

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada saat ini proses permesinan menjadi salah satu jenis proses pembuatan komponen mesin yang paling banyak digunakan dalam industri manufaktur. Salah satu proses permesinan yang digunakan dalam industri manufaktur adalah proses bubut. Proses bubut merupakan proses permesinan yang digunakan untuk membuat komponen-komponen mesin berbentuk silindris. Proses tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan Mesin Perkakas konvensional atau dengan Mesin Perkakas *CNC*.

Seiring dengan kemajuan teknologi, banyak produk yang semakin sulit untuk dikerjakan dengan Mesin Perkakas Konvensional. Selain tuntutan terhadap ketelitian, kualitas kekasaran permukaan yang halus, serta kepresisian geometri produk yang tinggi, geometri benda kerja yang semakin kompleks juga menjadi kendala tersendiri. Oleh karena itu digunakanlah proses permesinan *non*-konvensional untuk mengatasi kendala-kendala tersebut. Proses permesinan *non*-konvensional yang banyak digunakan salah satunya adalah Mesin Bubut *CNC* (*Computer Numerically Controlled*). Bubut tirus merupakan proses permesinan yang dapat dikerjakan oleh Mesin Bubut *CNC*.

Pada proses bubut, parameter permesinan sangat mempengaruhi terbentuknya suatu produk yang berkualitas. Untuk itu diperlukan pemilihan parameter permesinan yang tepat. Salah satu kualitas yang ingin didapat pada proses permesinan adalah tingkat kekasaran permukaan pada produk yang dihasilkan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan yaitu *feeding* dan rasio L/D benda kerja.

Kekasaran permukaan suatu produk mempunyai peranan penting pada kualitas produk tersebut. Bima (2006) melakukan penelitian tentang pengaruh kedalaman pemotongan dan cairan pendingin terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan. Hadimi (2008) melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan dengan memvariasikan diameter benda kerja yang digunakan. Dari hasil penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa kedalaman pemotongan dan diameter benda kerja berpengaruh pada nilai kekasaran permukaan.

Berdasarkan uraian di atas, maka sangat perlu untuk dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi *feeding* dan rasio L/D benda kerja terhadap kekasaran permukaan hasil proses bubut tirus.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh *feeding* pada hasil proses bubut tirus terhadap kekasaran permukaan benda kerja.
2. Bagaimana pengaruh rasio L/D pada hasil proses bubut tirus terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan yang dilakukan lebih terarah, pada penelitian ini diberikan batasan sebagai berikut :

1. Mesin yang digunakan adalah Mesin Bubut *CNC ET 242*.
2. Benda kerja yang digunakan adalah Aluminium 6061.
3. Pahat *insert* yang digunakan adalah DCMT 11T304N-SU.
4. Proses bubut tanpa menggunakan bantuan *tailstock*.
5. Besar sudut tirus seluruh benda kerja adalah 6° .
6. Pengujian kekasaran menggunakan *surface tester* yang diukur pada sisi tirus benda kerja.
7. Kondisi pahat selama proses bubut dalam keadaan baik.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh variasi *feeding* terhadap kekasaran permukaan hasil proses bubut tirus dengan bahan Aluminium 6061.
2. Mengetahui pengaruh variasi rasio L/D terhadap kekasaran permukaan hasil proses bubut tirus dengan bahan Aluminium 6061.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Memahami pengaruh variasi *feeding* dan rasio L/D terhadap kekasaran permukaan hasil proses bubut tirus.
2. Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi industri manufaktur untuk pemilihan nilai kekasaran permukaan pada produk yang berbentuk tirus.
3. Sebagai salah satu acuan referensi pengetahuan bagi mahasiswa teknik mesin dalam penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan pemotongan logam.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Bima Aditya (2006), melakukan penelitian tentang pengaruh kedalaman dan cairan pendingin terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan. Dengan variasi *depth of cut* 0,2 mm, 0,4 mm, 0,6 mm dan cairan pendingin *Cutting APX*, *Cutsol SP*, *Drumus*. Material yang digunakan adalah bahan Baja St 60. Dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa kedalaman pemakanan yang baik adalah yang rendah, karena menghasilkan tingkat kekasaran yang rendah dan tingkat kekerasan yang tinggi.

Hadimi (2008), melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan pada proses bubut. Dengan variasi kecepatan makan 0,05 mm/rev, 0,69 mm/rev, 0,88 mm/rev, 0,125 mm/rev, 0,17 mm/rev dan diameter benda uji 30 mm, 40 mm, 50 mm, 70 mm. Material yang digunakan adalah bahan Baja St 37. Dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa kecepatan pemakanan dan diameter benda uji yang dibubut berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan.

Ninuk dan Joni (1999), melakukan penelitian tentang pengaruh parameter pemotongan dan geometri pahat terhadap kekasaran permukaan pada proses bubut. Pada penelitian ini digunakan kecepatan potong 150 m/min, 175 m/min, 200 m/min, gerak makan 0,1 mm/rev, 0,12 mm/rev, 0,15 mm/rev, dan radius pahat 0,4 mm, 0,8 mm, 1,2 mm. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa semakin besar gerakan makan akan menaikkan nilai kekasaran permukaan, sedangkan semakin besar radius pahat dan kecepatan potong akan menurunkan nilai kekasaran permukaan.

2.2 Proses Permesinan

Proses permesinan adalah proses pembentukan geram (*chips*) akibat perkakas (*tools*), yang dipasangkan pada mesin perkakas (*machine tools*), bergerak relatif terhadap benda kerja (*work piece*) yang dicekam pada daerah kerja mesin perkakas (Rochim, 2007: 1).

