukaan

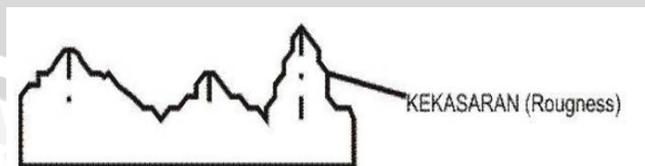
Kekasaran permukaan adalah suatu bentuk geometri dari sebuah profil yang dapat diukur antara puncak tertinggi dan lembah terendah yang membentuk sebuah sudut atau bisa juga disebut gelombang *amplitude*, yang dapat diukur secara langsung menggunakan alat *stylus instrument*. Takeshi Sato (1983) mengatakan bahwa, kekasaran permukaan dari suatu pengerjaan proses permesinan merupakan faktor yang penting dalam bidang produksi, hal ini adalah untuk menjamin mutu, akurasi, dan kepresisian suatu komponen.

Kekasaran permukaan terdiri dari jarak yang sangat dekat dari suatu bentuk ketidakteraturan dan itu semua terjadi akibat bekas tanda ataupun goresan dari suatu *cutting tool* atau butir dari batu gerinda.

Karakteristik geometri bentuk permukaan bila ditinjau berdasarkan suatu profil pada dasarnya dapat diuraikan menjadi dua, yaitu:

1.1! Permukaan 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 2.25 Permukaan yang Kasar
Sumber : Munadi (1988 : 225)

2. ! Permukaan yang bergelombang (*waviness*)

Pada gambar diatas 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 2.26 Permukaan yang Kasar
Sumber : Munadi 1988 : 225

Secara lebih rinci lagi, ketidakteraturan dari bentuk suatu permukaan dapat dilihat pada gambar 2.26 dibedakan menjadi empat tingkat, yaitu:

1. ! Tingkat pertama

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

2. ! Tingkat kedua

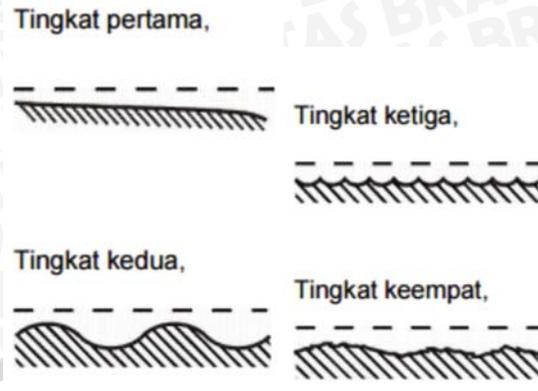
Adalah profil permukaan yang berbentuk gelombang. Penyebabnya antara lain karena adanya kesalahan bentuk pada pisau (*pahat*) potong, posisi senter yang kurang tepat, adanya getaran pada waktu proses pemotongan.

3. ! Tingkat ketiga

Adalah profil permukaan yang berbentuk alur (*grooves*). Penyebabnya antara lain karena adanya bekas-bekas proses pemotongan akibat bentuk pisau potong yang salah atau gerak pemakanan yang kurang tepat (*feed*).

4. ! Tingkat keempat

Adalah profil permukaan yang berbentuk serpihan (*flakes*). Penyebabnya antara lain karena adanya tatal (*beram*) pada proses pengerjaan, pengaruh proses electroplating.



Gambar 2.27 Tingkatan ketidakteraturan suatu profil
 Sumber : Munadi 1988 : 225

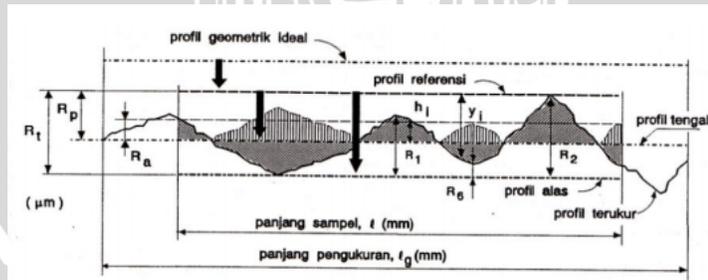
5.1 Tingkat gabungan

Sedangkan gabungan dari karakteristik profil permukaan dari tingkat pertama sampai tingkat keempat menghasilkan profil permukaan seperti gambar ini :



Gambar 2.28 Gabungan dari tingkat 1 sampai 4
 Sumber : Munadi 1988 : 226

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



Gambar 2.29 Posisi Kekasaran Permukaan
 Sumber : Rochim (1993 : 56)

Profil atau bentuk yang dikaitkan dengan istilah permukaan mempunyai arti tersendiri yaitu garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan. Berikut merupakan beberapa istilah penting dari suatu profil:

!

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 karakteristis 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 pemesinan.

4. ! Profile Alas (*Root Profile*)

Profil alas adalah profil referensi yang digeserkan kebawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil terukur.

5. ! 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.

6. ! Kekasaran Total (*Peak to Valley*), R_t

Kedalaman total ini adalah besarnya jarak dari profil referensi sampai dengan profil dasar. Satuannya adalah dalam micron (μm).

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

Merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur. Bisa juga dikatakan bahwa kedalaman perataan merupakan jarak antara profil tengah dengan profil referensi.

8. ! Kekasaran Rata-rata aritmetis (*Mean roughness index*), R_a

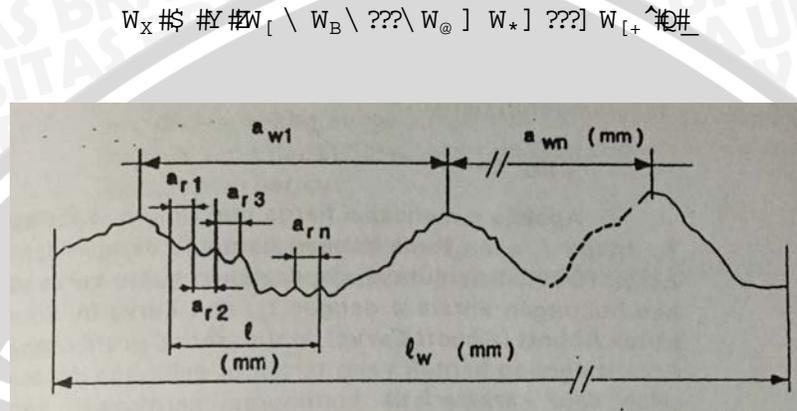
Adalah harga rata-rata aritmetis dari harga absolut antara profil terukur dengan profil tengah.

9. Kekasaran Rata-rata Kuadrat (*Root mean square height*), R_q

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

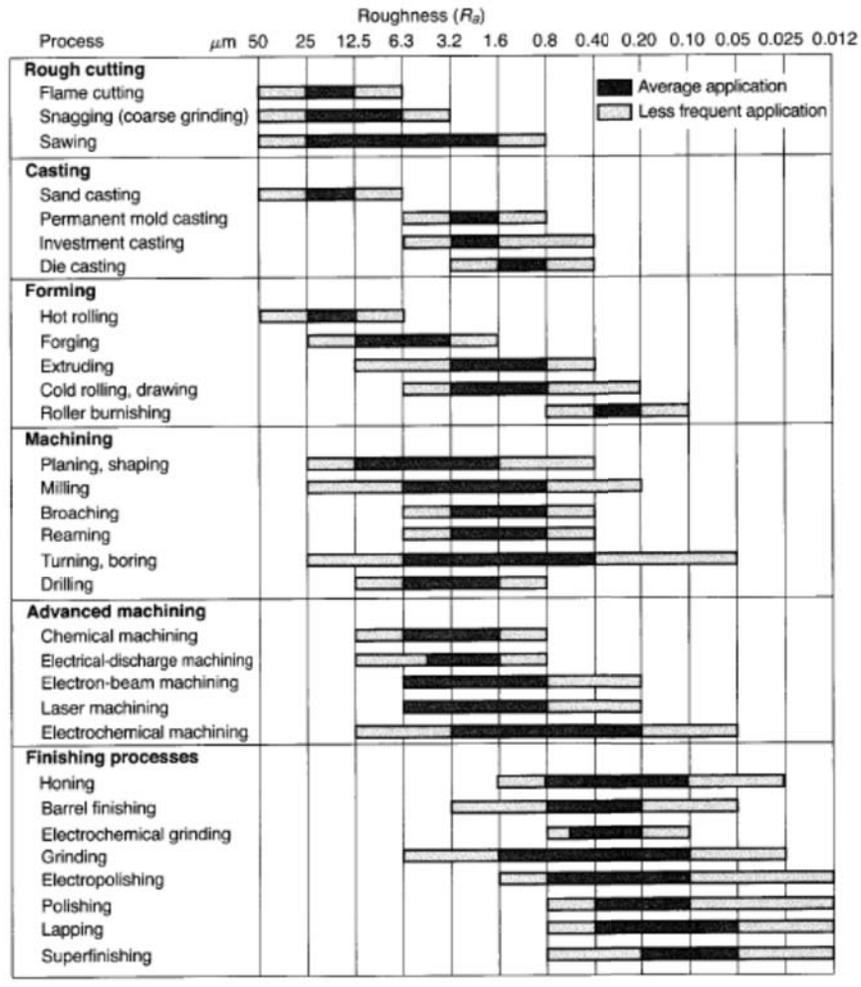
10. Kekasaran Rata-rata Total, R_z

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 2.30 Profil analisis terukur dalam arah sumbu gerak sensor alat ukur
Sumber : Rochim (1993 : 57)

