

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Bentuk dan kekasaran permukaan dari sebuah produk yang dihasilkan oleh mesin perkakas seperti mesin bubut memegang peranan yang penting. Hal ini disebabkan oleh bentuk dan kekasaran permukaan produk tersebut berkaitan dengan gesekan, keausan, sistem pelumasan dan lain-lainnya. Setiap benda kerja hasil proses permesinan akan memiliki bentuk dan kekasaran permukaan tertentu seperti mengkilat, permukaan yang halus dan kasar. Proses permesinan akan menentukan kekasaran permukaan pada level tertentu dimana kekasaran permukaan tersebut dapat dijadikan acuan untuk evaluasi produk pemesinan. Kekasaran permukaan sebuah produk tidak harus memiliki nilai yang kecil, tetapi terkadang sebuah produk membutuhkan nilai kekasaran permukaan yang besar sesuai dengan fungsinya. Salah satu produk yang dituntut memiliki kekasaran permukaan yang rendah adalah poros. Dimana poros sering digunakan sebagai alat untuk mentransmisikan putaran dari alat penggerak seperti motor listrik, sehingga poros dituntut harus halus agar keausan dapat dikurangi. Material poros yang sering digunakan seperti ST. 41 , dimana material ini memiliki sifat yang berbeda-beda.

Proses pemotongan logam atau proses pemesinan merupakan salah satu proses penting dalam industri manufaktur, bahkan proses pemesinan telah menjadi inti dari industri manufaktur sejak revolusi industri. Penelitian tentang proses

pemotongan logam biasanya difokuskan pada penentuan sifat mampu material yang mencakup umur pahat, gaya potong, kekasaran permukaan, laju pengerjaan material dan bentuk geram. Selain itu, penelitian juga difokuskan pada penentuan kombinasi variabel proses pemesinan yang berpengaruh terhadap efisiensi proses dan karakteristik kualitas dari produk yang dihasilkan (Gupta, 2011).

Perkembangan mesin bubut sebagai alat produksi pembentuk logam ditunjukkan dengan adanya penemuan mesin bubut non konvensional yaitu berupa teknologi *Computer Numerical Controlled* (CNC). Mesin perkakas CNC merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan berbagai alat potong yang dapat membuat benda kerja secara presisi dan dapat melakukan interpolasi/sisipan yang diarahkan secara numerik berdasarkan angka. Dengan demikian dalam menggunakan mesin CNC akan memenuhi tuntutan konsumen yang harus menghasilkan benda kerja yang berkualitas tinggi, presisi, dan pengerjaan jumlah yang banyak dengan lebih mudah.

Proses pemesinan poros dapat dilakukan dengan menggunakan mesin bubut dimana sering diperoleh nilai kekasaran permukaan yang tidak sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kecepatan makan, kedalaman potong, putaran dan jenis material pahat. Selain itu faktor mesin bubut dan operatornya juga berperan dalam produk yang dihasilkan.

Untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan dari poros yang halus dari proses bubut dapat dilakukan dengan pemilihan mata pahat, penentuan feeding dan kedalaman potong yang sesuai dengan kebutuhan. Ketajaman dan kekuatan dari mata pahat sangat berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan. Dalam

tugas akhir ini difokuskan pada penggunaan beberapa material pahat dan benda kerja untuk mengetahui pengaruh jenis pahat dan benda kerja terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan dan lamanya waktu pemotongan.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian untuk melihat pengaruh proses pemesinan terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Untuk itu, penulis melakukan penelitian ini dengan judul “Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Baja ST 41 Terhadap Perbedaan Sudut Mata Pahat Insert DNM 150408 dan 150402 pada *CNC Turning*”.

## **1.2 Indetifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka peneliti mengidentifikasi masalah yaitu

1. Pembubutan menggunakan dua jenis sudut mata pahat yang berbeda membuat hasil nilai kekasaran permukaan berbeda-beda.
2. Perbedaan Kecepatan pemotongan membuat tingkat kekasaran pada material baja st 41 memiliki tingkat yang berbeda-beda.

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar masalah dalam penelitian ini lebih terarah tepat pada sasaran dan tidak menyimpang dari tujuan yang semula direncanakan sehingga mempermudah mendapatkan data dan informasi yang diperlukan, maka penulis menetapkan batasan-batasan masalah bahwa:

1. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ST 41.
2. Dimensi benda kerja adalah diameter x panjang =  $\text{Ø}38 \times 15 \text{ mm}$ .
3. Proses permesinan yang digunakan adalah mesin CNC.
4. Pahat yang digunakan adalah pahat Insert Carbide DNMG 150402 dan 150408.
5. Proses CNC Turning yang dilakukan hanya variasi kecepatan potong.
6. Pengamatan waktu pada proses permesinan.
7. Pengujian kekasaran permukaan benda kerja menggunakan Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-210.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui nilai kekasaran permukaan akibat pengaruh kecepatan potong ( *Cutting Speed* ) .
2. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan sudut mata pahat terhadap nilai kekasaran permukaan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi kepada pelaku industri kecil maupun besar, khususnya industri manufaktur.
2. Dapat memberikan kontribusi pada dunia pendidikan dari penelitian yang didapat bisa digunakan sebagai bahan rujukan.
3. Memberikan alternatif penghematan *cost* produksi.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 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).