Proses permesinan termasuk dalam klasifikasi proses pemotongan logam. Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dari logam dengan cara memotong, mengupas, atau memisah. Proses pemotongan logam dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok dasar yaitu :

1. Proses pemotongan dengan mesin las.
2. Proses pemotongan dengan mesin pres.
3. Proses pemotongan dengan mesin perkakas.
4. Proses pemotongan *non*-konvensional.

2.2.1 Klasifikasi Proses Permesinan

Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dibedakan menjadi dua macam komponen gerakan yaitu gerak potong (*cutting movement*) dan gerak makan (*feeding movement*). Menurut jenis kombinasi gerak potong dan gerak makan maka proses permesinan dikelompokkan menjadi tujuh macam proses yang berlainan (Rochim, 2007: 3), yaitu :

1. Proses Bubut (*Turning*)
2. Proses Gurdi (*Drilling*)
3. Proses Freis (*Milling*)
4. Proses Gerinda Rata (*Surface Grinding*)
5. Proses Gerinda Silindrik (*Cylindrical Grinding*)
6. Proses Sekrap (*Shaping*)
7. Proses Gergaji (*Sawing*)

Selain klasifikasi menurut gerak relatif pahat terhadap benda kerja, yang menghasilkan tujuh macam proses seperti di atas, secara lebih cermat proses permesinan dapat diklasifikasikan menurut tujuan dan cara pengerjaan atau mesin perkakas yang digunakan sebagaimana yang terlihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 : Klasifikasi Proses Permesinan Menurut Jenis Mesin Perkakas yang Digunakan

Jenis Proses		Mesin Perkakas Yang Digunakan	
1 Bubut	(Turning)	1 Mesin Bubut	(Lathe)
2 Gurdi	(Drilling)	2 Mesin Gurdi	(Drilling Machine)
3 Sekrap	(Shaping, Planing)	3 Mesin Sekrap (Shaping Machine) dan Mesin Sekrap Meja (Planing Machine)	
4 Freis	(Milling)	4 Mesin Freis	(Milling Machine)
5 Gergaji	(Sawing)	5 Mesin Gergaji	(Sawing Machine)
6 Pelebaran lubang, Koter (Boring)		6 Mesin Pelubang/Koter (Boring Machine)	
7 Parut	(Broaching)	7 Mesin Parut/Mesin Broc (Broaching Machine)	
8 Gerinda	(Grinding)	8 Mesin Gerinda	(Grinding Machine)
9 Asah	(Honing)	9 Mesin Asah	(Honing Machine)
10 Asah Halus (Lapping)		10 Mesin Asah Halus (Lapping Machine)	
11 Asah Super Halus (Super Finishing)		11 Mesin Asah Super Halus/Mesin Asah Kaca (Super/Mirror Finishing)	
12 Kilap	(Polishing & Buffing)	12 Mesin Pengkilap	(Polisher & Buffer)

Sumber : Rochim (2007 : 5)

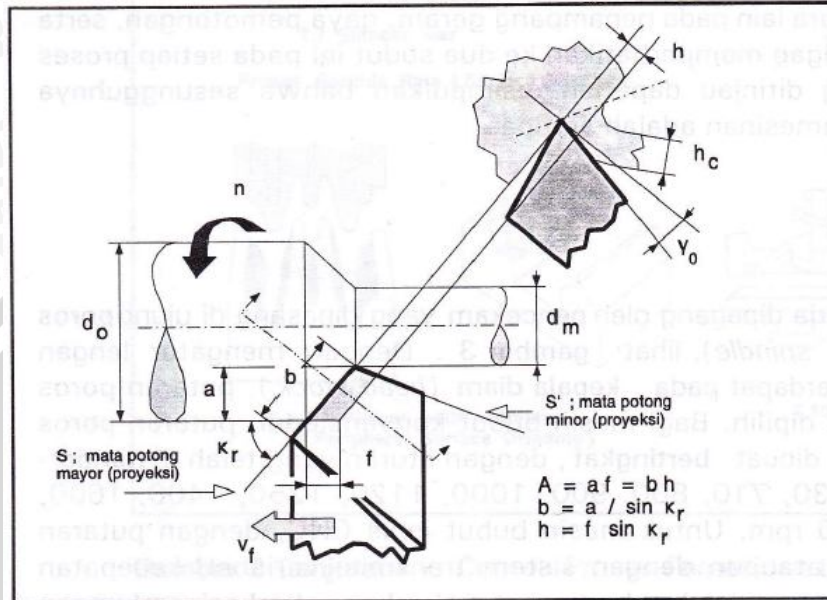
2.2.2 Elemen Dasar Proses Permesinan

Berdasarkan gambar teknik, dimana dinyatakan spesifikasi suatu produk komponen mesin, salah satu atau beberapa jenis proses permesinan yang telah disinggung di atas harus dipilih sebagai suatu proses atau urutan proses yang digunakan untuk membuat benda kerja tersebut. Bagi suatu tingkatan proses, ukuran objektif ditentukan dan pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran objektif tersebut dicapai. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara menentukan penampang geram (sebelum terpotong). Selain itu, setelah berbagai aspek teknologi ditinjau, kecepatan pembuangan geram dapat dipilih supaya waktu pemotongan sesuai dengan yang dikehendaki. Pekerjaan seperti akan ditemui dalam setiap perencanaan proses pemesinan. Untuk itu perlu dipahami lima elemen dasar proses pemesinan (Rochim, 2007 : 11), 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. Laju penghasilan geram (*rate of metal removal*) : Z (cm³/min)

2.3 Proses Bubut

Proses bubut adalah proses permesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut (Widarto, 2008 : 144).