Berikut merupakan beberapa standard kemampuan yang mampu dijangkau suatu proses permesinan dalam menghasilkan kekasaran permukaan yang dibentuk oleh mesin-mesin tertentu:



Gambar 2.31 Kemampuan dari berbagai proses permesinan dalam menghasilkan nilai kekasaran permukaan
 Sumber : Kalpakjian (2009 : 636)

2.9! Hipotesis

Semakin besarnya kedalaman pemakanan maka nilai kekasaran akan semakin besar. Hal ini disebabkan bertambah besarnya tebal gram yang dihasilkan dan demikian sebaliknya. Dan semakin mengecilnya nilai kedalaman pemakanan maka nilai kekasaran yang dihasilkan semakin kecil.

Semakin besarnya nilai *grit* suatu roda gerinda, maka akan semakin kecil nilai kekasaran permukaan. Hal ini disebabkan karena semakin besarnya nilai *grit* suatu batu gerinda maka akan berpengaruh dengan semakin besarnya atau banyaknya kontak batu gerinda terhadap benda kerja dan juga semakin kecilnya ukuran butir *abrasive* yang memakan benda kerja yang akan membuat menurunnya nilai kekasaran permukaan pada benda kerja.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1! Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental nyata (*true experimental research*). Metode ini digunakan dengan tujuan untuk mengetahui sebab akibat dari pengaruh variasi *grit* batu gerinda dan kedalaman pemakanan pada benda kerja terhadap hasil kekasaran spesimen baja ST 41 pada proses penggerindaan silinder luar. Proses penggerindaan silinder luar diaplikasikan pada mesin bubut konvensional yang pada bagian *toolpost-nya* akan diganti dengan sebuah rangkaian mesin gerinda.

3.2! Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan dalam rentang waktu periode Oktober 2016 - November 2016. Dalam pelaksanaan penelitian ini tempat yang digunakan adalah:

- ! Bengkel Perkakas, UPT Pelatihan Kerja (BLKI) Singosari, Malang.
- ! Laboratorium Proses Manufaktur 1, Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang.
- ! Laboratorium Metrologi, Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya, Malang.

3.3! Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel bebas, variabel terikat, variabel terkontrol.

3.3.1! Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang telah ditentukan pertama oleh peneliti yang nantinya akan mempengaruhi nilai dari variabel terikat. Variabel bebas yang telah ditentukan dalam penelitian ini adalah:

- ! *Grid* batu gerinda : 46
- ! *Grid* batu gerinda : 60

- ! Kedalaman pemotongan : 0.02 mm
- ! Kedalaman pemotongan : 0.05 mm
- ! Kedalaman pemotongan : 0.08 mm
- ! Kedalaman pemotongan : 0.11 mm

3.3.2 !Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung pada nilai dari variabel bebas yang telah ditentukan terlebih dahulu. Pada penelitian ini variabel yang terikat adalah nilai kekasaran permukaan.

3.3.3 !Variabel Terkontrol

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya dibuat konstan selama pelaksanaan penelitian agar hubungan variabel bebas dan terikat didalam penelitian ini tidak terpengaruh oleh faktor lain yang membuatnya semakin tidak terfokus. Variabel terkontrolnya adalah:

- ! Kecepatan putar *grinding wheel* : 2800 rpm (arah putaran *clockwise*)
- ! Kecepatan putar benda kerja : 215 rpm (arah putaran *clockwise*)
- ! Gerakan pemakanan : 0.2023 mm/rev

3.4! Alat dan Bahan

Pada penelitian ini dibutuhkan beberapa alat serta bahan yang nantinya akan digunakan agar tercapainya hasil penelitian yang diinginkan.

3.4.1 !Spesifikasi Alat

1. ! Mesin Bubut Konvensional

Mesin bubut yang akan digunakan didalam penelitian ini adalah mesin bubut konvensional biasa juga disebut *engine lathe* atau *center lathe*. Benda kerja akan dipasang pada *spindle* mesin ini yang akan memutar benda kerja, lalu modifikasi mesin gerinda pada *toolpost*-nya. Spesifikasi dari mesin bubut konvensional ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Mesin Bubut Konvensional
 Sumber : Bengkel Perkakas UPT Pelatihan Kerja (BLKI) Singosari (2016)

<i>Brand</i>	: Krisbow
<i>Type</i>	: KW 15-907 Metal Cutting Machine
<i>Dimension</i>	: 194 x 85 x 132 cm
<i>Weight</i>	: 1350 kg
<i>Max. swing over bed</i>	: 410 mm
<i>Max. swing over cross slide</i>	: 255 mm
<i>Max. swing over gap</i>	: 580 mm
<i>Distance between centers</i>	: 1000 mm
<i>Width of bed</i>	: 250 mm
<i>Spindle bore</i>	: 52 mm
<i>Spindle speeds</i>	: 45-1800 rpm
<i>Spindle speeds steep</i>	: 16 steep
<i>Feed (Longitudinal)</i>	: 0.05 - 1.7 mm/rev
<i>Cross Feed</i>	: 0.025 - 0.85 mm/rev
<i>Metric threads</i>	: 0.1 - 14 mm
<i>Cross Slide Width</i>	: 205 mm
<i>Cross Slide Travel</i>	: 210 mm
<i>Compound Rest Width</i>	: 130 mm
<i>Compound Rest Travel</i>	: 140 mm
<i>Max. travel of tailstock quill</i>	: 120 mm
<i>Motor Specification</i>	: 3300 W, 380 V, 3 phase

2. ! Mesin Gerinda *Toolpost*

Mesin gerinda *toolpost* ini adalah mesin yang nantinya akan melakukan proses penggerindaan terhadap benda kerja yang telah dipasangkan dan berputar pada mesin bubut konvensional. Mesin ini akan berkontak dengan benda kerja melalui roda gerinda yang telah terpasang dan akan memakan permukaan dari benda kerja hingga terkikis. Hasil pemakanan proses ini pada benda kerja yang nantinya akan diteliti dan dianalisa untuk diukur seberapa besar hasil kekasaran permukaannya.

Berikut adalah spesifikasi dari mesin gerinda *toolpost* serta salah satu batu gerinda yang akan digunakan didalam penelitian ini:



Gambar 3.2 Desain Gerinda Silindris *Toolpost*

Sumber : Bengkel Perkakas UPT Pelatihan Kerja (BLKI) Singosari (2016)

Merek	: Emco
Tipe mesin	: S3A
Buatan	: Austria
Kecepatan putar	: 2800 rpm
Motor	: 220/330 V, 0,55 kW
Ukuran batu gerinda	: 5"
Berat mesin	: 22.5 kg (28 kg dengan batu gerinda)



Gambar 3.3 Batu Gerinda *Grit 60*
 Sumber: dokumentasi pribadi



Gambar 3.4 Batu Gerinda *Grit 46*
 Sumber: dokumentasi pribadi

Merek	: Kinik
Material <i>abrasive</i>	: <i>Aluminum Oxide</i>
Grain size	: 46 (gambar 3.4) & 60 (gambar 3.3)
Grade	: Q (hard)
Bahan pengikat	: <i>Vitrified bond</i>
Dimensi batu gerinda	: 6" (D) x 5/8" (L) x 1/2" (<i>hole</i>)

3.1 Surface Roughness Tester

Surface roughness tester merupakan sebuah alat ukur yang digunakan untuk mengukur kekasaran suatu permukaan benda. Berikut adalah spesifikasi dari alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini:



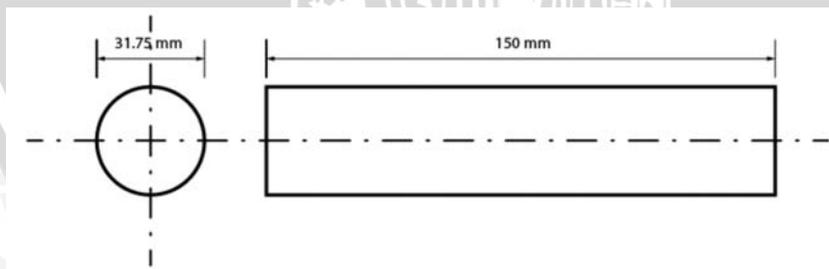
Gambar 3.5 *Surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210

