

BAB 1

LATAR BELAKANG

1.1 Latar Belakang

Dalam melakukan pembuatan produk pemesinan banyak proses yang harus dilalui dengan berbagai macam mesin perkakas, salah satunya adalah proses turning atau bubut. Pada proses tersebut banyak faktor-faktor atau parameter yang mempengaruhi hasil dari proses pembubutan. Selain itu penanganan terhadap pembuatan komponen harus cermat dan teliti sehingga dapat mengurangi kesalahan dalam proses produksi. Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah suatu bentuk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong. Ada beberapa kelompok proses pemotongan yang salah satunya dengan proses pemotongan menggunakan mesin perkakas, yaitu proses pemotongan dengan menggunakan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas. Dalam istilah teknik proses ini disebut dengan nama pemotongan logam (metal cutting process) atau proses permesinan (machining process). Saat ini dalam dunia industri penggunaan terutama mesin bubut CNC untuk operator kurang diperhatikan dalam penggunaan pahat potong. Kemampuan jenis pahat belum benar-benar diperhatikan untuk kedalaman pemakanan yang tepat supaya mengetahui kekasaran yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan proses produksi. Penelitian ini dilakukan dengan meneliti sejauh mana pengaruh kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan CNC dengan benda kerja baja AISI 1045.

Pada era globalisasi seperti masa sekarang ini menuntut industri manufaktur untuk mampu bersaing dipasar internasional. Ada beberapa faktor penting yang menjadi fokus perhatian diantaranya: peningkatan mutu kualitas produk, kecepatan proses manufaktur, penurunan biaya produksi, aman dan ramah lingkungan. Kualitas produk hasil proses pemesinan selalu dikaitkan dengan ketepatan dimensi-toleransi dan nilai kekasaran permukaan (Surface roughness) dari produk hasil proses pemesinan. Oleh karena itu kekasaran permukaan menjadi salah satu standart keakuratan dan kualitas permukaan produk (Wahyudi, 2011).

Dalam proses pemesinan selain mesin bubut dan benda kerja. Maka dalam mempertimbangkan hal tersebut bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja AISI 1045 karena bahan tersebut sering digunakan dalam proses pemesinan dan mampu dikerjakan dengan mudah serta mudah diperoleh. Bentuk dan kekasaran dari suatu produk yang dihasilkan oleh mesin bubut memegang peranan yang sangat penting, hal ini disebabkan oleh bentuk dan kekasaran permukaan produk tersebut berkaitan dengan gesekan, keausan, sistem pelumasan dan lainnya. Hasil proses pemesinan akan memiliki bentuk dan kekasaran permukaan tertentu seperti mengkilat, permukaan yang kasar dan halus. Proses pemesinan akan menentukan kekasaran permukaan pada level tertentu, dimana kekasaran permukaan tersebut dapat dijadikan acuan untuk evaluasi produk pemesinan, kekasaran permukaan sebuah produk membutuhkannilai kekasaran permukaan yang besar sesuai dengan fungsinya. Mengingat begitu pentingnya arti kekasaran permukaan pada suatu komponen terutama dalam bentuk poros, dimana poros sering digunakan sebagai alat untuk menstranmisikan putaran dari alat penggerak seperti motor listrik sehingga poros dituntut halus agar keausan dapat dikurangi.

Maka harus dapat dibuat produk yang mempunyai tingkat kekasaran yang sesuai kriteria. Untuk mengetahui jenis kekasaran permukaan pada suatu benda kerja atau hasil produksi dengan proses pemesinan dapat digunakan suatu alat ukur kekasaran permukaan (surface roughness). Kualitas suatu kekasaran permukaan dipengaruhi oleh elemen dasar pemotongan proses pemesinan pada mesin diantaranya kecepatan potong, kedalaman potong, feeding, radius pahat potong, jenis pahat potong, kondisi mesin, media pendingin, gerak makan jenis material dan lain-lain. (Boenasir, 1994).

Tetapi dalam pengujian dicoba untuk melakukan variasi kedalaman potong benda kerja yg mana putaran spindle mesin, pemakanan, dan variabel lain nya yg konstan diharapkan pada penelitian mesin bubut tanpa cairan pemotongan di peroleh karakteristik/kurva kekasaran permukaan sebagai fungsi terhadap kedalaman potong begitu juga terhadap fungsi lainnya yaitu waktu pemotongan.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang masalah diatas, maka perumusan masalah yang dapat dibahas adalah:

1. Bagaimana mengetahui pengaruh kedalaman potong terhadap kekasaran Baja AISI 1045 pada proses pembubutan CNC
2. Bagaimana kualitas jenis baja AISI 1045.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Pahat yang digunakan pada proses pembubutan ini adalah pahat karbida.

2. Benda kerja yang digunakan sebagai objek penelitian adalah baja karbon sedang AISI 1045 dengan ukuran panjang benda kerja 30 cm dengan diameter 25 mm.
3. Parameter Pembubutan dengan lima variasi yang berbeda dengan tebal pemotongan 0,5 cm, 0,8 cm, 1 cm, 1,5 cm dan 1,8 cm. dengan rpm 1800 dan *Feeding Rate* 0,25 mm/rev
4. Proses permesinan menggunakan mesin bubut cnc.
5. Metode pembubutan adalah pembubutan kering.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kekasaran permukaan pada proses bubut kering .
2. Untuk mengetahui kekasaran permukaan pada baja 1045 dengan variasi kedalaman potong .
3. Mengamati dari hasil pengujian *Radius Angel* (Ra) pada proses bubut.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai masukan dan pertimbangan bagi perkembangan penelitian sejenis dimasa yang akan datang.
2. Mengetahui pengaruh kedalaman pemotongan terhadap umur pahat pada baja AISI 1045.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja dan Paduannya

Menurut Hari Amanto dan Daryanto (1999), Baja dapat didefinisikan sebagai suatu campuran dari besi dan karbon, yang mana campuran dasarnya adalah unsur karbon (C). selain itu baja juga memiliki campuran unsur lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si) dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi dalam suatu paduan. Kandungan karbon pada baja sekitar 0,1% – 1,7%, sedangkan unsur yang lain dibatasi jumlahnya. Unsur paduan yang lain yang bercampur didalam baja untuk membuat baja bereaksi terhadap pengerjaan panas (heat treatment) atau menghasilkan sifat-sifat yang khusus.