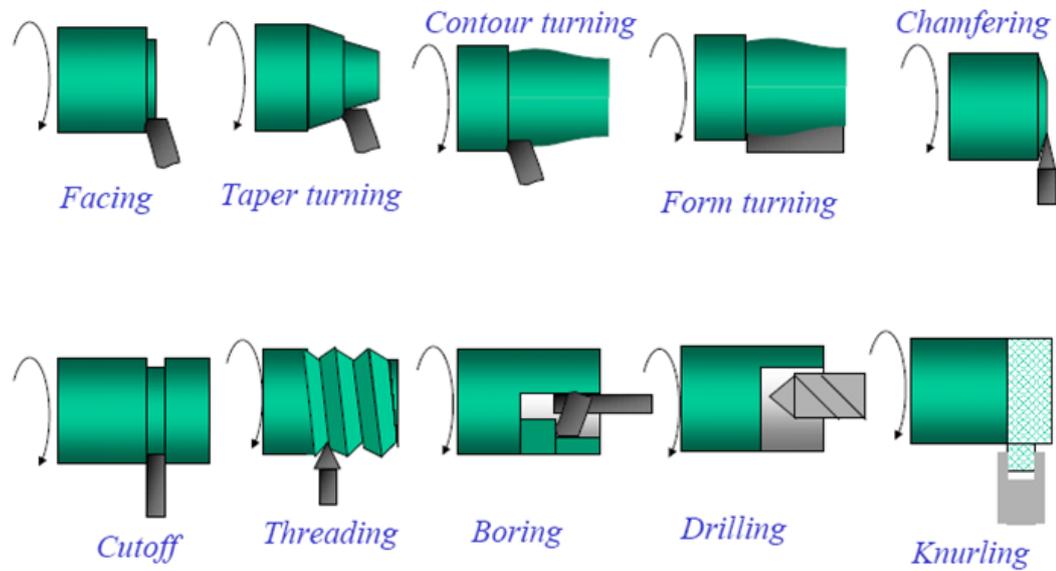
Prinsip kerja mesin ini adalah menghilangkan bagian dari benda kerja dengan cara menyayat benda kerja untuk memperoleh suatu bentuk tertentu dimana benda kerja berputar dengan kecepatan tertentu bersamaan dengan dilakukannya proses pemakanan oleh pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan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

Fungsi utama mesin bubut adalah untuk memproduksi benda - benda berpenampang silinder, misalnya poros lurus, poros bertingkat, poros tirus, poros berulir. Jenis-jenis proses dalam pembubutan Dalam prakteknya dilapangan mesin bubut dapat mengerjakan pekerjaan pemotongan benda kerja sebagai berikut :

1. Pembubutan Muka (Facing), yaitu proses pembubutan yang dilakukan pada tepi penampangnya atau gerak lurus terhadap sumbu benda kerja, sehingga

diperoleh permukaan yang halus dan rata.

2. Pembubutan Rata (pembubutan silindris), yaitu pengerjaan benda yang dilakukan sepanjang garis sumbunya. Membubut silindris dapat dilakukan sekali atau dengan permulaan kasar yang kemudian dilanjutkan dengan pemakanan halus atau finishing.
3. Pembubutan ulir (threading), adalah pembuatan ulir dengan menggunakan pahat ulir.
4. Pembubutan tirus (Taper), yaitu proses pembuatan benda kerja berbentuk konis. Dalam pelaksanaan pembubutan tirus dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu memutar eretan atas (perletakan majemuk), pergerseran kepala lepas (tail stock), dan menggunakan perlengkapan tirus (tapper attachment).
5. Pembubutan drilling, yaitu pembubutan dengan menggunakan mata bor (drill), sehingga akan diperoleh lubang pada benda kerja. Pekerjaan ini merupakan pekerjaan awal dari pekerjaan boring (bubut dalam).
6. Perluasan lubang (boring), yaitu proses pembubutan yang bertujuan untuk memperbesar lubang. Pembubutan ini menggunakan pahat bubut dalam. memperbesar lubang. Pembubutan ini menggunakan pahat bubut dalam.
7. Pembubutan *drilling*, yaitu pembubutan dengan menggunakan mata bor (*drill*), sehingga akan diperoleh lubang pada benda kerja. Pekerjaan ini merupakan pekerjaan awal dari pekerjaan boring (bubut dalam).
8. *Knurling*, yaitu proses pembubutan luar (pembubutan silindris) yang bertujuan untuk membuat profil pada permukaan benda kerja (katel).



Gambar 2.1 Proses Permesinan Turning CNC

## 2.2 Mesin Bubut CNC

Mesin bubut (turning machine) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan potong pahat (tools) sebagai alat untuk memotong benda kerja tersebut. Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris, namun dapat juga dipakai untuk beberapa kepentingan lain. Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada *chuck* (pencekam) yang terpasang pada spindel mesin, kemudian spindel dan benda kerja diputar dengan kecepatan tertentu.

Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan ditempelkan pada benda kerja yang berputar sehingga benda kerja terbentuk sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Umumnya pahat bubut dalam keadaan diam, pada perkembangannya ada jenis mesin bubut yang berputar alat

potongnya, sedangkan benda kerjanya diam. Pada kelompok mesin bubut juga terdapat bagian-bagian otomatis dalam pergerakannya bahkan juga ada yang dilengkapi dengan layanan sistem otomatis, baik yang dilayani dengan sistem hidraulik ataupun elektrik. Ukuran mesinnya pun tidak semata-mata kecil karena tidak sedikit mesin bubut konvensional yang dipergunakan untuk mengerjakan pekerjaan besar seperti yang dipergunakan pada industri perkapalan dalam membuat atau merawat poros baling-baling kapal yang diameternya mencapai 1.000 mm.