Gambar 2.1 : Proses Bubut
Sumber : Rochim (2007 : 12)

Elemen dasar proses bubut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.1. Kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut :

Benda Kerja :

d_o = diameter mula-mula ; mm

d_m = diameter akhir ; mm

Pahat :

κ_r = sudut potong utama ; °

γ_o = sudut geram ; °

Mesin Bubut :

a = kedalaman potong

$$a = \frac{(d_o - d_m)}{2} \quad ; \text{ mm} \quad (2-1)$$

f = gerak makan ; mm/rev

n = putaran spindel / poros utama (benda kerja) ; rev/min

Adapun elemen dasar proses permesinan dapat dihitung sebagai berikut (Rochim, 2007: 13) :

1. Kecepatan potong (*cutting speed*) :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad ; \text{ m/min} \quad (2-2)$$

dengan : d = diameter rata-rata

$$d = (d_o + d_m) / 2 \quad ; \text{ mm}$$

2. Kecepatan makan (*feeding speed*) :

$$v_f = f \cdot n \quad ; \text{ mm/min} \quad (2-3)$$

3. Waktu pemotongan (*cutting time*) :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad ; \text{ min} \quad (2-4)$$

4. Laju penghasilan geram (*rate of metal removal*) :

$$Z = A \cdot v \quad ; \text{ cm}^3/\text{min} \quad (2-5)$$

dengan :

penampang geram sebelum terpotong :

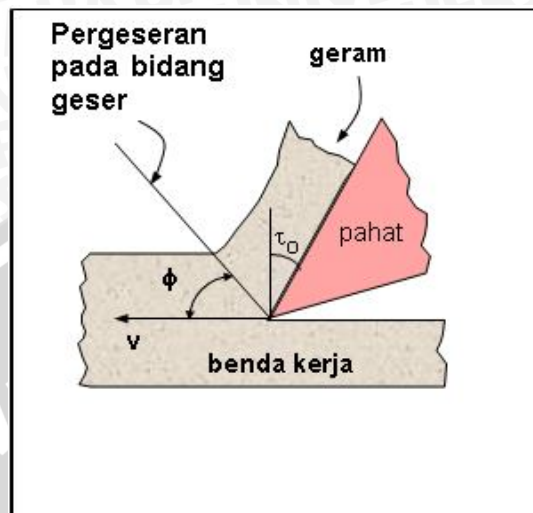
$$A = f \cdot a \quad ; \text{ mm}^2 \quad (2-6)$$

$$\text{Jadi, } Z = f \cdot a \cdot v \quad ; \text{ cm}^3/\text{min} \quad (2-7)$$

2.3.1 Mekanisme Pembentukan Geram

Logam yang pada umumnya bersifat ulet (*ductile*) apabila mendapat gaya tekan akan timbul tegangan (*stress*) di daerah sekitar konsentrasi gaya penekanan mata potong pahat. Tegangan pada logam (benda kerja) tersebut mempunyai orientasi yang kompleks dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser (*shearing stress*) yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan

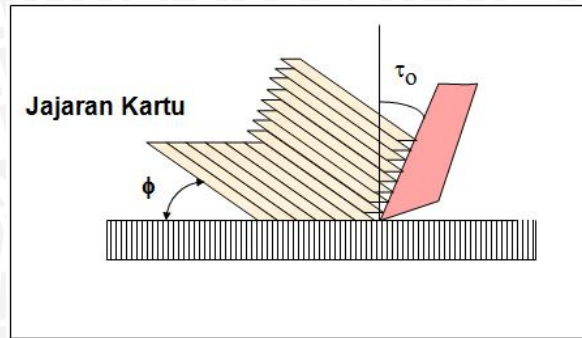
maka akan terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutuskan material benda kerja di ujung pahat pada suatu bidang geser (*shear plane*), hal ini dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 : Mekanisme Pembentukan Geram
Sumber : Nutranta (2013 : 2)

Bidang geser mempunyai lokasi tertentu yang membuat sudut terhadap vektor kecepatan potong, dan dinamakan dengan sudut geser (*shear angle*, Φ). Proses terbentuknya geram tersebut dapat diterangkan dengan analogi tumpukan kartu.

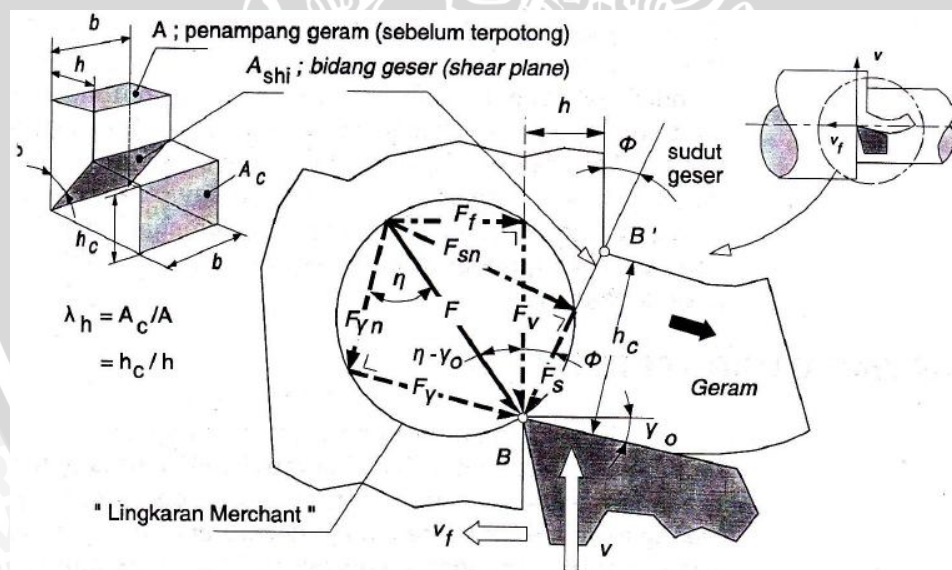
Bila setumpuk kartu dijajarkan dan diatur dengan sedikit miring (sesuai dengan sudut geser, Φ) kemudian didorong dengan papan (penggaris) yang membuat sudut terhadap garis vertikal (sesuai dengan sudut geram, τ_0) maka kartu di ujung papan akan tergeser ke atas relatif terhadap kartu di belakangnya. Pergeseran itu berlangsung secara berurutan dan kartu terdorong melewati bidang atas papan, seperti terlihat pada gambar 2.3. Analogi kartu tersebut menerangkan keadaan sesungguhnya dari kristal logam yang terdeformasi sehingga merupakan lapisan tipis yang tergeser pada bidang geser.