Gambar 2.1 Baja AISI 1045

Unsur karbon adalah unsur campuran yang sangat penting dalam pembentukan baja, jumlah persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang sangat besar terhadap sifatnya. Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya. Baja karbon terdiri atas sebagai berikut:

a. Baja karbon rendah

Baja ini disebut baja ringan (mild steel) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%. Baja ini dapat dijadikan mur, baut, sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder dan penggunaan yang hampir sama. Penggilangan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan dengan keadaan panas. Hal itu ditandai dengan melihat lapisan oksida besinya dibagian permukaan berwarna hitam.

b. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3% - 0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (heat treatment) yang sesuai. *Heat treatment* menaikkan kekuatan baja dengan cara digiling. Baja ini digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros bubungan, poros engkol, sekrup sangkup dan alat angkat presisi.

c. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mengandung karbon 0,6% – 1,5%, dibuat dengan cara digiling panas. Pembentukan baja ini dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, misalnya batang bor dan batang datar. Jika baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas. Baja ini digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat tangan seperti palu, obeng, tang, kunci mur, baja pelat, pegas kumparan, dan sejumlah peralatan pertanian.

2.1.2 Baja Paduan Tempa

Menurut Tata Surdia (1993), Baja paduan dihasilkan dengan biaya yang lebih mahal dari baja karbon karena bertambahnya biaya untuk penambahan pengerjaan khusus yang dilakukan dalam industri. Baja paduan dapat didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran seperti *nikel, kromium, molibden, vanadium, mangan, dan wolfram* yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikendaki, tetapi unsur karbon tidak dianggap sebagai salah satu unsur campuran.

Suatu kombinasi antara dua atau lebih unsur campuran memberikan sifat yang khas dibandingkan dengan menggunakan satu campuran unsur saja, misalnya baja yang dicampur dengan unsur kromium dan nikel akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras dan kenyal. Jika dicampur dengan kromium dan molibdenum akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras yang baik dan sifat kenyal yang memuaskan serta tahan terhadap panas.

Baja paduan digunakan karena keterbatasan mampu mesin atau mampu bentuk baja karbon sewaktu dibutuhkan sifat-sifat yang spesial daripada baja. Sifat-sifat spesial yang diperoleh dengan pencampuran termasuk sifat-sifat kelistrikan, magnetis dan berhubungan dengan pemotongan logam.

Adapun jenis-jenis baja paduan berdasarkan unsur campurannya dan sifat-sifat dari baja digolongkan sebagai berikut:

1. Baja dengan kekuatan tarik tinggi

Baja ini mengandung mangan, nikel, kromium dan sering juga mengandung vanadium dan dapat digolongkan menjadi sebagai berikut:

- a. Baja dengan mangan rendah

Baja ini mengandung 0,35% C dan 1,5% Mn dan baja ini baja murah tapi kekuatannya baik.

b. Baja nikel

Baja ini mengandung 0,3% C, 3% Ni dan 0,6% Mn serta mempunyai kekuatan dan kekerasan yang baik. Baja ini digunakan untuk poros engkol, batang penggerak dan penggunaan yang lain yang hampir sama.

c. Baja nikel kromium

Baja ini mengandung 0,3% C, 3% Ni, 0,8 Cr dan 0,6 Mn. Baja ini mempunyai sifat yang keras berhubungan dengan campuran unsur kromium dan sifat yang liat berhubungan dengan campuran nikel. Baja ini digunakan untuk batang penggerak dan penggunaan yang hampir sama.

d. Baja kromium vanadium

Jika baja ini ditambahkan dengan 0,5% vanadium sehingga dapat memperbaiki ketahanan baja kromium terhadap guncangan dan getaran dan membuatnya dapat ditempa dan dibentuk dengan mudah.

2. Baja tahan pakai

a. Baja Mangan berlapis austenit

Baja ini pada dasarnya mengandung 1,2% C, 12,5% Mn dan 0,75% Si, juga mengandung unsur lain berbentuk karbid seperti kromium atau vanadium yang kekuatannya lebih baik.

b. Baja Kromium

Baja jenis ini mengandung 1% C, 1,4% Cr dan 0,45% Mn. Baja ini digunakan untuk peluru-peluru bulat dan peralatan penggiling padi.

3. Baja tahan karat

a. Baja tahan karat ferit

Baja ini mengandung unsur karbon yang rendah (sekitar 0,04%) dan sebagian besar dilarutkan dalam besi. Unsur lainnya seperti kromium sekitar 13% - 20% dan tambahan kromium sesuai dengan tingkat ketahanan karat yang diperlukan.

b. Baja tahan karat austenit

Baja ini mengandung nikel dan kromium yang sangat tinggi, nikel akan membuat temperatur transformasinya rendah, sedangkan kromium membuat kecepatan pendinginan kritis rendah sehingga menghasilkan struktur lapisan austenit pada temperatur kamar. Baja ini tidak dapat dikeraskan melalui perlakuan panas, tetapi dapat disepuh keras. Baja tahan karat yang mengandung 0.15% C, 18% Cr, 8,5% Ni dan 0,8% Mn cocok digunakan untuk alat-alat rumah tangga dan dekoratif. Baja tahan karat yang mengandung 0,05% C, 18,5% Cr, 10% Ni dan 0,8% Mn baik dikerjakan dengan cara penarikan dalam karena kandungan karbonnya rendah.

c. Baja tahan karat martensit

Baja tahan karat martensit mengandung sejumlah besar unsur karbon dan dapat dikeraskan melalui perlakuan panas, juga mempengaruhi sifat- sifatnya melalui pengerasan dan penyepuhan. Baja ini mengandung 0,1% C, 13% Cr dan 0,5% Mn. Baja ini seringkali disebut baja tahan karat dan digunakan khususnya untuk peralatan gas turbin dan pekerjaan dekoratif.

4. Baja tahan panas

a. Baja tahan panas ferit

Baja ini mengandung karbon yang rendah dan hampir seluruhnya dilarutkan didalam besi. Baja ini tidak dapat dikeraskan melalui perlakuan panas.

b. Baja tahan panas austenit

Baja ini mengandung kromium dan nikel yang tinggi, struktur austenit tetap terpelihara sewaktu pendinginan, sehingga baja ini tidak dapat dikeraskan melalui perlakuan panas.

c. Baja tahan panas martensit

Baja ini mengandung karbon yang tinggi sehingga dapat dikeraskan melalui pengerjaan panas.

2.1.3 Aplikasi Baja dan Paduannya

Baja paduan (Alloy) adalah baja yang memiliki sedikit persentase kandungan dari satu atau lebih unsur paduan selain karbon. Pencampuran tersebut menghasilkan sifat yang tidak dimiliki material baja karbon biasa. Baja paduan (alloy) sering digunakan di industri karena biayanya yang ekonomis, mudah ditemukan, mudah diproses dan memiliki sifat mekanik yang baik. Baja paduan (alloy) dibuat dengan mengkombinasikan baja karbon dengan unsur paduan lain sehingga merubah sifat baja seperti merubah kekasaran, ketahanan korosi, kekuatan dan kemudahan dibentuk (pemesinan). Adapun fungsi campuran unsur paduan pada baja beserta efeknya adalah sebagai berikut:

- a. *Cobalt*, digunakan dalam pembuatan peralatan pahat, meningkatkan ekerasan pada suhu tinggi.
- b. *Molybdenum*, meningkatkan kekuatan, ketahanan terhadap beban kejut dan panas.
- c. *Nickel*, meningkatkan kekuatan dan ketangguhan serta ketahanan

korosinya.