Mesin CNC (*computer numerical control*) adalah mesin yang menggunakan bahasa numerik dan dikontrol oleh komputer, salah satu produk mesin CNC adalah mesin bubut CNC, Mesin bubut CNC dibagi menjadi dua yaitu Mesin bubut CNC Training Unit dan Mesin bubut CNC Production Unit.

CNC singkatan dari Computer Numerical Controlled yang merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis komputer yang mampu membaca instruksi kode N dan G (G- kode) yang mengatur kerja sistem peralatan mesinnya, yakni sebuah alat mekanik bertenaga mesin yang digunakan untuk membuat komponen atau benda kerja. Mesin perkakas CNC merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan berbagai alat potong yang dapat membuat benda kerja secara presisi dan dapat melakukan interpolasi/sisipan yang diarahkan secara numerik (berdasarkan angka).

Dalam menggunakan mesin CNC harus mengenal sistem koordinat yang ada pada mesin CNC, yaitu koordinat kartesius dan koordinat kutub. Namun yang

sering di gunakan ialah sistem koordinat kartesius yang terdiri dari koordinat absolut dan koordinat incremental.

### 2.2.1 Bagian-Baagian Utama Mesin Bubut CNC

Secara umum mesin bubut CNC terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian-bagian mekanik serta bagian kontrol dan tampilan program.

#### 1. Bagian Mekanik

Secara umum mesin bubut CNC terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian-bagian mekanik serta bagian kontrol dan tampilan program.

##### a. Motor Utama

Motor utama merupakan motor penggerak yang berfungsi untuk memutar spindle utama dimana pada spindle utama tersebut terpasang cekam yang sekaligus akan memutar benda kerja.

##### b. Eretan

Eretan atau support adalah gerak persumbuan jalannya eretan mesin dalam arah memanjang dan melintang sumbu utama (arah sumbu Z dan sumbu X). Pada mesin bubut CNC umumnya eretan dibagi menjadi dua, yaitu eretan yang memanjang (sumbu X) dan eretan yang melintang (sumbu Z).

##### c. Step Motor

Step motor adalah motor yang berfungsi sebagai penggerak eretan. Pada eretan terdapat gerak memanjang dan gerak melintang, setiap gerakan tersebut digerakkan oleh step motor tersendiri. Jadi tiap eretan memiliki step motor masing-masing.

d. Revolver

Rumah alat potong (revolver atau toolturret) berfungsi sebagai penjepit alat potong. Revolver ini terpasang pada eretan dimana eretan tersebut digerakan oleh step motor. Jadi revolver dapat digerakkan secara manual maupun terprogram.

e. Cekam

Cekam berfungsi untuk menjepit benda kerja pada saat proses pemotongan benda kerja. Cekam terhubung pada spindle utama yang juga terhubung dengan motor utama melalui sabuk.

f. Meja Mesin

Meja mesin atau sliding bed berfungsi sebagai dudukan eretan. Jadi eretan dapat meluncur sepanjang meja mesin baik dalam arah memanjang atau melintang.

g. Kepala Lepas

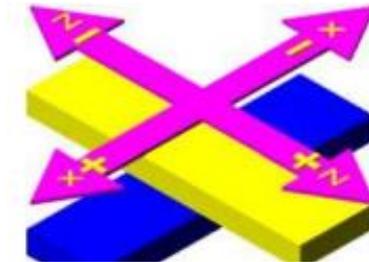
Kepala lepas atau tailstock berfungsi sebagai tempat pemasangan senter putar pada saat proses pembubutan benda kerja yang relatif panjang.

Selain itu kepala lepas juga merupakan alat bantu mesin yang digunakan untuk mengerjakan proses kerja sederhana secara manual, seperti mengebor, dan lain sebagainya.

## 2. Pemrograman Mesin CNC

Pemrograman adalah suatu urutan perintah yang disusun secara rinci tiap blok per blok untuk memberikan masukan mesin perkakas CNC tentang apa yang harus dikerjakan. Untuk menyusun pemrograman pada mesin CNC diperlukan :

Bahasa pemrograman adalah format perintah dalam satu blok dengan menggunakan kode huruf, angka, dan simbol. Di dalam mesin perkakas CNC terdapat perangkat komputer yang disebut dengan Machine Control Unit (MCU).



Gambar 2.2 Skema Persumbuan Mesin Bubut CNC

MCU ini berfungsi menterjemahkan bahasa kode ke dalam bentuk gerakan persumbuan sesuai bentuk benda kerja. Kode-kode bahasa dalam mesin perkakas CNC dikenal dengan kode G dan M, di mana kode-kode tersebut sudah distandarkan oleh ISO atau badan Internasional lainnya. Dalam aplikasi kode huruf, angka, dan simbol pada mesin perkakas CNC bermacam-macam tergantung sistem kontrol dan tipe mesin yang dipakai, tetapi secara prinsip sama. Sehingga untuk pengoperasian mesin perkakas CNC dengan tipe yang berbeda tidak akan ada perbedaan .