Gambar 2.3 : Pembentukan Geram dengan Analogi Kartu
 Sumber : Nutranta (2013 : 3)

2.3.2 Komponen Gaya Pembentukan Geram

Suatu analisis mekanisme pembentukan geram yang dikemukakan oleh Euge Merchant mendasarkan teorinya atas model pemotongan sistem tegak (*orthogonal cutting system*). Sistem pemotongan tegak merupakan penyederhanaan dari sistem pemotongan miring (*oblique cutting system*) dimana gaya dan komponennya hanya dianalisa pada suatu bidang, seperti yang terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 : Komponen Gaya Pembentukan Geram
 Sumber : Rochim (2007 : 23)

Bila sistem gaya dianggap hanya pada satu bidang, maka gaya total (F) dapat diuraikan menjadi dua komponen gaya yang saling tegak lurus. Tergantung dari cara pemisahan komponen, dalam hal ini dapat dikemukakan tiga cara (Rochim, 2007 : 24) yaitu :



1. Gaya total (F) ditinjau dari proses deformasi material,
 - F_s = gaya geser yang mendeformasikan material pada bidang geser sehingga melampaui batas elastik.
 - F_{sn} = gaya normal pada bidang geser yang menyebabkan pahat tetap menempel pada benda kerja.
2. Gaya total (F) dapat diketahui dari pengukuran dinamometer,
 - F_v = gaya potong, searah dengan kecepatan potong.
 - F_f = gaya makan, searah dengan kecepatan makan.
3. Gaya total (F) yang bereaksi pada bidang geram,
 - F_γ = gaya gesek pada bidang geram.
 - $F_{\gamma n}$ = gaya normal pada bidang geram.

Karena berasal dari suatu gaya yang sama, maka dapat digambarkan pada suatu lingkaran dengan diameter sama dengan gaya total (F). Uraian gaya total F menjadi dua komponennya seperti di atas merupakan kondisi pemotongan teoritik pada sistem pemotongan tegak (*Orthogonal cutting system*) yang terjadi bila sudut potong utama (κ_r) besarnya 90° dan sudut miring (λ_s) besarnya 0° .

Sewaktu pemotongan mulai berlangsung, gaya potong F_v akan membesar. Daerah di muka mata potong akan mengalami tegangan geser dengan orientasi dan harga yang bervariasi. Salah satu bidang akan mengalami tegangan geser yang terbesar, dan dengan naiknya gaya potong maka tegangan geser pada bidang tersebut (bidang geser) akan melampaui batas elastis (*yield*) sehingga terjadi deformasi plastis yang menyebabkan terbentuknya geram. Bila hal ini telah terjadi maka gaya potong telah mencapai harga maksimum (tak mungkin naik lagi). Berdasarkan analisis geometrik dari lingkaran gaya didapatkan rumus dasar gaya potong (F_v) sebagai berikut (Rochim, 2007 : 24) :

$$F_v = F \cos (\eta - \gamma_o) \quad \text{dan} \quad F_s = F \cos (\Phi + \eta - \gamma_o) \quad (2-8) \quad (2-9)$$

Maka,

$$F_v = \frac{F_s \cos (\eta - \gamma_o)}{\cos (\Phi + \eta - \gamma_o)} \quad (2-10)$$

Gaya geser F_s dapat digantikan dengan penampang bidang geser dan tegangan geser yang terjadi padanya yaitu,

$$F_s = A_{shi} \cdot \tau_{shi} \quad ; N \quad (2-11)$$

dengan : τ_{shi} = Tegangan Geser pada bidang geser ; N/mm^2

$$\begin{aligned} A_{shi} &= \text{Penampang bidang geser} \\ &= A / \sin \Phi \quad ; \text{mm}^2 \end{aligned} \quad (2-12)$$

$$\begin{aligned} A &= \text{Penampang geram sebelum terpotong} \\ &= f \cdot a \quad ; \text{mm}^2 \end{aligned} \quad (2-13)$$

Dengan demikian gaya potong teoritik dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$F_v = \tau_{shi} \cdot f \cdot a \frac{\cos (\eta - \gamma_o)}{\sin \Phi \cdot \cos (\Phi + \eta - \gamma_o)} \quad (2-14)$$

Menurut Rochim (2007 : 26) gaya potong tidak akan melebihi harga maksimum yang tercapai setelah bidang geser terbentuk dengan orientasi sebesar sudut geser (Φ) relatif terhadap kecepatan potong.