- d. *Tungsten*, meningkatkan keksaran dan struktur garis batas antara struktur mikro.
- e. *Vanadium*, meningkatkan kekuatan, ketangguhan dan ketahanan beban kejut serta ketahanan terhadap korosi.
- f. *Chromium – vanadium*, meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan, keras namun mudah untuk dibengkokkan dan dipotong.

Adapun aplikasi dari beberapa material baja sangat luas, antara lain sebagai berikut:

- a. Baja AISI 1045 merupakan baja yang memiliki kadar karbon sebesar 0,45%. Baja jenis ini banyak digunakan pada komponen kendaraan sepeda motor seperti: roda gigi, poros, dan bantalan. Pada penerapannya, baja sering mengalami keausan akibat dari gesekan dan tekanan.
- b. Baja Paduan 4140, banyak digunakan untuk sambungan perpipaan, mur, baut untuk suhu tinggi, *sproket*, peralatan pengeboran, mata pahat, spindle, poros traktor, poros as, komponen transmisi mekanik, poros hidrolis, rantai.
- c. Baja paduan 4340, banyak digunakan untuk crank shaft, poros as, poros roda gigi dan komponen pengeboran.
- d. Baja paduan 8620, banyak digunakan untuk gear, pinion, piston pompa minyak, poros spline, pin, cetakan plastik.
- e. Baja paduan 6150, banyak digunakan untuk gear, pinion, poros, as, part permesinan, spring, sambungan pin alat-alat berat, baut dan peralatan tangan.

2.2 Proses pembubutan

Proses pembubutan tidak terlepas dari komponen utamanya yaitu mesin bubut. Mesin bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk proses pemotongan benda kerja yang dilakukan dengan membuat sayatan pada benda kerja dimana pahat digerakkan secara translasi dan sejajar dengan sumbu dari benda kerja yang berputar (Syamsuddin, 1997).

Prinsip kerja mesin ini adalah menghilangkan bagian dari benda kerja dengan cara menyayat benda kerja untuk memperoleh suatu bentuk tertentu dimana benda kerja berputar dengan kecepatan tertentu bersamaan dengan dilakukannya proses pemakanan oleh pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putarbenda kerja. Gerakan berputar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak makan (Feeding). (Taufiq Rochim, 1993).

Walaupun proses bubut secara khusus menggunakan pahat potong tunggal, tetapi proses bubut bermata potong jamak termasuk proses bubut juga, karena pada dasarnya setiap pahat bekerja sendiri-sendiri. Selain itu proses pengaturan pahatnya tetap dilakukan satu persatu.

2.2.1 Komponen-Komponen Mesin Bubut CNC

Mesin CNC (Computer Numerical Control) adalah sebuah mesin yang digunakan dalam dunia industri manufaktur modren untuk menghasilkan komponen dalam sektor teknik secara cepat dan jumlah besar. Setiap operasional dari mesin ini menggunakan sistem komputer yang dibentuk dengan baik sehingga menghasilkan barang yang sesuai dengan presisi.

Untuk mengoperasikan mesin ini dibutuhkan komputer untuk memproses gambar atau desain yang kemudian diubah menjadi program yang disesuaikan sehingga dapat dibaca secara otomatis oleh mesin CNC.

Salah satu keunggulan dari mesin ini sendiri adalah setiap program disimpan dalam memori komputer sehingga dapat digunakan kembali dengan mudah dan tidak perlu mengulangi lagi untuk membuat benda yang sama. Dibandingkan dengan mesin konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin CNC dikatakan lebih teliti (*accurate*), lebih tepat (*precise*), lebih luwes (*flexibel*) dan lebih produktif (*productive*). Konstruksi mesin perkakas CNC secara umum lebih baik dengan transmisi daya yang kompak dan pemakaian elemen pembimbing pengukur jarak gerakan yang teliti, penerapan kompensasi kesalahan yang terprogram menaikkan ketelitian pahat relatif terhadap benda kerja.



Gambar 2.2 Mesin Bubut CNC

Adapun komponen – komponen pada mesin bubut CNC ini adalah sebagai berikut

1. *Headstock* atau kepala tetap

Bagian ini tidak jauh beda dengan mesin bubut konvensional. Pada bagian ini terdapat motor penggerak yang berfungsi untuk memutar spindle utama dan susunan roda gigi yang berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran mesin. Cara mengaturnya juga sudah menggunakan program komputer yang dimasukkan melalui kontrol panel. Sebagai pengikat benda kerja, bagian ini juga dilengkapi dengan cekam (Chuck).

2. Meja mesin bubut CNC

Meja mesin ini digunakan sebagai landasan atau lintasan untuk alat potong yang dipasang pada turret.

3. Cekam (Chuck)

Cekam berfungsi untuk menjepit benda kerja yang akan diproses. Pencekaman benda kerja harus benar-benar kuat sehingga hasil pengerjaan lebih maksimal.

4. Kepala lepas (Tailstock)

Komponen ini berfungsi sebagai pendukung cekam dalam pencekaman benda kerja. Sehingga hasil pengerjaan menjadi maksimal. Misalnya untuk benda yang relatif panjang, sehingga gerakan atau putarannya menjadi lebih stabil. Kekuatan pencekaman harus lebih kuat, posisi benda tidak mudah bergeser, sehingga proses pemesinan dapat diselesaikan dengan lancar.

5. *Tailstock Quil*

Berfungsi untuk memperkuat pencekaman dengan bantuan tekanan hidrolik/pneumatik, karena ketika kita mendekatkan tailstock dengan benda kerja

dan menempelkannya itu hanya memposisikan ujung tailstock dekat dengan benda kerja, sehingga membutuhkan tekanan dari tailstock quill untuk memperkuat pencekaman.

6. Pedal kaki (Foot switch/Foot Pedals)

Pedal kaki ini digunakan untuk mengukur chuck dan tailstock. Dengan pedal ini kita dapat memasang dan melepas benda kerja dengan mudah. Bisa juga digunakan untuk membuka dan menutup cekam. Pedal ini juga bisa digunakan untuk memajukan atau memundurkan *tailstock*.

7. Panel kontrol CNC

Komponen ini merupakan otak dari mesin CNC karena semua program dimasukkan melalui panel ini. Operator mesin mengendalikan seluruh mesin menggunakan tombol-tombol yang ada pada panel ini. Dimulai dari start sampai selesai. Komponen ini juga dapat digunakan untuk membuat program baru atau mentransfer program melalui usb port yang tersedia.

8. Tool Turret.

Komponen satu ini berbeda dengan mesin bubut konvensional, peran tool post digantikan dengan tool turret. Ada berbagai macam tool turret baik itu menurut bentuk dan jumlah alat potong yang dapat dipasang.