Sumber : Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya (2016)

- Merk : Mitutoyo
- Type : SJ-210
- Buatan : Jepang
- Rentang pengukuran : 17.5 mm
- Kecepatan pengukuran : 0.25 - 075 mm/s

3.4.2 Spesifikasi Bahan

Pada penelitian ini benda kerja yang digunakan telah dilakukan permesinan terlebih dahulu oleh mesin bubut hingga mencapai batas spesifikasi pengerindaan. Berikut adalah spesifikasi bahan yang akan diproses:

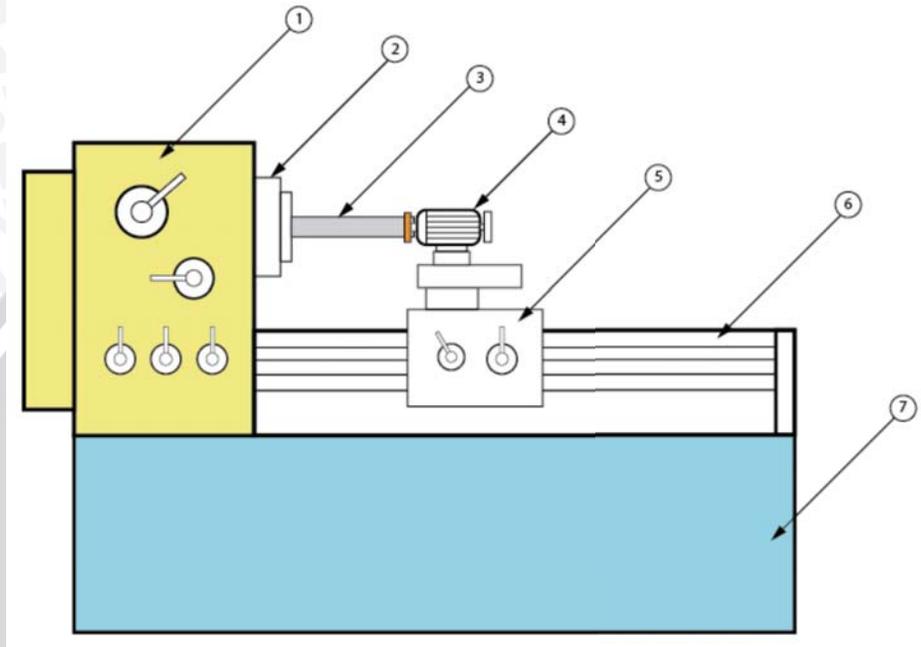


Gambar 3.6 Dimensi Benda Kerja

- Profil : Silinder pejal
- Panjang : 150 mm
- Diameter : 1.25" = 31.75 mm
- Jenis Material : Baja ST41

3.5! Instalasi Modifikasi Mesin Bubut

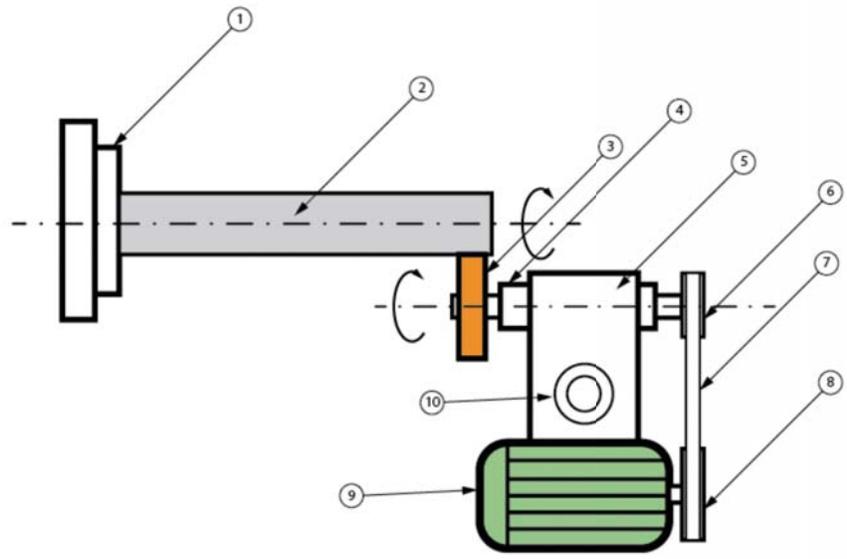
Berikut adalah contoh instalasi mesin gerinda *toolpost* yang dipasangkan pada bagian *toolpost* dari mesin bubut konvensional



Gambar 3.7 Skema Instalasi Penempatan Mesin Gerinda *Toolpost* pada Mesin Bubut Tampak Depan

Keterangan:

1. Kontrol utama mesin bubut (*head stock*)
2. Chuck
3. Benda kerja
4. Mesin gerinda *toolpost*
5. Carriage
6. Bed
7. Base



Gambar 3.8 Skema Mesin Gerinda *Toolpost* Tampak Atas

Keterangan:

- 1. ! Chuck
- 2. ! Benda kerja
- 3. ! Batu gerinda
- 4. ! Poros
- 5. ! Base Mesin Gerinda *Toolpost*
- 6. ! Pulley tergerak
- 7. ! Belt
- 8. ! Pulley penggerak
- 9. ! Motor listrik
- 10. ! Pengunci *toolpost*



3.6! Prosedur Penelitian

Demi tercapainya hasil dan proses kerja yang sesuai dibutuhkan prosedur dalam melakukan penelitian ini. Adapun prosedur penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. ! Persiapkan mesin bubut konvensional serta perlengkapannya.
2. ! Persiapkan mesin gerinda serta pasangkan pada *toolpost* mesin bubut.
3. ! Persiapkan dan periksa benda kerja sesuai dengan dimensi benda kerja yang telah ditentukan.
4. ! Pasang benda kerja pada *chuck* mesin bubut konvensional dan atur serta pastikan benda kerja agar *center* terhadap sumbu roda gerinda menggunakan bantuan *dial indicator*.
5. ! Nyalakan mesin gerinda *toolpost* lalu sentuhkan pada benda kerja hingga terbentuk percikan kecil yang menandakan titik nol kedalaman pemakanan.
6. ! Kembalikan mesin gerinda pada posisi bebas yang tidak bersentuhan pada benda kerja.
7. ! Atur parameter kerja sesuai variabel-variabel yang telah ditentukan.
8. ! Melakukan proses penggerindaan silinder luar.
9. ! Melepas spesimen dari *chuck* mesin bubut dan letakkan pada tempat yang aman.
10. ! Ulangi kembali langkah 4-9 dengan specimen yang berbeda sesuai variasi lain yang telah ditentukan.



Gambar 3.9 Mesin Gerinda *Toolpost* pada *Toolpost* Mesin Bubut

3.7! Pengukuran Kekasaran Permukaan

Setelah proses permesinan benda kerja telah dikerjakan dapat dilakukan pengukuran kekasaran benda kerja, agar diketahuinya tingkat kekasaran permukaan benda kerja tiap spesimen yang masing-masingnya memiliki parameter kerja yang berbeda-beda. Adapun langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut:

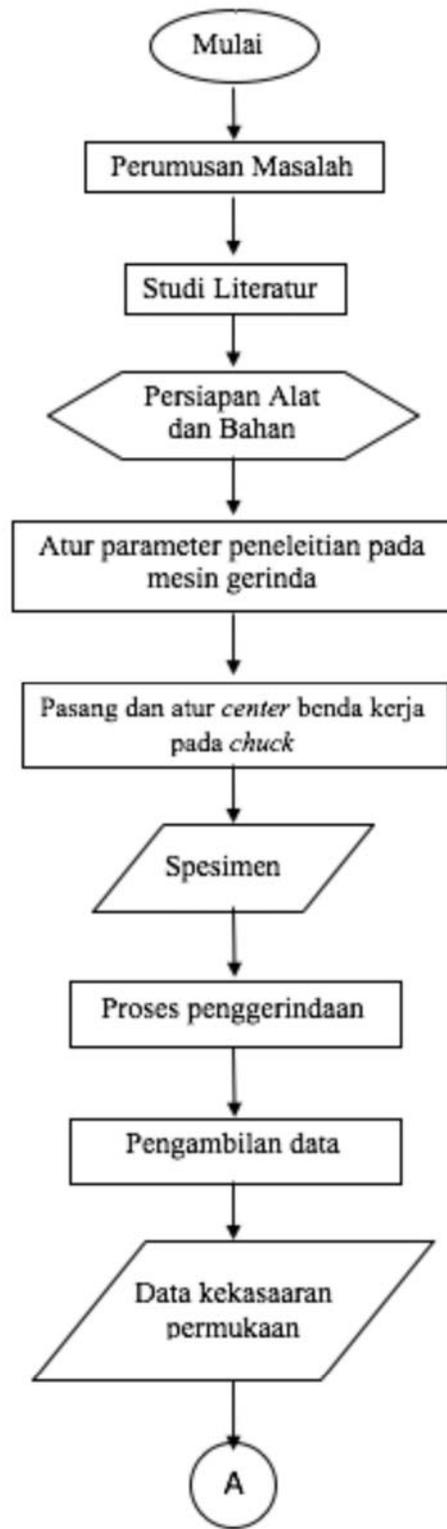
!