Maka rumus untuk mencari sudut geser (Φ) adalah :

$$\Phi = 45^\circ + \frac{\gamma_o}{2} - \frac{\eta}{2} \quad (2-15)$$

dan besarnya sudut gesek dapat diketahui sebagai berikut :

$$\eta = 90^\circ + \gamma_o - 2\Phi \quad (2-16)$$

2.3.3 Bubut Tirus

Benda kerja berbentuk tirus (*taper*) dihasilkan pada proses bubut apabila gerakan pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. Untuk menentukan besarnya sudut tirus, berdasarkan gambar 2.5 dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$\tan \alpha = \frac{D - d}{2l} \quad (2-17)$$

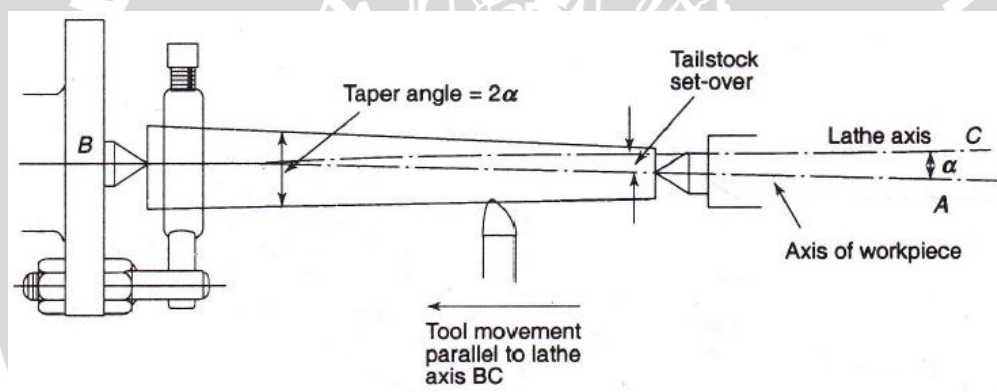
dengan :

- D = diameter mayor tirus
- d = diameter minor tirus
- l = panjang tirus
- α = besarnya sudut tirus

Beberapa cara untuk membuat benda tirus pada proses bubut konvensional adalah sebagai berikut (Widarto, 2008 : 165) :

1. Dengan menggeser kepala lepas (*Tail Stock*)

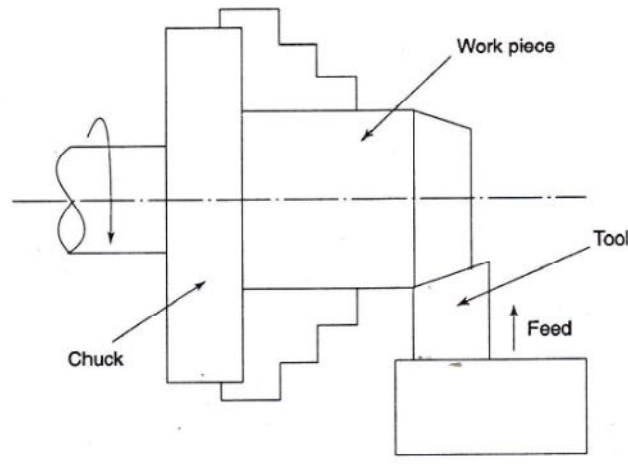
Dengan cara ini proses bubut tirus dilakukan sama dengan proses membubut lurus dengan bantuan dua senter. Benda kerja tirus terbentuk karena sumbu kepala lepas tidak sejajar dengan sumbu kepala tetap. Untuk cara ini sebaiknya hanya untuk sudut tirus yang sangat kecil, karena apabila sudut tirus besar bisa merusak senter jalan yang dipasang pada kepala lepas. Cara ini seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 : Proses Bubut Tirus dengan Menggeser Kepala Lepas
Sumber : Rao (2002 : 102)

2. Dengan cara menggunakan pahat khusus untuk membentuk tirus.

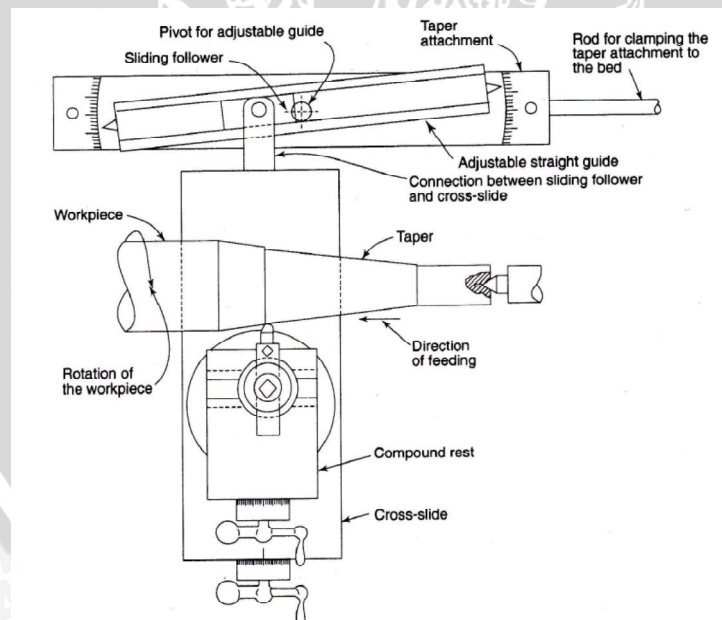
Proses pemakanan dilakukan langsung ke pahat dalam proses produksi, metode ini berfungsi untuk membentuk tirus yang pendek. Cara ini seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 : Proses Bubut Tirus dengan Menggunakan Bentuk Pahat
 Sumber : Rao (2002 : 101)

3. Dengan alat bantu tirus (*taper attachment*)

Pembuatan tirus dengan alat ini adalah untuk benda yang memiliki sudut tirus relatif kecil (sudut sampai dengan 9°). Pembuatan tirus lebih cepat karena gerakan pemakanan (*feeding*) bisa dilakukan otomatis. Cara ini seperti terlihat pada gambar 2.7.