2.2.2 Parameter Mesin Bubut

Menurut Taufiq Rochim (1993), Berdasarkan gambar teknik, dimana dinyatakan spesifikasi geometrik suatu produk komponen mesin, salah satu atau beberapa jenis proses pemesinan yang telah disinggung diatas harus dipilih sebagai suatu proses atau urutan proses yang digunakan untuk membuatnya. Bagi suatu tingkatan proses, ukuran objektif ditentukan dan pahat harus membuang

sebagian material benda kerja sampai ukuran objektif tersebut tercapai. Hal ini dapat dicapai dengan cara menentukan penampang geram (sebelum terpotong). Kecepatan pembuangan geram dapat dipilih supaya waktu pemotongan sesuai dengan yg dikehendaki. Untuk itu perlu diketahui lima elemen dasar proses pemesinan yaitu:

1. Kecepatan potong (Cutting Speed) : v (m/min)
2. Kecepatan makan (Feeding Speed) : v_f (mm/min)
3. Kedalaman potong (Depth of Cut) : a (mm)
4. Waktu pemotongan (Cutting Time) : t_c (min)
5. Kecepatan penghasil geram (Rate of Metal Removal) : Z (cm³/min)

Kecepatan putar, n (Speed), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (spindel) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (rotation per minute, RPM). Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut kecepatan potong (Cutting Speed atau V) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/keliling benda kerja. Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar atau:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} ; m/mm \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

v = kecepatan potong (m/menit)

d = diameter benda kerja (mm)

n = putaran benda kerja (putaran/menit)

Gerak makan, f (Feed), adalah jarak yang ditempuh pahat setiap benda kerja berputar satu kali, sehingga satuan feeding adalah mm/putaran. Gerak makan

ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong. Gerak makan tersebut berharga sekitar $1/3$ sampai $1/20$, atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.

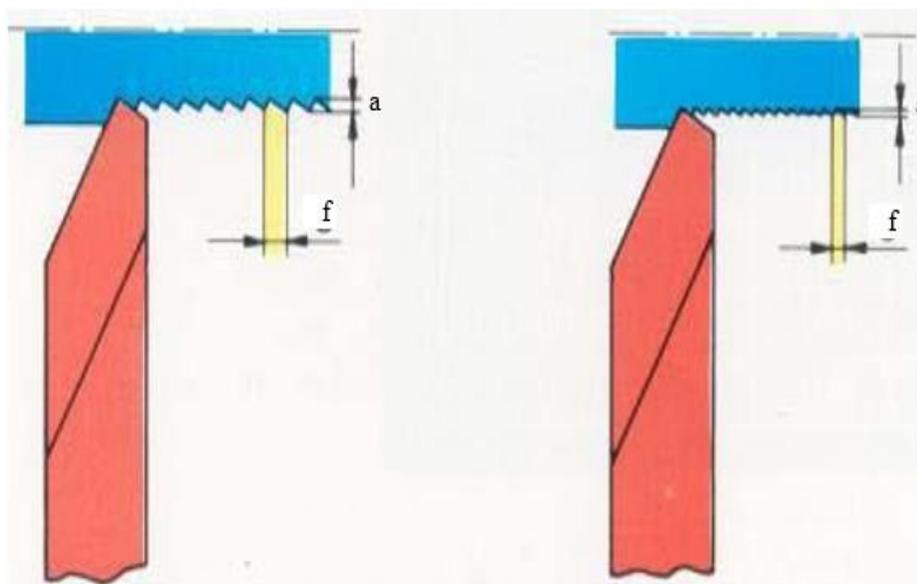
$$z = f \cdot a \cdot Cs ; m/mm \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

f = Kecepatan Makan

a = Kedalaman Potong (mm)

Cs = Kecepatan Potong (m/min)



Gambar 2.3 Gerak Makan (f) dan Kedalaman Potong (a).

Kedalaman potong (Depth of cut) adalah ketebalan bagian benda kerja yang dipotong dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong. Ketika pahat potong sedalam a , maka diameter benda kerja akan berkurang $2a$, karena bagian permukaannya yang dipotong ada dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar.

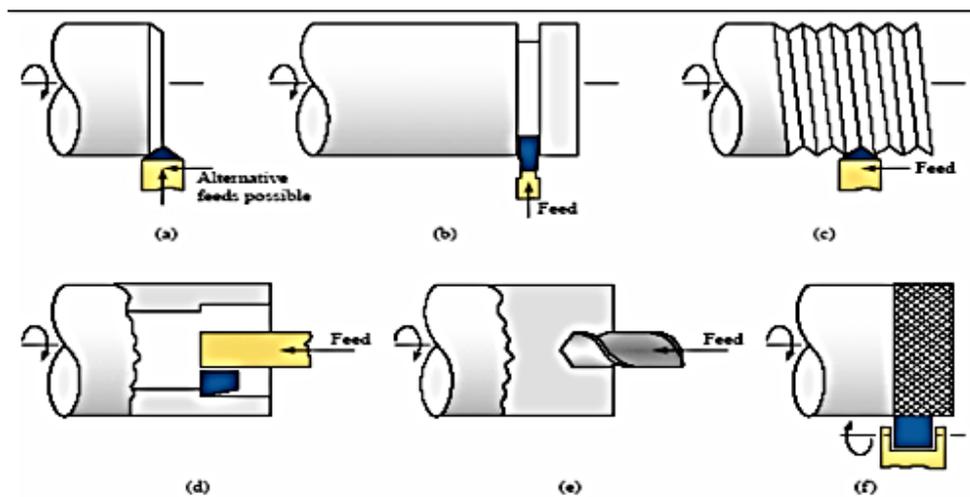
$$a = \frac{(d_0 - d_m)}{2} ; mm \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

D_o = Diameter awal (mm)

D_m = Diameter akhir (mm)

Pada mesin bubut dapat juga dilakukan proses pemesinan yang lain yaitu bubut dalam (internal turning), proses pembubutan lubang dengan mata bor (drilling), proses memperbesar lubang (boring), pembubutan ulir (thread cutting) dan pembuatan alur (grooving/parting-off). (Taufiq Rochim, 1993)



Gambar 2.4 Proses Pemesinan Yang Dapat Dilakukan Dengan Mesin Bubut

- a. pembubutan pinggul (*chamfering*)
- b. pembubutan alur
- c. pembubutan ulir
- d. pembubutan lobang (*boring*)
- e. pembuatan lubang
- f. pembuatan kartel (*knurling*)

2.2.3 Pahat Mesin Bubut

Pada proses pembentukan geram dengan cara pemesinan berlangsung dengan mempertemukan dua jenis material. Untuk menjamin kelangsungan proses ini maka jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul dari material benda kerja. Keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat dengan mempertimbangkan berbagai segi yaitu,

1. Kekerasan yang cukup tinggi melebihi kekerasan benda kerja tidak saja pada temperatur ruang saja tapi juga pada temperatur tinggi pada saat proses pembentukan geram berlangsung.
2. Keuletan yang cukup besar untuk menahan beban kejut yang terjadi saat pemesinan dengan interupsi maupun waktu pemotongan benda kerja yang mengandung partikel yang keras.
3. Ketahanan beban kejut termal, diperlukan bila terjadi perubahan temperatur yang cukup besar secara berkala.
4. Sifat adhesi yang rendah, untuk mengurangi afinitas benda kerja terhadap pahat, mengurangi laju keausan, serta penurunan gaya pemotongan,
5. Daya larut elemen yang rendah, dibutuhkan demi memperkecil laju keausan akibat mekanisme difusi.