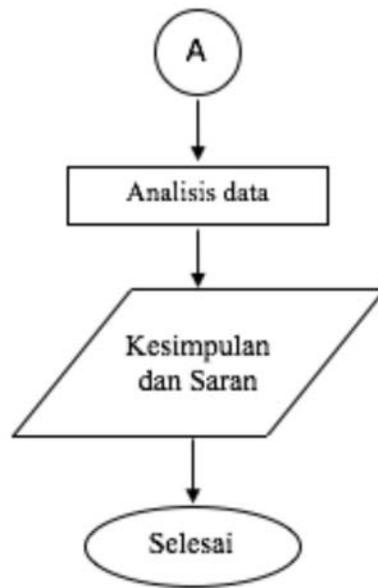
42 !

1. ! Siapkan dan bersihkan benda kerja dengan hati-hati menggunakan kain bersih dan lembut.
2. ! Persiapkan alat ukur kekasaran permukaan, yaitu *surface roughness tester* Mitutoyo SJ-210.
3. ! Letakkan alat ukur serta benda kerja diatas meja perata.
4. ! Menyalakan alat ukur.
5. ! Melakukan kalibrasi alat dengan cara melakukan pengukuran terhadap sampel benda yang telah diketahui nilai kekasarannya.
6. ! Lakukan pengukuran
7. ! Catat hasil pengukuran yang muncul pada layar alat.
8. ! Ulangi langkah 5-7 kepada seluruh spesimen pada setiap bagian yang telah ditentukan.



3.8! Diagram Alir





BAB IV
PEMBAHASAN

4.1! Data Penelitian

Sesuai dengan penjelasan pada bab sebelumnya bahwa pengambilan data hasil kekasaran pada penelitian ini menggunakan *surface roughness tester* kepada spesimen yang telah dilakukan proses permesinan gerinda silinder luar. Setiap spesimen diberi perlakuan parameter permesinan yang berbeda-beda sesuai nilai yang telah ditentukan pada bab sebelumnya. Pengukuran kekasaran permukaan ini menggunakan alat ukur *surface roughness tester*.

Berikut hasil pengukuran kekasaran permukaan spesimen pada batu gerinda *grit 60* dan *grit 46* secara berturut-turut dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4.1 Tabel Data Hasil Kekasaran Permukaan dengan Batu Gerinda *Grit 60*

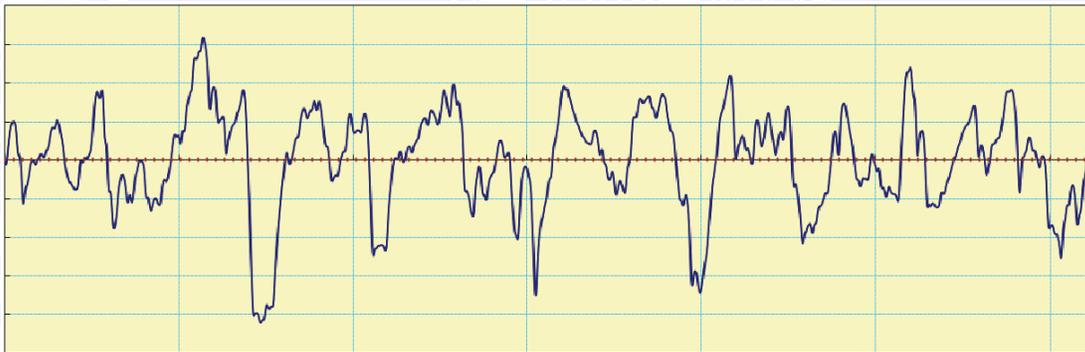
No.	Grit Batu Gerinda	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kekasaran Permukaan (µm)	Rata-rata (µm)
			Ra (µm)	
1	60	0.02	1.586	1.578
2			1.626	
3			1.521	
4		0.05	1.687	1.722
5			1.641	
6			1.840	
7		0.08	1.704	1.817
8			1.903	
9			1.845	
10		0.11	2.171	2.108
11			2.047	
12			2.106	

Tabel 4.2 Tabel Data Hasil Kekasaran Permukaan dengan Batu Gerinda *Grit 46*

No.	Grit Batu Gerinda	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kekasaran Permukaan (μm)	
			Ra (μm)	Rata-rata (μm)
1	46	0.02	1.903	1.959
2			2.071	
3			1.902	
4		0.05	2.276	2.337
5			2.363	
6			2.372	
7		0.08	2.381	2.461
8			2.380	
9			2.624	
10		0.11	2.635	2.686
11			2.689	
12			2.735	

Data-data pada tabel 4.1 dan 4.2 merupakan data yang didapatkan secara langsung dari hasil pengolahan data pada alat *surface roughness tester* yang digunakan sebagai alat ukur kekasaran permukaan pada penelitian ini.

Secara konvensional nilai kekasaran permukaan dapat dihitung atau dicari nilainya secara manual dengan memanfaatkan gambar profil dari permukaan benda kerja. Berikut merupakan contoh pengukuran kekasaran permukaan pada benda kerja dengan *grit 60* dan kedalaman pemakanan 0.11 mm, pengulangan yang kedua pada titik kedua yang nilai Ra hasil pengukuran menggunakan alat sebesar 1.698 μm :



Gambar 4.1 Grafik gelombang data kekasaran permukaan menggunakan surface roughness tester

Tabel 4.3 Tabel panjang profil tengah ke profil terukur tiap titik(h)

h1	1.9914	h26	1.6481	h51	2.3941	h76	2.7302	h101	1.5006
h2	1.9792	h27	2.8424	h52	2.8856	h77	0.4064	h102	1.7637
h3	0.1353	h28	1.3055	h53	1.6075	h78	2.2457	h103	0.5375
h4	0.2135	h29	7.9971	h54	1.7380	h79	6.4958	h104	4.7854
h5	0.7373	h30	7.5910	h55	1.8282	h80	6.7415	h105	0.8298
h6	2.0527	h31	6.2047	h56	0.7479	h81	2.7673	h106	2.4240
h7	0.5391	h32	0.7928	h57	0.9623	h82	1.4961	h107	2.4713
h8	1.5248	h33	0.2318	h58	0.0473	h83	3.8049	h108	1.6773
h9	0.0870	h34	2.1764	h59	3.8762	h84	0.0270	h109	0.0331
h10	1.1521	h35	2.4542	h60	0.4902	h85	0.7624	h110	1.3495
h11	3.3757	h36	2.9179	h61	7.0413	h86	0.3252	h111	2.3397
h12	1.6628	h37	0.6860	h62	2.4186	h87	0.7181	h112	0.4171
h13	1.8195	h38	0.8182	h63	0.4751	h88	1.7572	h113	0.3525
h14	1.9986	h39	0.4308	h64	3.5602	h89	1.3471	h114	1.1051
h15	0.8407	h40	1.4774	h65	3.0109	h90	2.7505	h115	3.3335
h16	0.7007	h41	1.6468	h66	1.6321	h91	1.5325	h116	2.9350
h17	2.2894	h42	2.0626	h67	0.8798	h92	3.7482	h117	0.1423
h18	1.6835	h43	4.4465	h68	1.2399	h93	3.3631	h118	0.5850
h19	0.2083	h44	3.0946	h69	0.2377	h94	2.1192	h119	0.1787
h20	1.1354	h45	0.0504	h70	1.1127	h95	0.2841	h120	3.5602
h21	2.9984	h46	0.0635	h71	1.4777	h96	1.9277	h121	4.1032
h22	5.2425	h47	0.7521	h72	1.2158	h97	1.6506	h122	2.4397
h23	5.9700	h48	2.0469	h73	3.1647	h98	1.0341	h123	2.1122
h24	3.7660	h49	2.5707	h74	3.3123	h99	0.9943	h124	1.0080
h25	2.2528	h50	2.3393	h75	2.5062	h100	0.3402	h125	0.0704