Berikut contoh pemrograman dengan metode absolut dan incremental. Program berikut adalah langkah finishing pengerjaan suatu benda kerja.

```

PROGRAM                                O2221
O2221 ;                                (FG:E
G21 ;
T0404 ;
G18 ;
G97 S1700 M04 ;
G0 G54 Z-37. M08 ;
G0 X36. Z-37. ;
G1 X80. F0.2 ;
G1 X38. Z-40. ;
G0 X100. M09 ;
M05 ;
  
```

Gambar 2.3 Bahasa Program CNC CKS

### 2.2.2 Mata Pahat

Pahat merupakan alat yang dipasang pada suatu mesin perkakas dengan fungsi memotong benda kerja atau mengubah benda kerja menjadi bentuk geometri yang diinginkan. Pada proses pengerjaan logam (metal working) pahat digunakan untuk memotong material-material keras (Kalpakjian,2009)

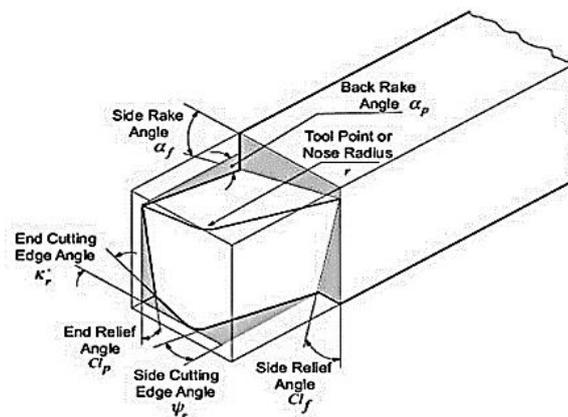
Kekerasan dan tahan terhadap gesekan yang rendah tidak diinginkan pada material pahat, sebab akan menyebabkan keausan pada material pahat tersebut. Keuletan yang rendah dan ketahanan thermal yang rendah akan mengakibatkanrusaknya pahat terhadap mata potong maupun retak mikro pada pahat yang mengakibatkan kerusakan fatal pada pahat dan benda kerja. Sifat-sifat unggul diatas memang perlu dimiliki oleh material pahat. Akan tetapi tidak semua sifat tersebut dapat dipenuhi secara berimbang. sehingga dalam aplikasi tersebut suatu pahat membutuhkan karakteristik sebagai berikut :

1. *Hot hardness* (keras pada temperatur tinggi) sehingga dengan sifat ini kekerasan, kekuatan dan ketahanan aus dapat dipertahankan pada suhu yang dihadapi saat proses pemesinan.
2. *Toughness and impact strength* (sifat tahan terhadap beban kejut) dengan sifat ini beban impak pada proses pemotongan yang tidak diperhitungkan atau gaya akibat getaran dan chatter pada proses pemesinan tidak akan merusak pahat.
3. *Thermal shock resistance* (tahan terhadap perubahan termperatur secara tiba-tiba) hal ini diperlukan untuk menahan siklus laju perubahan terperatur.
4. *Wear resistance* (tahan aus) dengan ketahanan aus yang baik kriteria umur pahat dapat diterima sebelum pergantian diperlukan.

5. *Chemical stability* ( Stabilitas kimia) berhubungan dengan material yang di mesin maka untuk meminimalisir efek samping, adhesi dan difusi geram yang memiliki kontribusi pada keausan pahat.

a. Geometri Pahat Bubut

Dalam pengerjaan mesin, geometri pahat merupakan aspek penting untuk dipertimbangkan karena pengaruhnya dalam memotong kekuatan dimensi dan pembentukan chip. Selain itu, faktor ini akan secara langsung mempengaruhi masalah lain seperti defleksi pahat, getaran, dll. Parameter geometris yang paling penting disertakan dalam gambar 2.5. Parameter ini adalah sisi cutting edge angle,



Gambar 2.4 Geometri Pada Pahat Bubut

end cutting edge angle, cutting edge inclination dan nose radius.

b. Pahat Karbida

Karbida ditemukan pada tahun 1923 merupakan material pahat yang dibuat dengan memadukan serbuk karbida (nitrida, oksida) dengan bahan pengikat Cobalt (Co). Melalui proses Carbolising (Groover, 2010 ) material dasar penyusun pahat (serbuk) Tungsten/Wolfram (W), Titanium (Ti), Tantalum (Ta) dibuat

menjadi karbida yang kemudian digiling dan disaring. Salah satu atau campuran serbuk karbida tersebut kemudian dicampur dengan bahan pengikat (Co) dan dicetak. Semakin besar persentase cobalt (Co) kekerasan pahat akan menurun dan keuletannya membaik. Ada tiga jenis utama dari pahat karbida yaitu WC + Co + (WC-TiC-TaC-NiC) untuk digunakan dalam pemesinan baja.

1. Karbida Tungsten (WC+Co).

karbida tungsten merupakan jenis pahat karbida yang digunakan untuk memotong besi cor (cast iron cutting grade).

2. Karbida Tungsten Paduan

WC-TiC+Co; WC-TiC-TaC-Co; WC-TaC+Co; WC-TiC-TiN+Co; TiC+Ni,Mo). Merupakan pahat karbida yang digunakan untuk memotong baja (steel cutting grade). Karbida tungsten paduan ini ada beberapa macam antara lain

a. Karbida Tungsten (WC+Co).