Maka dari itu secara berurutan akan dibahas mengenai material pahat dari yang paling lunak tapi ulet sampai dengan yang paling keras tapi getas yaitu:

1. Baja Carbon (*High Carbon Steels; Carbon Tools Steel*).
2. HSS (*High Speed Steels; Tool Steels*)
3. Paduan Cor Nonferro

4. Karbida (*Cemented Carbide: Hardmetals*)

Jenis karbida yang disemen (cemented carbide) ditemukan pada tahun 1923 (KRUPP WIDIA) merupakan bahan pahat yang dibuat dengan caramenyinter (sintering) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dan bahan pengikat pada umumnya yaitu cobalt (Co). Dengan cara carburizing masing-masing bahan dasar (serbuk) Tungsten (Wolfram, W), Titanium (Ti), Tantalum (Ta) dibuat menjadi karbida kemudian digiling dan disaring. Hot hardness karbida yang disemen ini hanya akan menurun bila terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin besar presentasi pengikat Co maka kekerasannya menurun dan sebaliknya keuletannya membaik. Modulus elastisitasnya sangat tinggi demikian pula berat jenis (density, sekitar dua kali lipat). Koefisien muai setengah daripada baja dan konduktivitas panasnya sekitar dua atau tiga kali konduktivitas panas HSS.

Ada tiga jenis utama pahat karbida sisipan yaitu:

1. Karbida Tungsten (WC + Co), yang merupakan jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang (cast iron cutting grade).
2. Karbida Tungsten Paduan (WC – TiC + Co; WC – TaC – TiC + Co; WC – TaC + Co; WC – TiC- TiN + Co; TiC + Ni, Mo) merupakan pahat karbida untuk pemotongan baja (steel cutting grade).
3. Karbida berlapis (coated Cemented Carbides), merupakan jenis karbida tungsten yang dilapisi karbida, nitrida atau oksida lain yang lebih rapuh tapi hot hardnessnya tinggi. Karbida ini pertama kali dikenalkan oleh KRUPP WIDIA pada tahun 1968 dan sampai saat ini banyak jenis karbida berlapis semakin berkembang dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai jenis permesinan.

5. Keramik (Ceramics).
6. CBN (Cubic Boron Nitrides).
7. Intan (Sintired Diamonds & Natural Diamonds).

2.3 Kekasaran Permukaan

Menurut Munadi, Suhdji (1998), Salah satu karakteristik geometris yang idel dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Dalam prakteknya memang tidak mungkin untuk mendapatkan suatu komponen dengan permukaan yang betul- betul halus. Hal itu disebabkan oleh beberapa faktor seperti operator dan faktor- faktor dari mesin yang digunakan dalam pembuatannya. Akan tetapi dengan perkembangan teknologi terus berupaya membuat suatu komponen yang tingkat kekasarannya rendah menurut ukuran standar yang berlaku dalam metrologi yang ditemukan oleh para ahli pengukuran geometris benda melalui pengalaman penelitian.

Tingkat kehalusan suatu permukaan memegang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen mesin yang khususnya menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, ketahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Maka dalam suatu perancangan dan pembuatannya harus dipertimbangkan terlebih dahulu mengenai peralatan mesin mana yang harus digunakan untuk membuatnya dan berapa ongkos yang harus dikeluarkan.

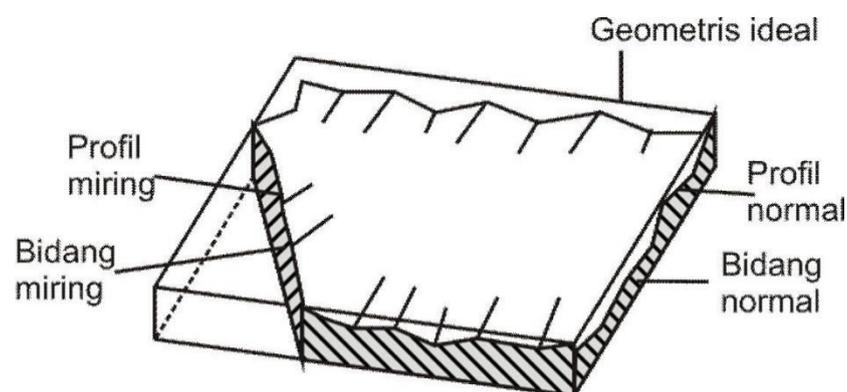
Walaupun hingga saat ini sudah banyak parameter yang digunakan dalam pembahasan karakteristik permukaan, namun belum ada suatu parameter yang menjelaskan secara sempurna mengenai keadaan yang sesungguhnya dari suatu permukaan. Meskipun begitu penulis akan tetap mencoba membahas mengenai

batasan permukaan, parameter-parameternya dan bentuk dari suatu gelombang permukaan tersebut.