Dimana h merupakan titik terukur yang diukur panjang jaraknya dari profil tengahnya hingga ke profil terukurnya. Dengan diketahuinya nilai h, maka dapat dilakukan perhitungan pendekatan rumus perhitungan kekasaran permukaan (Ra) sebagai berikut:

$$Ra = \frac{\sum |I_i|}{n}$$

$$Ra = \frac{\sum_{ab}^{[B]} |I_i|}{cd}$$

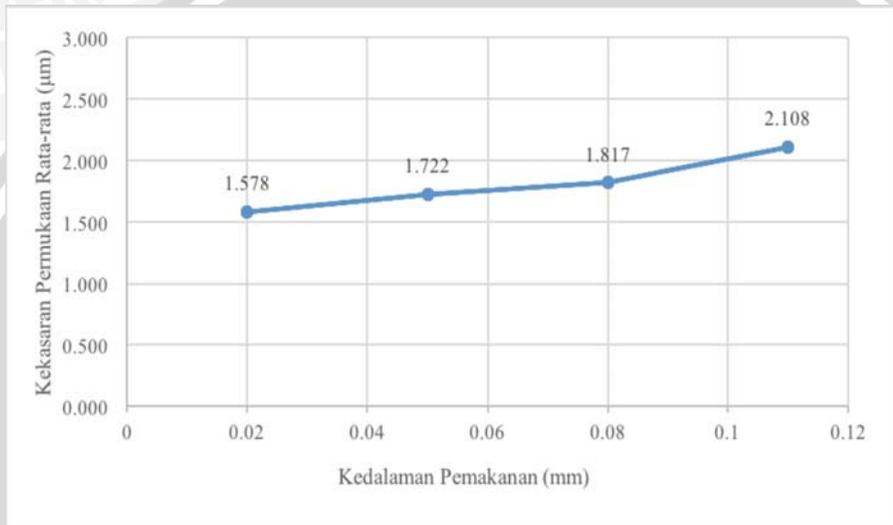
$$Ra = \frac{def}{ghg} \# \$ \# \# g f i j \# k l \#$$

Setelah dilakukan proses perhitungan kekasaran permukaan aritmetik (Ra) secara manual dapat dilihat terdapat perbedaan harga kekasaran permukaan antara yang dihasilkan alat dan perhitungan secara manual. Perbedaan terjadi karena seperti yang kita tahu dan lihat dari rumus bahwa perhitungan ini merupakan suatu pendekatan nilai, yang dimana nilai yang

dihasilkan akan semakin mendekati apabila titik (hi) yang digunakan semakin banyak. Oleh sebab itu, pada penelitian menggunakan nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan proses olah data oleh alat *surface roughness tester*.

4.2! Pembahasan

4.2.1 !Hubungan Variabel Kedalaman Pemakanan terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Menggunakan Batu Gerinda *Grit 60*



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Antara Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Menggunakan Batu Gerinda *Grit 60*

Pada gambar 4.1 diatas terlihat hubungan antara kedalaman pemakanan yang ditunjukkan searah sumbu x terhadap kekasaran permukaan yang ditunjukkan searah sumbu y pada proses penggerindaan silinder luar pada silinder baja ST41 menggunakan batu gerinda dengan *grit 60*. Nilai variasi kedalaman pemakanan sesuai dengan nilai yang telah ditentukan pada sebelumnya yaitu 0.02 mm, 0.05 mm, 0.08 mm, 0.11 mm.

Pada grafik dengan kedalaman pemakanan 0.02 mm menghasilkan nilai kekasaran permukaan sebesar 1.578 µm, pada kedalaman pemakanan 0.05 mm menghasilkan nilai kekasaran permukaan sebesar 1.722 µm, selanjutnya pada kedalaman pemakanan 0.08 mm kekasaran permukaan yang didapat sebesar 1.817 µm, dan pada kedalaman pemakanan 0.11 mm mempunyai nilai kekasaran permukaan sebesar 2.108 µm. Dari grafik ini dengan penggunaan batu gerinda *grit 60* terlihat kecenderungan bahwa semakin besarnya nilai

parameter kedalaman pemakanan akan juga meningkatkan nilai kekasaran permukaan benda kerja.

Nilai kedalaman pemakanan yang semakin tinggi akan mempengaruhi kekasaran permukaan yang dihasilkan yang dimana nilainya akan semakin membesar. Hal ini disebabkan karena dengan adanya peningkatan kedalaman pemakanan akan meningkatkan juga nilai dari tebal geram ekuivalen. Hubungan antara kedalaman pemakanan terhadap tebal geram ekuivalen dapat dilihat pada rumus (Rochim, 1993:378):

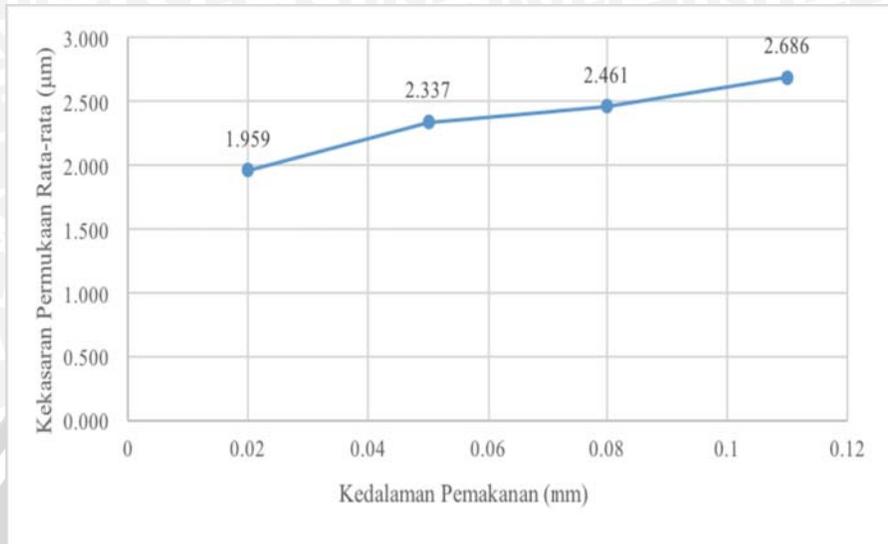
$$I_{JK} = \frac{R_{ST}}{N_{JK}} \quad (3 - 1)$$

Secara teoritis tebal geram ini akan berpengaruh langsung terhadap nilai dari kekasaran permukaan. Hubungan antara tebal geram ekuivalen terhadap kekasaran permukaan dapat dilihat pada rumus (Rochim, 1993:382):

$$W_J = W_{JK} \quad (3 - 2)$$

Selain itu, dengan adanya kedalaman pemakanan yang semakin besar luas penampang yang terbentuk juga semakin besar sehingga gaya pemotongan akan semakin besar.

4.2.2 Hubungan Variabel Nilai *Grit* Batu Gerinda terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Menggunakan Batu Gerinda *Grit* 46



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Antara Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Menggunakan Batu Gerinda *Grit* 46

Pada gambar 4.2 diatas terlihat grafik hubungan antara kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan pada proses penggerindaan silindris menggunakan batu gerinda *grit* 46. Proses penggerindaan diberlakukan pada benda kerja ST41 dengan nilai kedalaman pemakanan masing-masing 0.02 mm, 0.05 mm, 0.08 mm, 0.11 mm.

Dari grafik pada gambar 4.2 dengan penggunaan batu gerinda *grit* 46 terlihat kecenderungan hasil kekasaran permukaan yang semakin besar seiring nilai parameter kedalaman pemakanan yang juga meningkat. Pada grafik dengan kedalaman pemakanan 0.02 mm menghasilkan nilai kekasaran permukaan sebesar 1.959 μm , pada kedalaman pemakanan 0.05 mm menghasilkan nilai kekasaran permukaan sebesar 2.337 μm , selanjutnya pada kedalaman pemakanan 0.08 mm kekasaran permukaan yang didapat sebesar 2.461 μm , dan pada kedalaman pemakanan 0.11 mm mempunyai nilai kekasaran permukaan sebesar 2.686 μm . Dari grafik ini dengan penggunaan batu gerinda *grit* 46 terlihat kecenderungan bahwa semakin besarnya nilai parameter kedalaman pemakanan akan juga meningkatkan nilai kekasaran permukaan benda kerja.