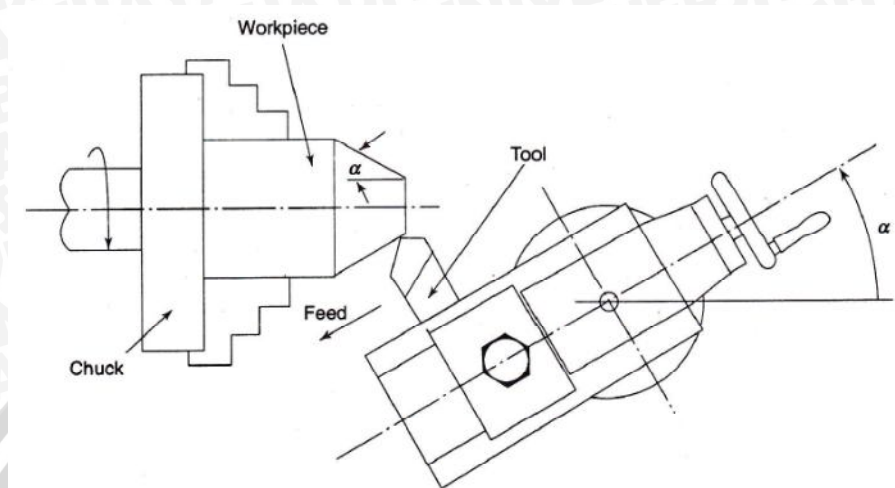


Gambar 2.7 : Proses Bubut Tirus dengan Alat Bantu Tirus
 Sumber : Rao (2002 : 103)

4. Dengan cara memiringkan eretan atas pada sudut tertentu.

Gerakan pahat (pemakanan) dilakukan secara manual (memutar *handle* eretan atas).

Cara ini seperti terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 : Proses Bubut Tirus dengan Memiringkan Eretan Atas
Sumber : Rao (2002 : 101)

2.4 Komponen Rotasional (Rasio L/D)

Benda kerja dengan proses permesinan rotasional, dimana terdapat rasio panjang (L) terhadap diameternya (D) atau rasio L/D. Komponen rotasional dikelompokkan dalam tiga kelas (Botthroyd, 1983 : 271), yaitu :

- Rasio panjang terhadap diameter (rasio $L/D \leq 0,5$)

Pada komponen rotasional kelompok pertama ini bisa diklasifikasikan sebagai *disc*. Benda kerja dengan diameter sekitar 300 mm, pada umumnya dijepit dalam sebuah *chuck*. Untuk diameter lebih besar, dibutuhkan alat bantu tambahan pada benda kerja untuk pencekaman saat proses permesinan.

- Rasio panjang terhadap diameter ($0,5 < \text{rasio } L/D < 3$)

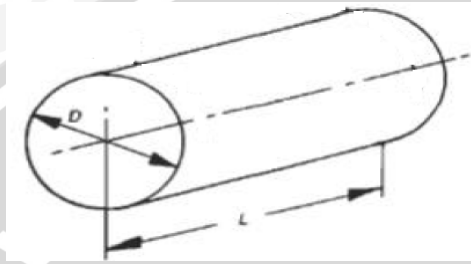
Pada komponen rotasional kelompok kedua ini bisa diklasifikasikan sebagai komponen silindris pendek. Komponen ini paling cocok untuk melakukan proses permesinan pada bubut. Keseluruhan permukaan luar dari tipe komponen ini bisa dilakukan proses permesinan tanpa alat bantu tambahan pada *chuck*.

- Rasio panjang terhadap diameter (rasio $L/D \geq 3$)

Pada komponen rotasional kelompok ketiga ini bisa diklasifikasikan sebagai komponen silindris panjang. Komponen ini disangga antar *center*-nya, pada ujung *headstock*-nya dengan sebuah *chuck* dan disangga oleh *tailstock* di ujung lainnya.

Jika rasio L/D terlalu besar, fleksibilitas benda kerja akan menimbulkan masalah akibat gaya yang terbentuk pada proses permesinan. Untuk itu ketika benda kerja didukung oleh alat kerja penahan, harus dipastikan telah cukup *rigid* untuk menahan gaya pada proses permesinan.

Adapun untuk komponen rotasional dengan rasio panjang (L) terhadap diameter (D) benda kerja (rasio L/D) dapat dilihat pada gambar 2.9 :



Gambar 2.9 : Komponen Rotasional dengan Rasio L/D

2.5 Defleksi

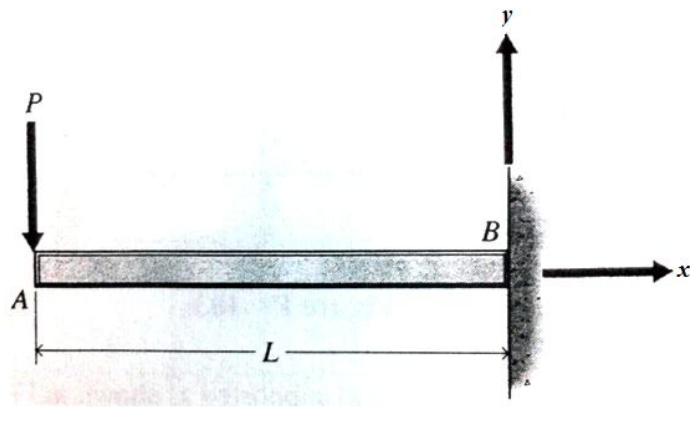
Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah sumbu y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang. Adapun hal-hal yang dapat mempengaruhi terjadinya defleksi (Munandar, 2011 : 2) yaitu :

1. Kekakuan batang.
2. Besar kecilnya gaya yang diberikan.
3. Jenis tumpuan yang diberikan.
4. Jenis beban yang terjadi pada batang.

Pada proses bubut benda kerja dicekam pada *chuck* yang menunjukkan pada proses ini benda mengalami tumpuan jepit dan dikenai gaya oleh pahat, maka benda kerja pada proses bubut juga akan mengalami defleksi. Defleksi yang terjadi pada saat proses bubut tersebut berpengaruh pada kekasaran permukaan yang dihasilkan.