2.3.1 Batasan Permukaan dan Parameternya

1. Permukaan

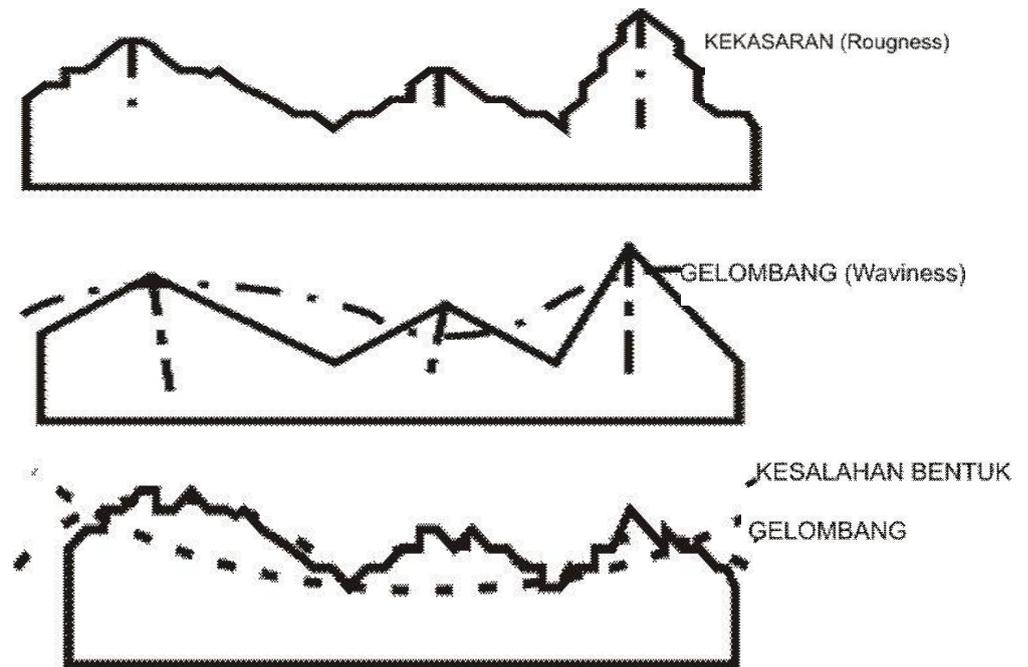
Menurut istilah keteknikan, permukaan adalah suatu batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya. Dalam prakteknya, bahan yang digunakan untuk benda kebanyakan besi atau logam. Oleh karena itu, benda-benda padat lain yang terbuat dari tanah, kayu, batu dan karet tidak akan disinggung dalam pembahasan ini. Kadang ada pula istilah lain yang berhubungan dengan permukaan, yaitu profil. Profil atau benduk yang dikaitkan dengan istilah permukaan mempunyai arti tersendiri yaitu garis hasil pemotongan secara normal atau seseorang dari suatu penampang permukaan. Untuk mengukur dan menganalisis suatu permukaan dalam tiga dimensi adalah sulit. Oleh karena itu, untuk mempermudah pengukuran maka penampang permukaan perlu dipotong, biasanya dengan empat cara yaitu pemotongan normal, pemotongan singgung, pemotongan sorong dan pemotongan singgung dengan jarak kedalaman yang sama.



Gambar 2.5 Bidang Dan Profil Pada Penampang Permukaan

Dengan melihat profil ini maka bentuk dari suatu permukaan pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu permukaan yang kasar (roughness) dan

permukaan yang bergelombang (waviness). Permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena pisau (pahat) potong atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (feed) pisau potong dalam proses pembuatannya. Sedangkan permukaan yang bergelombang mempunyai bentuk gelombang yang lebih panjang dan tidak teratur yang terjadi karena beberapa faktor misalnya posisi senter yang kurang 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. Untuk lebih jelasnya tentang kekasaran (roughness) dan gelombang (waviness) inilah kemudian timbul kesalahan bentuk, perhatikan gambar dibawah ini



Gambar 2.6 Kekasaran, Gelombang Dan Kesalahan Bentuk Dari Suatu Permukaan

Tabel 2.1 Tingkat Kesalahan Bentuk Dari Suatu Permukaan

No.	Tingkat	Keterangan
1		<p>Tingkat yang menunjukkan adanya kesalahan bentuk (form error) seperti tampak pada gambar disamping. Faktor penyebabnya adalah karena lenturan dari mesin perkakas dan benda kerja, kesalahan pencekaman benda kerja, pengaruh proses pengerasan (hardening)</p>
2		<p>Profil permukaan yang berbentuk gelombang. Penyebabnya karena adanya kesalahan benduk pada pisau (pahat) potong, posisi senter yang kurang tepat, adanya getaran pada waktu proses pemotongan.</p>
3		<p>Profil permukaan yang berbentuk alur (grooves). Penyebabnya antara lain karena adanya bekas-bekas proses pemotongan akibat bentuk pisau potong yang salah atau gerak pemakanan kurang tepat (feed).</p>
4		<p>Permukaan yang berbentuk serpihan (flakes). Penyebabnya karena adanya tatal (beram) pada proses pengerjaan, pengaruh electroplating.</p>

Sedangkan gabungan dari karakteristik profil permukaan dari tingkat pertama sampai tingkat ke empat menghasilkan profil permukaan seperti gambar dibawah ini.

2. Parameter-Parameter Permukaan

Sebelum membicarakan parameter-parameter permukaan perlu dibicarakan terlebih dahulu mengenai profil permukaan. Adapun profil permukaan yang dimaksud adalah sebagai berikut;

a. 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.

b. Profil Referensi (Reference Profil)

Profil ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisa karakteristik dari suatu permukaan. Bentuknya sama dengan profil geometris ideal, tapi tepat menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur pada panjang sampel yang diambil dalam pengukuran.

c. Profil Terukur (Measured Profil)

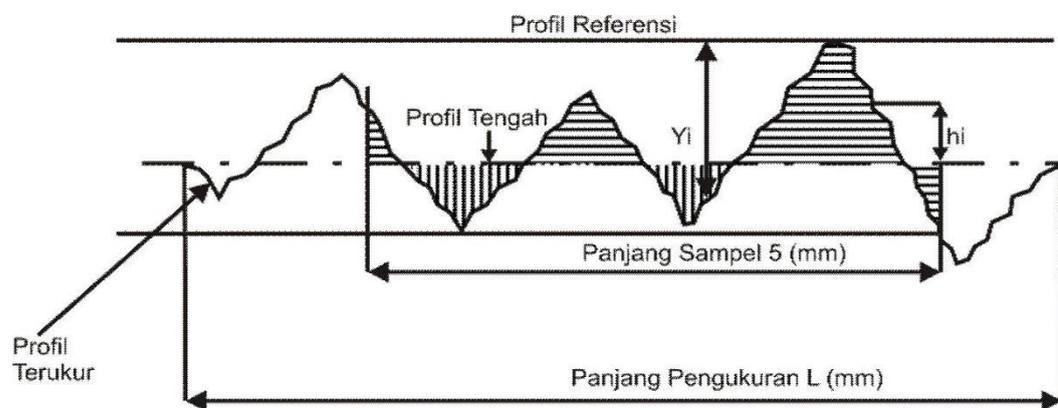
Profil dari suatu permukaan yang diperoleh dari hasil pengukuran. Profil inilah yang dijadikan sebagai data untuk menganalisis karakteristik kekasaran permukaan produk pemesinan.

d. Profil Dasar (Root Profile)

Profil referensi yang digeserkan kebawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil ukur.

e. Profil Tengah (Centre Profile)

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 adalah profil referensi yang digeserkan kebawah dengan arah tegak lurus terhadap profil geometris ideal sampai batas tertentu yang membagi luas penampang permukaan menjadi dua bagian yang sama yaitu atas dan bawah.