Karbida Tungsten Murni merupakan jenis paling sederhana terdiri dari Karbida Tungsten (WC) dan pengikat (Co) Cobalt. Jenis pahat ini cocok untuk permesinan dimana mekanisme keausan pahat disebabkan oleh proses abrasi seperti terjadi pada berbagai besi cor, apabila digunakan untuk memotong baja maka akan terjadi keausan kawah yang berlebihan. Untuk pemesinan baja digunakan jenis karbida tungsten paduan (Rochim, 2007)

b. Karbida (WC-TiC+Co)

Pengaruh pemberian dari TiC adalah untuk mengurangi tendensi dari geram untuk melekat pada muka pahat (BUE: Built Up Edge) serta menaikkan daya keausan kawah (Rochim, 2007)

c. Karbida (WC-TiC-TaC-Co)

Penambahan material TaC akan menambah efek samping TiC yang menurunkan sifat Transverse Rupture Strength, Hot Hardness dan Compressive Strength yang dipertinggi sehingga ujung pahat tahan terhadap deformasi plastik (Rochim 2007).

d. Karbida (WC-TaC+Co) Pengaruh TaC hampir serupa dengan pengaruh TiC, akan tetapi TaC lebih lunak dibandingkan dengan TiC. Jenis ini lebih tahan terhadap Thermal Shock cocok digunakan untuk pembuatan alur (Rochim, 2007).



Gambar 2.5 Mata Pahat Insert Carbide

### 2.2.3 Parameter Pembubutan

Agar mendapat hasil permesinan yang baik bergantung pada parameter pemesinan, seperti kecepatan pemakanan (*cutting speed*), kedalaman pemakanan (*depth of cut*), material benda, karakteristik pahat, pendinginan dan lainnya. Namun demikian faktor-faktor pembubutan yang lain cukup berpengaruh terhadap hasil proses pemesinan.

#### a. Gerak Makan, $f$ (feed)

Gerak makan adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali (Gambar 2.3) sehingga satuan  $f$  adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutama kehalusan permukaan yang diinginkan (Widarto. 2018:146). Pada kecepatan gerak pemakanan terdapat rumus yang mempermudah cara perhitungan untuk mendapatkan nilai rata-rata sesuai dengan ketentuan yang diinginkan.

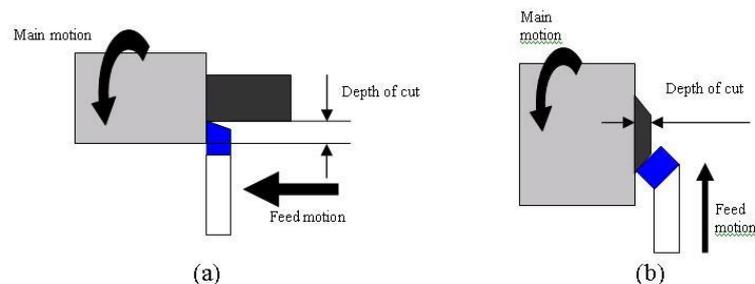
$$F = f \times n \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

$F$  : Kecepatan gerak pemakanan (mm/min)

$f$  : Gerak makan atau bergesernya pahat (mm/rev)

$N$  : Putaran mesin/kecepatan *spindle* (rpm)



Gambar 2.6 Gerak Makan ( $f$ ) Dan Kedalaman Potong (a)

b. Kedalaman Pemotongan (*Depth Of Cut*)

Kedalaman potong merupakan tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum terpotong (lihat Gambar 2.2). Ketika pahat memotong sedalam  $a$ , maka diameter benda kerja akan berkurang  $2a$ , karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar.

$$a = \frac{d_o - d_m}{2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

$a$  : Kedalaman Pemotongan (mm)

$d_o$  : Diameter Awal (mm)

$d_m$  : Diameter Akhir (mm)

Menurut Sivaraman, et al (2012:160) bahwa dept of cut dan feeding adalah parameter penting yang mempengaruhi tingkat kekasaran mempunyai hubungan bahwa kedalaman pemakanan juga dapat dimaksud selisih antara diameter awal sebelum pemakanan dengan diameter sesudah dilakukan pemakanan. Bahwa standar proses pembubutan pada kedalaman pemotongan dengan proses pengerjaan halus 0,38-2,29 mm dan pada proses pengerjaan kasar 4,75 – 9,53 mm.

c. Kecepatan *Spindle* (rpm)

Kecepatan putar (speed) selalu dihubungkan dengan sumbu utama (spindle) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (rotation per minute, rpm). Pada gerak putar seperti pada mesin frais Kecepatan potongnya ( $C_s$ ) adalah Keliling lingkaran benda kerja ( $\pi$ ) dikalikan dengan putaran ( $n$ ). Dalam menentukan kecepatan potong beberapa faktor yang perlu

dipertimbangkan antarlain: Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (cutting speed, v) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/keliling benda kerja. Menurut Widarto (2018:243) secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar, rumusnya sebagai berikut:

$$Cs = \frac{\pi d n}{1000} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

Cs : Kecepatan Potong (m/menit)

d : Diameter Benda Kerja (mm)

n : Putaran Benda Kerja ( Putaran/menit)

Tabel 2.1 *Cutting Speed* Untuk *Turning CNC*

MATERIAL	Pembubutan dan Pengeboran				PENGULIRAN	
	Pengerjaan Kasar		Pengerjaan Halus		m/min	ft/min
	m/menit	ft/min	m/min	ft/min		
baja mesin	27	90	30	100	11	35
baja perkakas	21	70	27	90	9	30
besi tuang	18	60	24	80	8	25
Perunggu	27	90	30	100	8	25
Allmunium	61	200	93	300	18	60

Dalam menentukan besarnya kecepatan potong dan putaran mesin, selain dapat dihitung dengan rumus diatas juga dapat dicari pada tabel kecepatan potong pembubutan yang hasil pembacaannya mendekati dengan angka hasil perhitungan yaitu:

d. Waktu Permesinan (tm)

Dalam membuat suatu produk atau komponen pada mesin bubut, lamanya waktu proses pemesinannya perlu diketahui/dihitung. Hal ini penting karena dengan mengetahui kebutuhan waktu yang diperlukan, perencanaan dan kegiatan produksi dapat berjalan lancar. Apabila diameter benda kerja, kecepatan potong dan kecepatan penyayatan/ penggeseran pahatnya diketahui, waktu pembubutan dapat dihitung. (Kementerian Kebudayaan dan Pendidikan, 2013:214).