Kedalaman pemakanan yang diberikan akan mempengaruhi kekasaran permukaan yang dihasilkan pada benda kerja, yang dimana nilainya akan cenderung membesar seiring

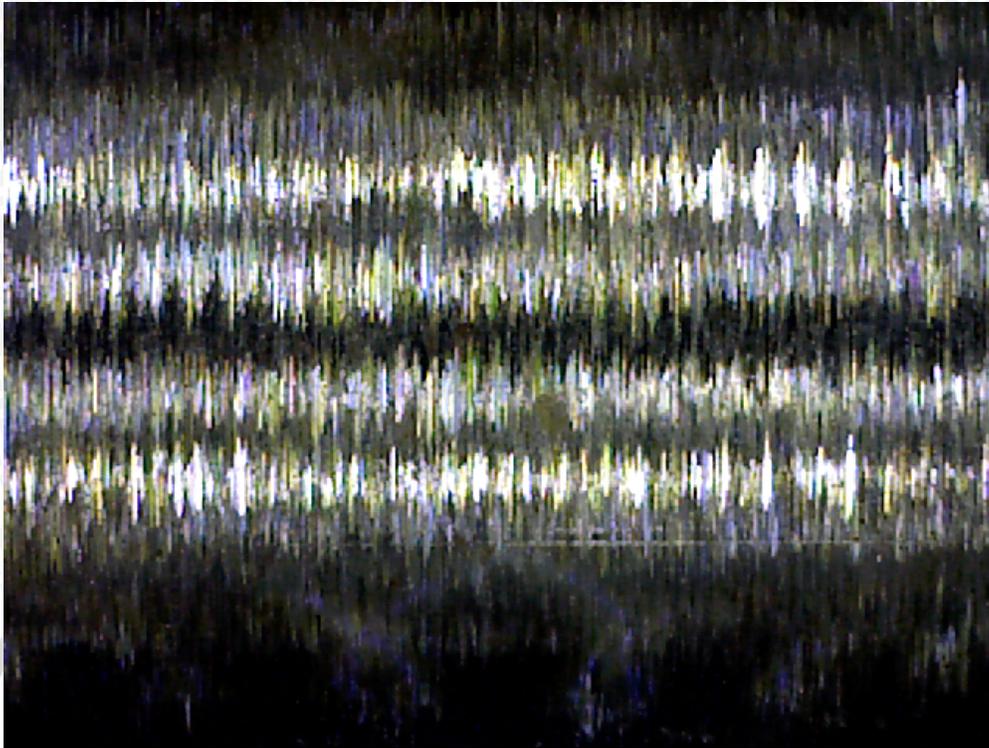
membesarnya nilai kedalaman pemakanan. Naiknya hasil kekasaran permukaan ini disebabkan karena adanya peningkatan kedalaman pemakanan yang dimana akan meningkatkan juga nilai dari tebal geram ekuivalen. Hubungan antara kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan dapat dilihat pada rumus 3-1.

Secara teoritis tebal geram ini akan berpengaruh langsung terhadap nilai dari kekasaran permukaan. Hubungan antara tebal geram ekuivalen terhadap kekasaran permukaan dapat dilihat pada rumus 3-2. Selain itu, dengan adanya kedalaman pemakanan yang semakin besar luas penampang yang terbentuk juga semakin besar sehingga gaya pemotongan akan semakin besar.

Pada gambar 4.3 dan 4.4 terlihat profil permukaan hasil kekasaran permukaan benda kerja *grit* batu gerinda 60 dengan kedalaman pemakanan berturut-turut 0.02 mm dan 0.11 mm. Terlihat pada gambar 4.3 benda kerja dengan kedalaman pemakanan 0.02 mm bekas goresan batu gerinda lebih lebar dibanding lebar goresan pada gambar 4.4, itu menunjukkan butir *abrasive* pada kedalaman 0.11 mm melakukan penetrasi lebih dalam dibanding penetrasi pada benda kerja 0.02 mm.

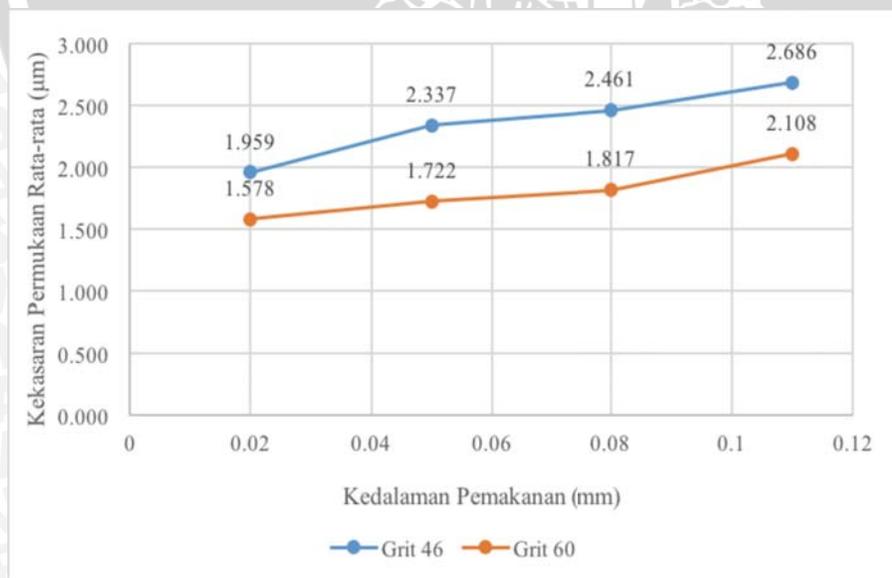


Gambar 4.4 Dokumentasi Hasil Foto Makro Kekasaran Permukaan Benda Kerja dengan Kedalaman Pemakanan 0.02 mm dan *Grit* Batu Gerinda 46



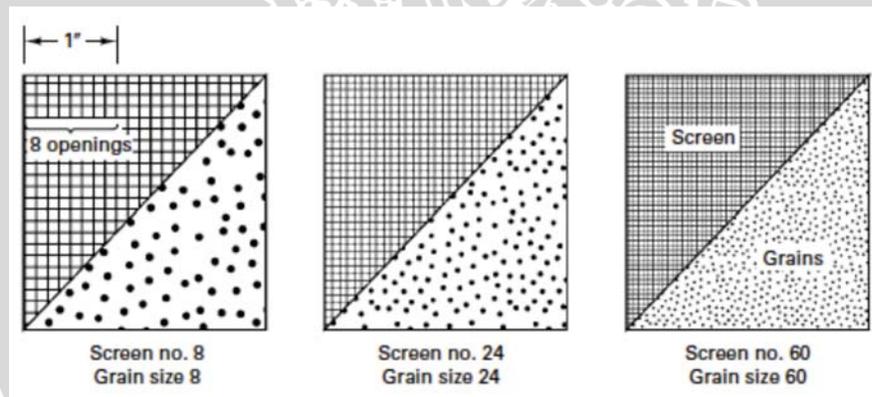
Gambar 4.5 Dokumentasi Hasil Foto Makro Kekasaran Permukaan Benda Kerja dengan Kedalaman Pemakanan 0.11 mm dan Grit Batu Gerinda 46

4.2.3 Hubungan Variabel Nilai Grit Batu Gerinda terhadap Hasil Kekasaran Permukaan



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Antara Kedalaman Pemakanan dan Grit Batu Gerinda Terhadap Kekasaran Permukaan

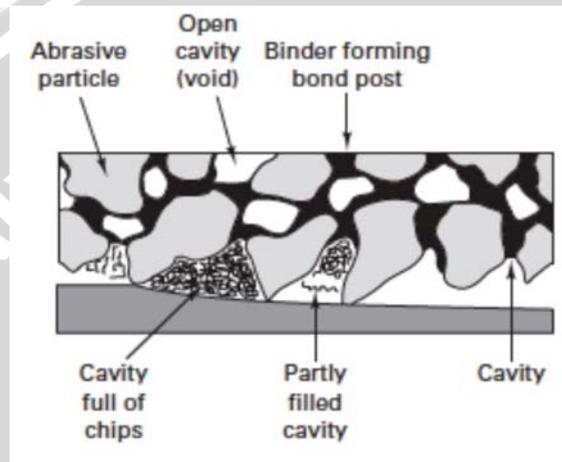
Pada gambar 4.3 dapat dilihat grafik hubungan antara kekasaran permukaan benda kerja yang ditunjukkan oleh sumbu y dan kedalaman pemakanan pada sumbu x menggunakan nilai *grit* batu gerinda yang berbeda yaitu 60 dan 46. Pada permukaan benda kerja dengan penggunaan batu gerinda *grit* 60 terendah pada kedalaman pemakanan 0.02 mm sebesar $1.578 \mu\text{m}$ dan yang tertinggi pada kedalaman pemakanan 0.11 mm dengan nilai sebesar $2.108 \mu\text{m}$. Pada penggunaan batu gerinda dengan *grit* 46 kekasaran permukaan terendah terjadi juga pada kedalaman pemakanan 0.02 mm dengan nilai sebesar $1.959 \mu\text{m}$ dan yang tertinggi pada kedalaman pemakanan 0.11 mm dengan nilai $2.686 \mu\text{m}$. Terlihat bahwa grafik dengan *grit* 46 cenderung memiliki nilai kekasaran yang lebih tinggi tiap nilai kedalaman pemakanan dengan rentang 0.02 mm hingga 0.11 mm dibandingkan *grit* 60, hal ini terjadi karena pada batu gerinda dengan *grit* 60 memiliki jumlah butir *abrasive* yang banyak dibanding batu gerinda *grit* 46. Semakin banyaknya jumlah butir *abrasive* yang dimiliki maka semakin banyaknya juga butir pada permukaan batu gerinda yang aktif memakan benda kerja sehingga semakin kecilnya juga nilai kekasaran yang terbentuk.