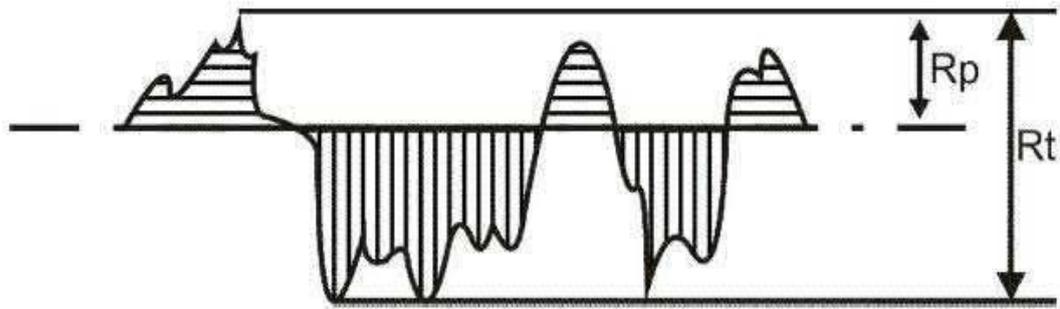
Gambar 2.7 Profil Suatu Permukaan.

f. Kedalaman Tool (Peak to Valley), R_t

Kedalaman potong ini adalah besarnya jarak dari profil referensi sampai pada profil dasar, satuannya adalah micro (μm).

g. Kedalaman Perataan (*Peak to Mean Line*), R_p

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



Gambar 2.8 Kedalaman Total Dan Kedalaman Perataan.

- h. Kekasaran Rata-rata Aritnetis (Mean Roughness Indec/center Line Average, CLA), R_a . Harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah.

$$R_a = \frac{1}{s} \int_0^5 hi^2 \cdot dx (\mu m) \dots \dots \dots (2.4)$$

Menentukan kekasaran rata-rata (R_a) secara grafis dengan cara sebagai berikut: Pertama, gambarkan sebuah garis lurus pada penampang permukaan yang diperoleh dari pengukuran (profil terukur) yaitu garis X–X yang posisinya tepat menyentuh lembah paling dalam.

Kedua, ambil sampel panjang pengukuran sepanjang L yang memungkinkan memuat sejumlah bentuk gelombang yang hampir sama.

Ketiga, ambil luasan daerah A dibawah kurva dengan menggunakan planimeter atau dengan metode koordinat. Dengan demikian diperoleh jarak garis center C – C terhadap garis X – X secara tegak lurus.

$$H_m = \frac{\text{daerah A}}{L} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keempat, diperoleh suatu garis yang membagi profil terukur menjadi dua bagian yang hampir sama luasnya, yaitu luas daerah di atas (P1 + P2 + dan

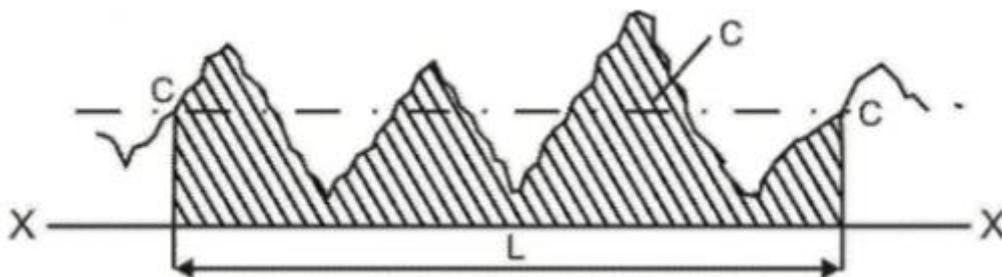
seterusnya) dan luas daerah dibawah ($Q_1 + Q_2 +$ dan seterusnya) dengan demikian maka R_a dapat ditentukan besarnya yaitu:

$$R_a = \frac{\text{Luas daerah P} + \text{Luas Daerah Q}}{L} \times \frac{1000}{V_v} (\mu\text{m}) \dots \dots \dots (2.6)$$

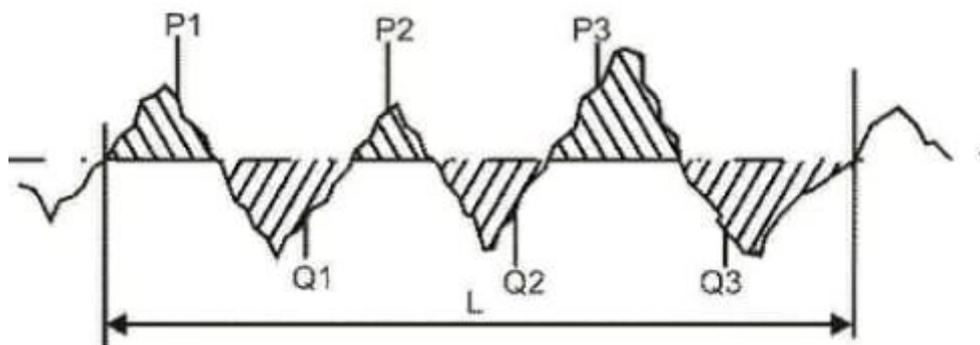
Dimana:

V_v = perbesaran vertikal, Luas P dan Q (mm).

L = Panjang sampel pengukuran (mm).

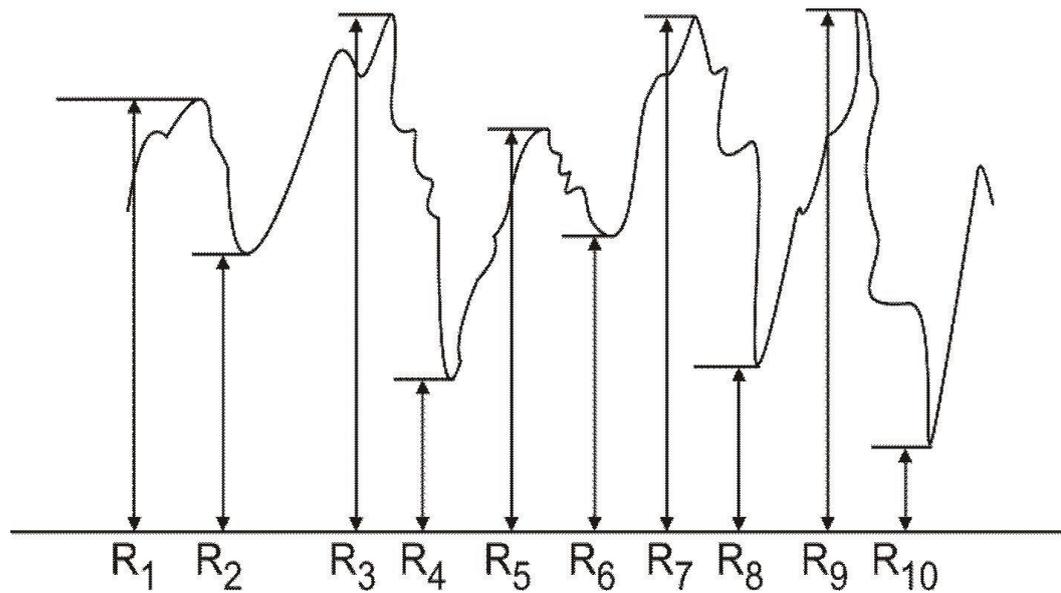


Gambar 2.9 Menentukan Kekasaran Rata-Rata R_a



Gambar 2.10 Menentukan Kekasaran Rata-Rata R_a .