Perhitungan waktu pemesinan bubut rata pada prinsipnya sama dengan menghitung waktu pemesinan bubut rata, perbedaannya hanya terletak pada arah pemakanan yaitu melintang. Pada gambar di bawah menunjukkan bahwa, panjang total pembubutan ( $L$ ) adalah panjang pembubutan muka ditambah start awal pahat ( $la$ ), untuk nilai kecepatan pemakanan ( $F$ ), dengan mengacu pada uraian sebelumnya  $F = f \cdot n$  (mm/putaran).

$$L = d^2 + la \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

$L$  : Panjang Total Pembubutan (mm)

$d$  : Diameter Benda Kerja (mm)

$l$  : Panjang Pembubutan Muka (mm)

$la$  : Jarak Mulai Pahat (mm)

#### e. Kecepatan Penghasil Geram

Geram merupakan potongan dari material yang terlepas dari benda kerja akibat gesekan pahat potong. Kecepatan penghasil geram ( $Z$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Z = f \times a \times v \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

Z : Kecapatan Penghasil Geram ( $cm^3/min$ )

f : Kecepatan Gerakan Pemakan (mm/min)

a : Kedalam Potong (mm)

v : Kecepatan potong (mm/min)

### **2.3 Cairan Pendingin**

Cutting fluid merupakan campuran antara pelumas, bahan-bahan kimia, dan air dengan komposisi tertentu yang diformulasikan untuk memenuhi kebutuhan industri manufaktur, Cutting fluid yang umumnya dipakai saat ini berbahan dasar (oil based fluid) minyak bumi dan (chemical based fluid) bahan kimia. “Dalam suatu proses pembubutan, cutting fluid berfungsi untuk memperpanjang umur pahat, mengurangi deformasi benda kerja karena panas, meningkatkan kualitas permukaan hasil pemotongan, dan melarutkan chip hasil pemotongan. Salah satu peran penting cutting fluid ini adalah mengurangi kekasaran permukaan hasil pemotongan” (Oerbandono Tjuxk, Satrio Muktiwibowo, Endi Sutikno. 2014:2).

### **2.4 Material Baja**

. Baja merupakan bahan dasar untuk industri. Semua segmen kehidupan, mulai dari peralatan dapur, transportasi, generator pembangkit listrik, sampai kerangka gedung dan jembatan menggunakan baja. Besi baja menduduki peringkat pertama di antara barang tambang logam dan produknya melingkupi hampir 90 % dari barang berbahan logam (Irlamsyah, 2015).

#### 2.4.1 Baja Karbon

Baja karbon termasuk material logam ferro yang didefinisikan sebagai paduan besi dan karbon dengan kadar karbon antara 0,08-2,0% (Wiryo Sumarto dan Okumura, 1985). Penggolongan baja karbon menurut Murtiono, (2012) dibagi ke dalam tiga macam, yaitu:

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh presentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbida yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu. Perbedaan presentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, salah satunya adalah baja karbon rendah. Baja karbon rendah (low carbon steel) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto dan Daryanto, 1999).

Baja karbon rendah juga memiliki ciri khusus antara lain :

- a. Tidak responsif terhadap perlakuan panas yang bertujuan membentuk martensit.

- b. Metode penguatannya dengan cold working struktur mikronya terdiri ferit dan perlit.
- c. Relatif lunak, ulet dan tangguh.
- d. Mampu las dan mampu mesin yang baik.
- e. Harga murah.

Tabel 2.5 Komposisi Baja Karbon Rendah Baja ST 41

<b>Komposisi kimia (%)</b>				
<b>C</b>	<b>Si</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>
0,1277	0,1597	0,5689	0,0156	0,0273

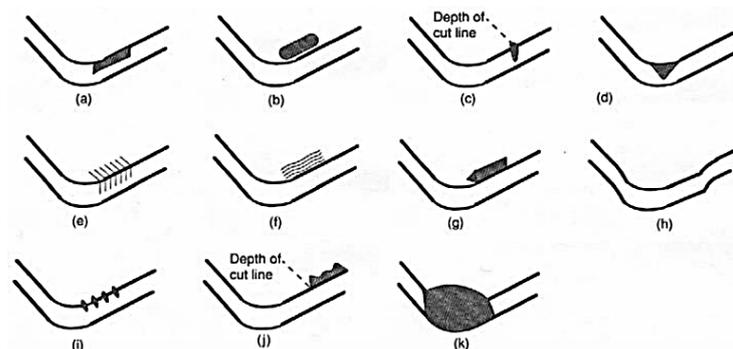
Baja ST 41 termasuk baja karbon rendah dikarenakan mempunyai kandungan karbon di bawah 0,3 %. ST 41 ini menunjukkan bahwa baja ini dengan kekuatan tarik kurang lebih 40 kg/mm<sup>2</sup> (diawali dengan ST dan diikuti bilangan yang menunjukkan kekuatan tarik minimumnya dalam kg/mm<sup>2</sup> ). Baja ST 41 biasanya digunakan untuk kawat, paku, wire mesh, peralatan otomotif, dan kawat elektroda berlapis keperluan pengelasan.