Gambar 4.7 Visualisasi penentuan nilai *grit* batu gerinda
Sumber : DeGarmo (2008 : 760)

Dapat juga dilihat pada grafik *grit* 60 antara kedalaman pemakanan 0.08 mm dan 0.11 mm terdapat peningkatan nilai kekasaran permukaan yang signifikan yang dimana nilai kekasaran spesimen dengan *grit* 60 dan kedalaman pemakanan 0.11 mm sebesar $2.108 \mu\text{m}$ melebihi nilai kekasaran permukaan pada spesimen *grit* 46 kedalaman pemakanan 0.02 mm sebesar $1.959 \mu\text{m}$. Seperti yang dinyatakan dalam berbagai literatur permesinan seperti yang dijelaskan oleh Degarmo (2008) bahwa semakin besar nilai *grit* makan ukuran butir *abrasive*-nya akan semakin kecil karena jumlah lubang persatuan inci akan semakin banyak menyebabkan ukuran butir yang semakin besar tidak dapat melewati lubang pada suatu nilai

grit. Semakin kecilnya ukuran butir *abrasive* akan menyebabkan semakin banyaknya butir *abrasive* yang aktif melakukan pemakanan pada permukaan batu gerinda berakibat pada semakin luasnya kontak pemakanan sehingga gaya pemakanan yang lebih besar. Peristiwa ini ditambah juga dengan semakin kecilnya celah yang terbentuk seperti pada gambar 4.5 saat pemakanan berlangsung sehingga terperangkapnya *chips* hasil pemotongan membuat kekasaran permukaan pun semakin meningkat. Gaya pemakanan yang semakin besar akan menghasilkan juga getaran yang berlebihan membuat kekasaran permukaan meningkat.

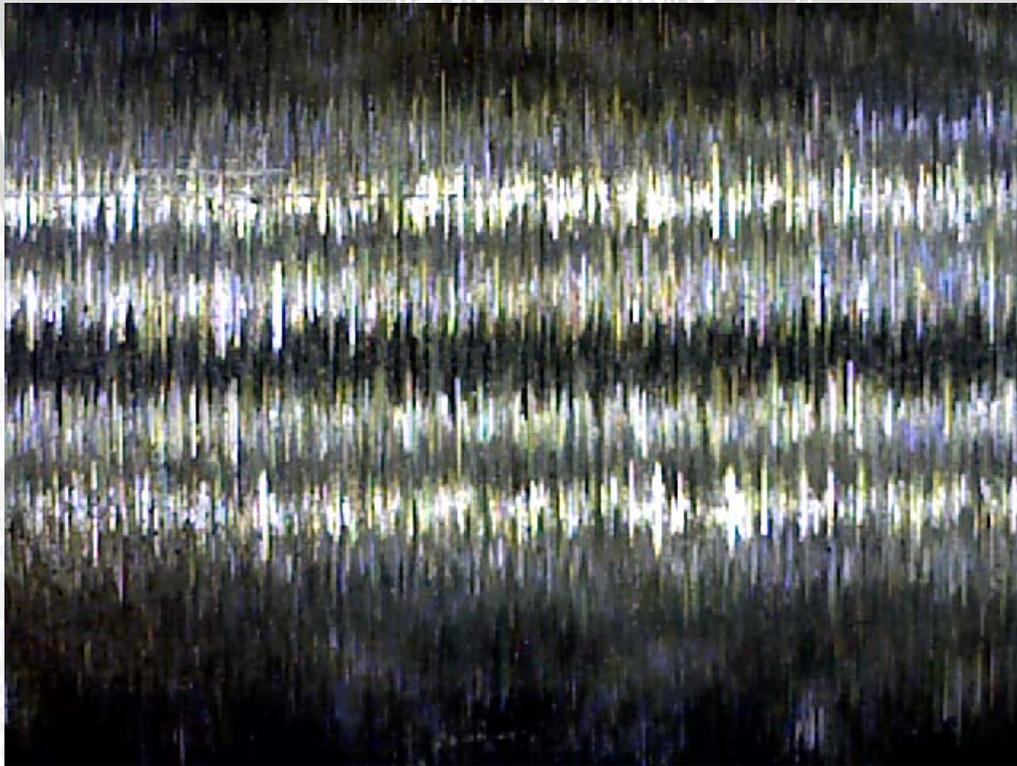


Gambar 4.8 Ilustrasi *chips* yang terjebak saat proses penggerindaan berlangsung
Sumber : DeGarmo (2008 : 761)

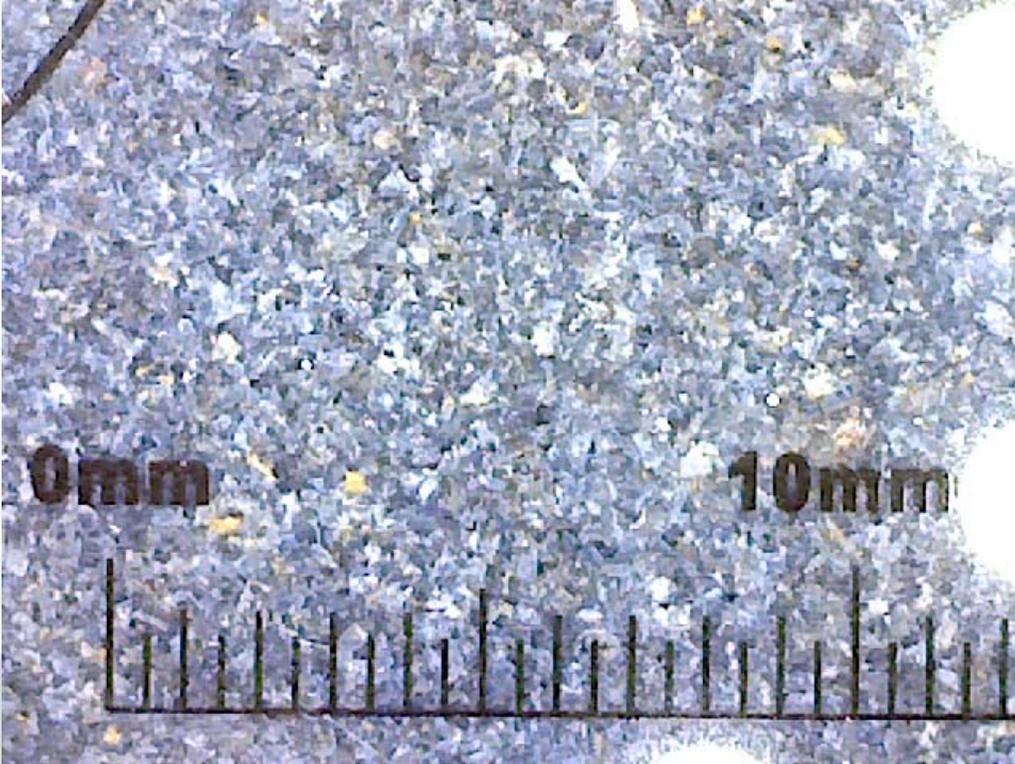
Pada gambar 4.8 dan 4.9 terlihat perbandingan profil permukaan hasil kekasaran permukaan benda dengan kedalaman pemakanan 0.08 mm dan dengan *grit* batu gerinda berturut-turut 60 dan 46 menggunakan *digital microscope*. Dapat dilihat pada gambar 4.8 yang hasil kekasarannya lebih rendah dibanding gambar 4.9 yang kekasaran permukaannya lebih tinggi, gambar 4.8 terlihat bekas goresan butir *abrasive* batu gerinda lebih banyak dibandingkan goresan yang dihasilkan pada gambar 4.9.