2.5.1 Defleksi Kantilever Dengan Beban Terpusat

Jika sebuah balok kantilever diberi beban terpusat maka akan terdapat defleksi (δ_A), kondisi tersebut seperti yang terlihat pada gambar 2.10. Untuk mengetahui besarnya defleksi, maka dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut (Timoshenko, 1996 : 144) :



Gambar 2.10 : Balok Kantilever dengan Beban P
Sumber : Riley (1999)

$$\delta_A = \frac{PL^3}{3EI} \quad (2-18)$$

dengan : P = Beban terpusat (N)

E = Modulus elastisitas bahan (N/mm²)

I = Momen inersia luasan (mm⁴)

L = Panjang batang (mm)

Berdasarkan persamaan 2-18 dengan kondisi P, E, dan I yang konstan, balok hanya dipengaruhi oleh besarnya nilai L. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin panjang batang (L), maka akan semakin besar juga terjadinya defleksi.

2.6 Kekakuan Benda Kerja

Kekakuan benda kerja dapat mempengaruhi defleksi yang terjadi pada proses bubut. Benda kerja dengan panjang lebih besar akan memiliki kekakuan yang lebih rendah dibandingkan dengan benda kerja yang memiliki panjang lebih kecil. Untuk mengetahui nilai dari kekakuan benda kerja, dapat dilihat pada persamaan berikut ini :

$$F = k \cdot x \quad (2-19)$$

dengan : F = Gaya yang diberikan pada pegas (N)

k = Kekakuan pegas

x = Pertambahan panjang pegas (mm)

Persamaan 2-17 dapat diubah menjadi persamaan berikut,

$$P = \left(\frac{3EI}{L^3} \right) \delta_A \quad (2-20)$$

Jika dibandingkan persamaan 2-19 dan 2-20 maka dapat dilihat bahwa kekakuan benda kerja sebesar $\left(\frac{3EI}{L^3} \right)$ sebanding dengan kekakuan pegas (k), beban terpusat (P) sebanding dengan gaya yang diberikan pada pegas (F) dan defleksi (δ_A) sebanding dengan pertambahan panjang pegas (x).

2.7 Kekasaran Permukaan

Konfigurasi permukaan suatu elemen mesin jika ditinjau dari skala kecil merupakan suatu karakteristik geometrik, dalam hal ini dapat digolongkan ke dalam jenis *mikrogeometri*. Selain itu dapat digolongkan juga ke dalam jenis *makrogeometri*, yaitu permukaan secara keseluruhan yang membuat rupa atau bentuk yang spesifik. Poros, lubang, dan sisi merupakan permukaan yang termasuk dalam golongan *makrogeometri*.

Permukaan suatu benda kerja sebenarnya terdiri dari lapisan-lapisan. Lapisan ini diantaranya ada yang terlihat lebih menonjol membentuk pola yang kompleks yang disebut profil. Berdasarkan profil ini permukaan benda kerja terdiri dari empat ketidakraturan (Rochim, 2001 : 55) yaitu :

1. Ketidakraturan geometris yang berupa kesalahan bentuk (*form error*), disebabkan oleh adanya lenturan yang terjadi pada perkakas atau benda kerja dan kesalahan posisi pada waktu pencekaman benda kerja.
2. Ketidakraturan permukaan yang menyerupai gelombang (*waviness*), disebabkan oleh terjadinya getaran sewaktu proses pemotongan berlangsung.
3. Ketidakraturan permukaan alur (*grooves*), disebabkan oleh adanya getaran sebagai jejak/bekas dari pemotongan pahat (bentuk ujung pahat atau gerak makan).
4. Ketidakraturan berupa serpihan (*flakes*), disebabkan oleh pembentukan geram yang sedang berlangsung.

Dari keempat ketidakraturan tersebut, yang disebut dengan kekasaran permukaan adalah ketidakraturan konfigurasi dan penyimpangan karakteristik permukaan berupa guratan yang nantinya akan terlihat pada profil permukaan. Kekasaran permukaan memegang peranan penting dalam menentukan kualitas suatu

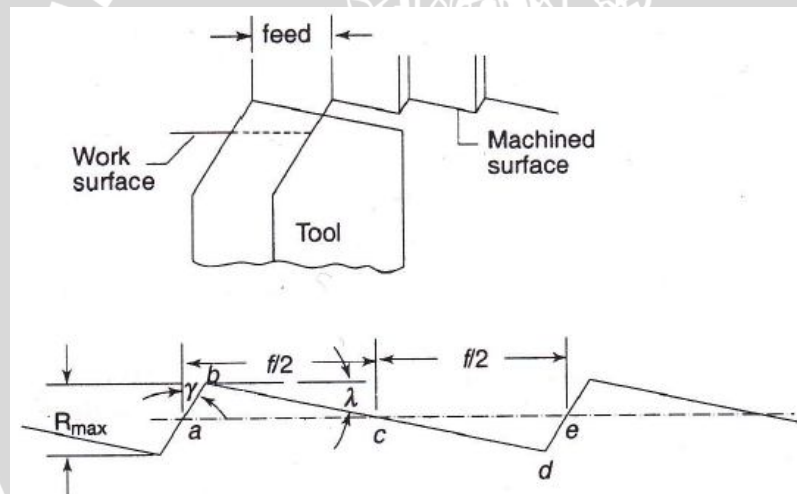
komponen. Pada suatu komponen kekasaran permukaan perlu dinyatakan dengan jelas dalam kaitannya dengan gesekan, keausan, serta pelumasan.