## 2.5 Keausan Mata Pahat

Pada proses pemesinan logam ketika proses pemesinan berlangsung, mata pahat mengalami gesekan dengan permukaan benda kerja logam. Gesekan permukaan geram yang mengalir akan menambah gesekan pada pahat dan permukaan benda kerja yang terpotong. Akibat dari gesekan tersebut, pahat mengalami keausan dan semakin membesar hingga mata pahat tidak dapat

digunakan lagi atau mengalami kerusakan. Dalam perencanaan proses pemesinan suatu produk diperlukan informasi tentang umur pahat, berapa lama pahat tersebut mampu melakukan pemotongan logam, sebelum mengalami keausan, sehingga dapat dihitung waktu total yang dibutuhkan untuk memotong satu produk. Selain itu, dengan mengetahui batas umur pahat, maka ketelitian produk dapat dipertahankan, kerana jika pahat telah aus akan berpengaruh terhadap kondisi permukaan yang dihasilkan.

Umur pahat dipengaruhi oleh berbagai macam variabel proses, seperti jenis proses pemesinan, material benda kerja dan pahat, geometri pahat, kondisi pemotongan, dan cairan pendingin yang digunakan. Namun dalam kajian ini, parameter pemotongan ditetapkan secara konstan, sedangkan yang bervariasi adalah waktu pemesinan. Sifat getas yang terdapat pada mata pahat karbida menyebabkan kerusakan dalam bentuk keretakan apabila suatu beban termal yang tiba-tiba diberikan pada ujung mata pahat tersebut . (a) keausan flank, (b) keausan crater, (c) keausan notch, (d) keausan nose radius, (e) patahan thermal, (f) patahan parallel, (g) Built-Up Edge (BUE), (h) deformasi plastis nyata, (i) edge chipping, (j) chip hammering dan (k) perpatahan nyata. Tempat dan bentuk sebenarnya dari keausan akan bervariasi tergantung pada operasi pemesinan.



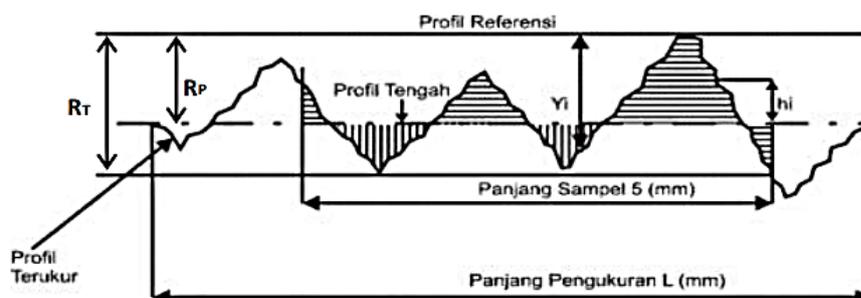
Gambar 2.7 Macam-Macam Keausan Mata Pahat

## 2.6 Kekasaran

Kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan. Dalam dunia industri, permukaan benda kerja memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari penggunaan alat tersebut. Pada nilai kekasaran permukaan terdapat beberapa kriteria nilai kualitas (N) yang berbeda, dimana Nilai kualitas kekasaran permukaan tersebut telah diklasifikasikan oleh ISO. Nilai kualitas kekasaran permukaan terkecil dimulai dari N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan ( $R_a$ )  $0,025 \mu\text{m}$  dan nilai yang paling tinggi adalah N12 dengan nilai kekasarnya  $50 \mu\text{m}$  (Kalpakjian & Schmid, 2008).

### 2.6.1 Parameter Kekasaran Permukaan

Untuk mengukur kekasaran permukaan, sensor (stylus) alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan. Panjang lintasan ini disebut dengan panjang pengukuran (traversing length). Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian permukaan yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel (Azhar, 2014).



Gambar 2.8 Profil Suatu Permukaan

Menurut Munadi pada Dasar-dasar Metrologi Industri (1988) dijelaskan beberapa bagian dari profil permukaan dari suatu permukaan, yaitu :

1. Profil Geometri 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.

2. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Profil ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteristik dari suatu permukaan.

3. Profil Terukur (*Measured Profile*)

Profil terukur adalah profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran.

4. Profil Dasar (*Root Profile*)

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

5. Profil 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.

6. Kedalaman Total (*Peak to Valley*),  $R_t$

Kedalaman total ini adalah besarnya jarak dari profil referensi sampai dengan profil dasar.

#### 7. Kedalaman Perataan (*Peak to Mean Line*), $R_p$

Kedalaman perataan ( $R_p$ ) merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur.

#### 8. Kekasaran Rata-rata Aritmetis (*Mean Roughness Indec*), $R_a$

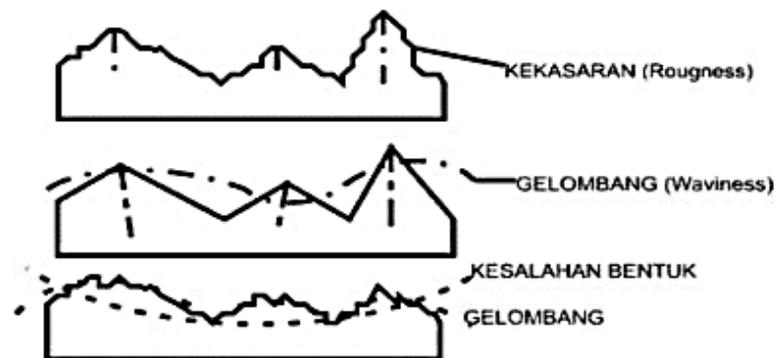
Kekasaran rata-rata merupakan harga-harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah. Kekasaran Rata-rata Kuadratis (Root Mean Square Height),  $R_g$  Besarnya harga kekasaran rata-rata kuadratis ini adalah jarak kuadrat rata-rata dari harga profil terukur sampai dengan profil tengah.