Kekasaran rata-rata dari puncak ke lembah R_z sebetulnya hampir sama dengan kekasaran rata-rata aritmetis R_a , tetapi cara menentukan R_z lebih mudah daripada menentukan R_a . Perhatikan gambar dibawah ini, akan memuat 10 profil dengan 5 daerah puncak dan 5 daerah lembah.



Gambar 2.11 Menentukan Kekasaran Rata-Rata (R_z) Dari Puncak Ke Lembah.

$$R_z = \frac{1}{5}(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9 + P_a) - \frac{1}{5}(R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10}) \times \frac{1000}{V_v} \dots (2.7)$$

i. Toleransi harga R_a

Seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros), harga kekasaran rata-rata aritmetis R_a (kekasaran permukaan) juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Dengan begitu masing-masing harga kekasaran permukaan mempunyai kelasnya sendiri yaitu dari N1 sampai N12 yang biasanya diambil dari 50% keatas dan 25% kebawah dan panjang sampel (pengukuran kekasaran) mulai dari 0,8 mm sampai dengan 8 mm seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 Toleransi Harga Kekasaran Rata-Rata R_a

Kelas Kekasaran	Harga C.L.A. (μm)	Harga R_a (μm)	Toleransi $N_{-25\%}^{+50\%}$	Panjang Sampel (mm)
N1	1	0,0025	0,02 – 0,04	0,8
N2	2	0,05	0,04 – 0,08	

N3	4	0,0	0,08 – 0,15	0,25
N4	8	0,2	0,15 – 0,3	
N5	16	0,4	0,3 – 0,6	
N6	32	0,8	0,6 – 1,2	
N7	63	1,6	1,2 – 2,4	
N8	125	3,2	2,4 – 4,8	0,8
N9	250	6,3	4,8 – 9,6	
N10	500	12,5	9,6 – 18,75	2,5
N11	1000	25,0	18,75 – 37,5	
N12	2000	50,0	37,5 – 75,0	

Didalam penelitian ini, penulis mengambil standart kekasaran permukaan setelah benda kerja dibubut adalah N8 (0,4 – 4,8 μm). Jika hasil pengukuran kekasaran permukaan benda kerja setelah dilakukan proses pemesinan kurang dari 4,8 μm maka bisa dikatakan lulus uji dan jika hasil pengukuran kekasaran melebihi 4,8 μm maka akan dianggap lulus pengujian.

Tabel 2.3 Tingkat Kekasaran Rata-Rata Permukaan Menurut Proses Pengerjaannya

Proses Pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
<i>Flat and cylindrical lapping,</i>	N1 – N4	0,025 – 0,2
<i>Superfinishing Diamond turning</i>	N1 – N6	0,025 – 0,2
<i>Flat cylindrical grinding</i>	N1 – N8	0,025 – 3,2
<i>Finishing</i>	N4 – N8	0,1 – 3,2

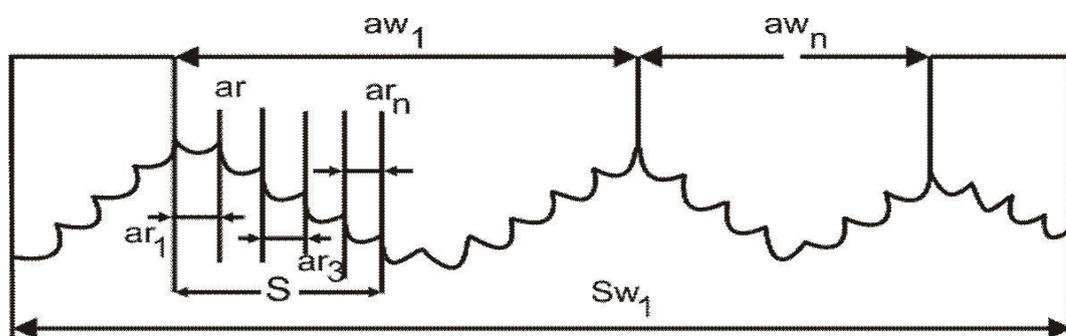
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	N5 – N12	0,4 – 50,0
<i>Drilling</i>	N7 – N10	1,6 – 12,5
<i>Shapping, Planning, Horizontal Milling,</i>	N6 – N12	0,8 – 50,0
<i>Sandcasting and forging</i>	N10 – N11	12,5 – 25,0
<i>Extruding, cold rolling, drawing,</i>	N6 – N8	0,8 – 3,2
<i>Die casting</i>	N6 – N7	0,8 – 1,6

j. Lebar Gelombang (*Waviness Width*), A_w

Jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak A_{w_i} yang terletak diantara dua puncak gelombang pada profil terukur yang letaknya berdekatan dengan panjang sampel pengukuran S_w . satuan dari gelombang ini adalah millimeter.

k. Lebar Kekasaran (*Roughness Width*), A_c

Jarak rata-rata aritmetis dari jumlah jarak a_{r_i} yang letaknya diantara dua puncak kekasaran profil terukur yang letaknya berdekatan dengan panjang sampel pengukuran s



Gambar 2.12 Grafik Lebar Kekasaran

2.4 Pembubutan Kering

Proses pemotongan tanpa menggunakan cairan pemotongan atau disebut juga dengan pemesinan kering menjadi alternatif dewasa ini mengingat dampak yang ditimbulkan akibat cairan pemotongan membahayakan bagi operator dan lingkungan sekitar. Badan administrasi keamanan dan kesehatan Amerika (OSHA) secara berkesinambungan memperbaiki hukum–hukum baru yang berkaitan dengan manufaktur dan dampak lingkungan yang sehat. Salah satu perhatian yang utama pada industri pemotongan logam adalah berkaitan dengan kesehatan bila menggunakan cairan pemotongan pada pemesinan basah. Hingga saat ini, telah diestimasi lebih dari 100 juta galon dari cairan pemotongan yang digunakan setiap tahun di Amerika (NPRA, 1991). Selain itu juga telah diestimasi bahwa diantara 700.000 sampai 1.000.000 pekerja mengalami pengaruh buruk karena cairan pemotongan di Amerika setiap tahunnya (Bennet, 1957).

Salah satu akibat dari pemesinan kering adalah temperatur potong yang tinggi sebagai akibat dari gesekan antara permukaan pahat dan benda kerja. Temperatur yang tinggi pada saat pemotongan didapat dari energi pemotongan yang diubah menjadi panas melalui proses gesekan antara geram dengan bidang aktif pahat dan antara pahat dengan benda kerja, serta proses perusakan molekuler atau ikatan atom pada bidang geser (*shear plane*). Karena tekanan yang besar akibat gaya pemotongan serta temperatur yang tinggi maka permukaan aktif pahat akan mengalami keausan.