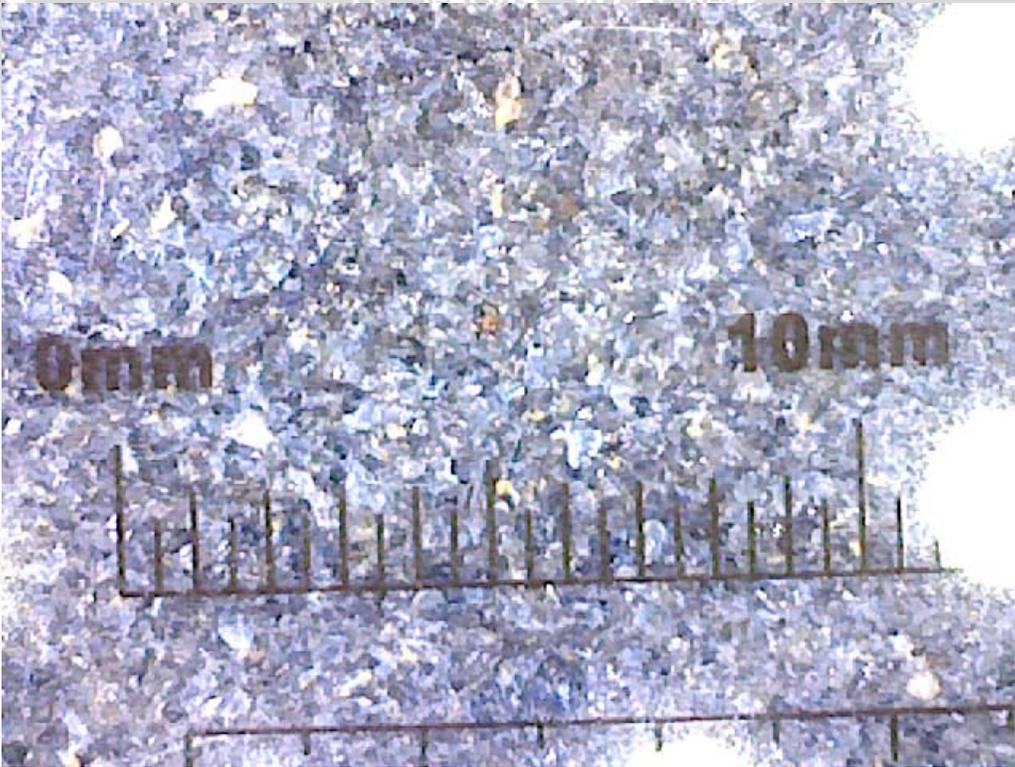
Gambar 4.9 Dokumentasi Hasil Foto Makro Kekasaran Permukaan Benda Kerja dengan Kedalaman Pemakanan 0.08 mm dan *Grit* Batu Gerinda 60



Gambar 4.10 Dokumentasi Hasil Foto Makro Kekasaran Permukaan Benda Kerja dengan Kedalaman Pemakanan 0.08 mm dan *Grit* Batu Gerinda 46



Gambar 4.11 Dokumentasi Hasil Foto Makro Profil Permukaan *Grit* Batu Gerinda 60



Gambar 4.12 Dokumentasi Hasil Foto Makro Profil Permukaan *Grit* Batu Gerinda 46

!

Gambar 4.10 dan gambar 4.11 menunjukkan profil permukaan berturut-turut dari batu gerinda *grit* 60 dan *grit* 46 yang didapatkan menggunakan *digital microscope*. Pada gambar 4.10 terlihat jelas bahwa pada batu gerinda dengan *grit* 60 memiliki lebih banyak butir *abrasive* per satuan luas dibandingkan batu gerinda dengan *grit* 46 yang ditunjukkan pada gambar 4.11. Sesuai dengan pernyataan bahwa semakin besar nilai *grit* maka butir *abrasive*-nya akan semakin kecil, dengan semakin kecilnya butir *abrasive* suatu batu gerinda maka dalam satu luasan jumlah butirnya akan lebih banyak dibandingkan batu gerinda dengan *grit* yang lebih rendah. Jika dihubungkan pada gambar 4.8 dan gambar 4.9 maka benar apabila pada gambar 4.8 memiliki jumlah goresan per satuan luas yang lebih banyak dibanding jumlah goresan pada gambar 4.9.

4.2.4 Kualitas Kekasaran yang Dihasilkan dibandingkan Kualitas Kekasaran Proses Penggerindaan pada Umumnya

Pada penelitian ini bisa dilihat bahwa kualitas kekasaran permukaan yang dihasilkan pada proses penggerindaan silinder menggunakan mesin gerinda *toolpost* menghasilkan rentang nilai kekasaran sekitar 1.521 μm hingga 2.735 μm . Tiap jenis proses permesinan akan memiliki rentang nilai toleransi hasil kekasaran permukaan yang tipikal terhadap output kekasaran yang dibentuk.

Pada beberapa literatur tentang permesinan memberikan standar kualitas nilai kekasaran pada berbagai macam proses permesinan, termasuk hasil kekasaran permukaan benda kerja hasil proses penggerindaan. Pada buku yang ditulis oleh DeGarmo (2008) kekasaran permukaan rata-rata yang dihasilkan pada proses penggerindaan adalah 0.1 μm hingga 1.6 μm . Kalpakjian (2009) juga dalam bukunya memberikan standar yang sama dengan rentang 0.1 μm hingga 1.6 μm .

Rata-rata nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan pada penelitian ini, menunjukkan nilai yang termasuk batas bawah atau bahkan diluar dari nilai kekasaran permukaan hasil proses penggerindaan pada umumnya yaitu diatas 1,6 μm , yang dimana rentang normal rata-rata nilai hasil kekasaran permukaan proses penggerindaan berada diantara 0,1 μm hingga 1,6 μm .

Nilai kekasaran permukaan yang dibawah rata-rata ini terjadi karena metode penggerindaan yang digunakan pada penelitian ini. Penelitian ini menggunakan metode penggerindaan tanpa *spark out*, yang dimana proses penggerindaan hanya dilakukan sekali pemakanan dan satu arah saja tanpa adanya gerakan balik pemakanan. Penggerindaan tanpa

spark out memungkinkan terlewatnya bagian dari benda kerja yang belum termakan sepenuhnya sehingga kekasaran permukaan menjadi tinggi. Pada penelitian ini tidak juga menggunakan *coolant* atau pendingin yang berfungsi sebagai media pendingin proses permesinan serta media pengangkut *chips* yang terbentuk. Dengan meningkatnya suhu yang berlebih dapat mengubah geometri permukaan benda kerja yang mengakibatkan susahny mengontrol keakurasian hasil permukaan (Kalpakjian,2009). *Chips* yang terjebak diantara kontak pemakanan antara batu gerinda dan benda kerja apabila jumlahnya berlebihan akan mempengaruhi juga hasil kekasaran permukaan yang dihasilkan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB V PENUTUP

5.1! Kesimpulan

Dengan adanya pengujian didapatkan hasil data yang dapat menjawab tujuan dari penelitian ini serta dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1.! Parameter kedalaman pemakanan dan nilai *grit* batu gerinda memiliki pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan proses penggerindaan menggunakan mesin gerinda *toolpost*.
 - a. Pengaruh kedalaman pemakanan terhadap hasil kekasaran permukaan pada benda kerja memiliki perbandingan nilai yang lurus.
 - b. Pengaruh nilai *grit* batu gerinda terhadap hasil kekasaran permukaan pada benda kerja memiliki perbandingan nilai yang terbalik, atau dapat juga disebut besar ukuran butir *abrasive* batu gerinda memiliki perbandingan nilai yang lurus.
- 2.! Variasi kedalaman pemakanan yang rendah dan nilai *grit* batu gerinda yang tinggi akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan terendah, dalam penelitian ini adalah kedalaman pemakanan 0.02 mm dan batu gerinda *grit* 60 dengan hasil rata-rata kekasaran permukaan sebesar 1.959 μm .
- 3.! Pada batu gerinda *grit* 60 kedalaman pemakanan maksimal yang disarankan adalah 0.08 mm untuk mendapatkan kekasaran permukaan dibawah nilai kekasaran permukaan pada penggerindaan batu gerinda *grit* 46.

5.2! Saran

- 1.! Untuk menyempurnakan penelitian ini agar didapatkan hasil yang lebih baik lagi, diperlukan penelitian dengan kondisi *wet* menggunakan *coolant* dan juga *cycle* pemakanan yang tidak hanya sekali.
- 2.! Perlu dilakukannya penelitian tentang getaran yang dihasilkan pada saat proses penggerindaan berlangsung.
- 3.! Penelitian selanjutnya agar memvariasikan input proses penggerindaan seperti parameter pemotongan, jenis dan spesifikasi batu gerinda, dan juga jenis spesimen yang digunakan terhadap kekasaran permukaan benda kerja.