#### 2.6.2 Permukaan

Permukaan adalah suatu batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya. Istilah lain yang berkaitan dengan permukaan yaitu profil. Profil atau bentuk adalah garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan (Munadi, 1988).

Bentuk dari suatu permukaan dapat dibedakan menjadi dua yaitu permukaan yang kasar (*roughness*) dan permukaan yang bergelombang (*waviness*). Permukaan yang kasar berbentuk gelombang pendek yang tidak teratur dan terjadi karena getaran pisau (pahat) potong atau proporsi yang kurang tepat dari pemakanan (*feed*) pisau potong dalam proses pembuatannya. Sedangkan permukaan yang bergelombang mempunyai bentuk gelombang yang lebih panjang dan tidak teratur yang dapat terjadi karena beberapa faktor misalnya posisi senter yang tidak tepat, adanya gerakan tidak lurus (*non linier*) dari pemakanan (*feed*), getaran mesin, tidak imbangnya (*balance*) batu gerinda,

perlakuan panas (heat treatment) yang kurang baik, dan sebagainya. Dari kekasaran (roughness) dan gelombang (waviness) inilah kemudian timbul kesalahan bentuk (Munadi, 1988).



Gambar 2.9 Kekasaran , Gelombang, dan kesalahan Bentuk Pada Material

### 2.6.3 Toleransi Kekasaran Permukaan

Seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros), harga kekasaran rata-rata aritmetis Ra juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Dengan demikian masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N1 sampai N12. Besarnya toleransi untuk Ra biasanya diambil antara 50% ke atas dan 25% ke bawah (Munadi, 1988).

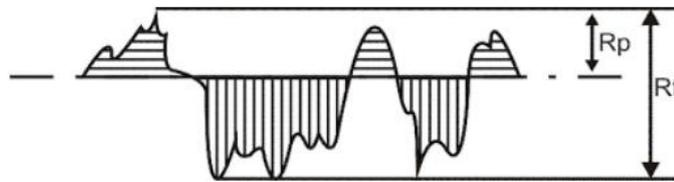
Tabel 2.9 Toleransi Harga Kekasaran Rata-Rata

Kelas kekasaran	Harga C.L.A ( $\mu\text{m}$ )	Harga Ra ( $\mu\text{m}$ )	Toleransi $N_{+25\%}^{-25\%}$	Panjang sampel (mm)
N1	1	0.0025	0.02 – 0.04	0.08
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	8

Toleransi harga kekasaran rata-rata,  $R_a$  dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya.

Adapun parameter untuk mengukur permukaan sebagai berikut:

- a. Kedalaman Total ( $R_t$ ) Kedalaman total merupakan besarnya jarak dari profil referensi sampai profil dasar ( $\mu\text{m}$ ).
- b. Kedalaman Perataan ( $R_p$ ) Kedalaman perataan merupakan jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur.
- c. Kekasaran Rata-rata aritmatik ( $R_a$ ) Kekasaran rata-rata merupakan harga rata-rata secara aritmetis antara profil terukur dan profil tengah. Adapun cara mencari  $R_a$  adalah:



Gambar 2.10 Kedalaman Total Dan Kedalaman Permukaan

$$R_a = \frac{\text{Luas Daerah } (p) + \text{Luas Daerah } (q)}{L} \times \frac{1000}{V_v}$$

Keterangan :

$R_a$  : Kekasaran Rata-Rata aritmatik

$L$  : Panjang Sampel (mm)

$V_v$  : Perbesaran Vertikal luas p dan q (mm)

## 2.7 Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Alat ukur kekasaran permukaan yang digunakan adalah Surface Roughness Tester. Alat ini dapat digunakan untuk mengamati ataupun mengukur tingkat kekasaran dari suatu permukaan dengan standar ISO. Beberapa data yang dapat ditunjukkan oleh alat uji kekasaran permukaan ini adalah nilai parameter-parameter dari kekasaran permukaan dan grafik kekasaran permukaannya.

Kekasaran didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan mesin. Nilai kekasaran dinyatakan dalam Roughness Average (Ra). Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional.

Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan stylus berbentuk diamond untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat indicator pengukur kekasaran permukaan benda uji. Prinsip kerja dari Surface Roughness Tester adalah dengan menggunakan transducer dan diolah dengan mikroprocessor.

Langkah langkah pengerjaan dengan alat ini adalah :

1. Benda uji diletakkan pada bidang yang datar.
2. Sejajarkan alat ukur permukaan tersebut dengan bidang material yang akan di uji.
3. Ujung dari dial indicator di set pada posisi stabil untuk melakukan pembacaan skala tekanan terhadap permukaan benda uji.

4. Tentukan seberapa panjang dari bagian benda ukur yang akan di uji kekasaran permukaannya, nantinya panjang inilah yang akan di lewati oleh dial indicator.
5. Apabila dial indicator telah melakukan pengukuran sepanjang jarak yang kita tentukan, nilai kekasaran permukaan akan tercatat, dan dapat dilihat dalam bentuk print out.
6. Sebelum dilakukan pengukuran, benda uji dan alat ukur telah diatur sehingga sedapat mungkin tidak terdapat kesalahan dalam pengukuran.



Gambar 2.11 Surface Raughness Tester