Nilai kekasaran permukaan aritmatik (R_a) diberikan sebagai jumlah mutlak semua luasan di atas dan di bawah garis rata-rata dibagi panjang, sehingga untuk kondisi pada gambar 2.11 nilai kekasaran permukaan idealnya adalah :

$$R_a = \frac{f}{4(\cot \lambda + \cot \gamma)} \quad (2-21)$$

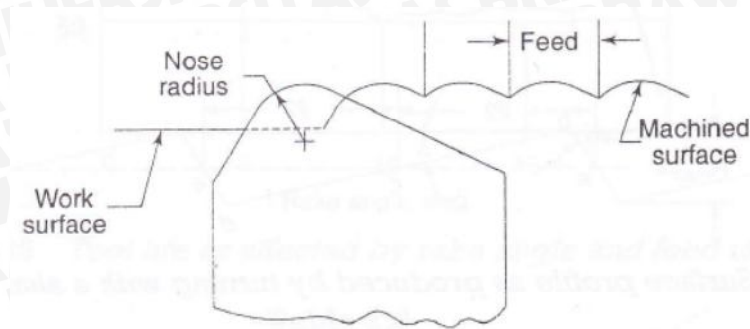
dengan :

- R_a = kekasaran rata-rata aritmatik (μm)
- f = gerak makan (mm/rev)
- λ = sudut potong utama ($^\circ$)
- γ = sudut potong bantu ($^\circ$)



Gambar 2.11 : Kekasaran Permukaan Hasil Bubut Pahat Lancip
Sumber : Rao (2002 : 45)

Alat potong pada proses bubut yang sebenarnya digunakan memiliki radius pahat (*nose radius*) pada ujung mata potong pahat, yang mempengaruhi geometri permukaan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 : Kekasaran Permukaan Hasil Bubut *Tool Nose Radius*
Sumber : Rao (2002 : 46)

Untuk persamaan kekasaran permukaan idealnya adalah sebagai berikut :

$$Ra = \frac{8f^2}{18 \cdot R \cdot \sqrt{3}} \quad (2-22)$$

dengan :

- Ra = kekasaran rata-rata aritmatik (μm)
- f = gerak makan (mm/rev)
- R = *nose radius* (mm)

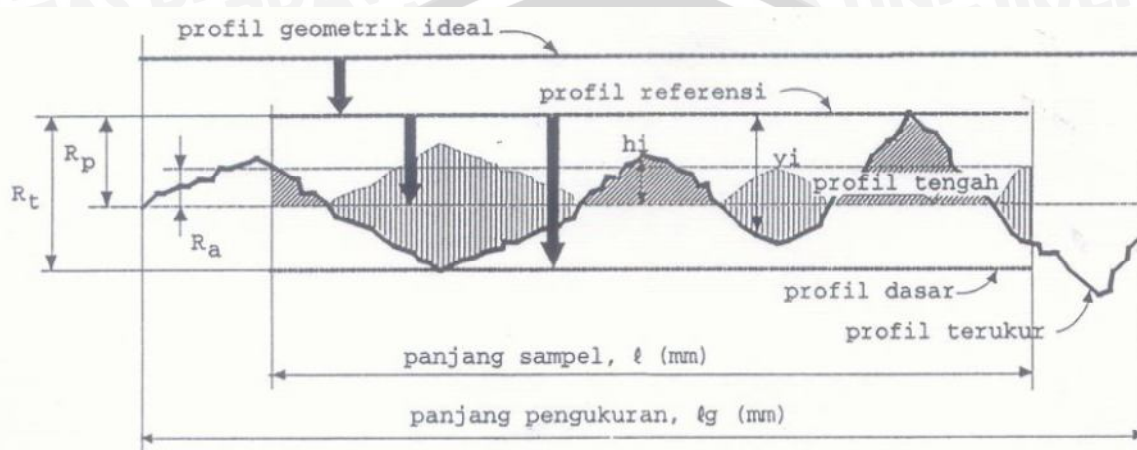
2.7.1 Pengukuran Kekasaran Permukaan

Untuk mengetahui profil suatu permukaan benda kerja digunakan alat *surface roughness tester*. Alat ukur kekasaran permukaan dimana menggunakan peraba (*stylus*) yang bekerjanya berdasarkan prinsip kelistrikan. Kelengkapan secara umum alat tersebut adalah peraba (*stylus*), *skid*, *amplifier*, perekam (*recorder*), dan bagian pencatat semua profil kekasaran yang direkam.

Prinsip kerja alat ukur kekasaran permukaan dimana *stylus* dari alat ukur kekasaran permukaan akan bergerak sepanjang lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut dengan panjang pengukuran (l_g). Sesaat setelah *stylus* berhenti maka secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang telah terdeteksi oleh *stylus*. Permukaan yang tidak halus akan terlihat pada kertas grafik dari peralatan ukurnya. Adanya bagian pembesar pada alat ukur (*amplifier*), kekasaran permukaan yang tidak jelas dilihat dengan mata akan terlihat lebih jelas tergambar pada kertas dibagian perekam (*recorder*) jalannya *stylus*. Pada bagian daerah *stylus* biasanya dilengkapi dengan *skid*,

fungsi *skid* ini untuk penahan dan pengatur menyentuhnya *stylus* terhadap permukaan ukur.

Bagian dari panjang pengukuran dimana dilakukan analisa profil permukaan disebut panjang sampel (l). Bentuk dari profil sesungguhnya terlihat seperti gambar 2.13, dengan keterangan sebagai berikut :



Gambar 2.13 : Profil Kekasaran Permukaan

Sumber : Rochim (2001 : 56)

1. Profil Geometris ideal (*geometrically ideal profile*) yaitu profil permukaan yang dapat berupa garis lurus, lingkaran atau garis lengkung.
2. Profil terukur (*measured profile*) yaitu profil permukaan material/benda kerja yang akan diukur.
3. Profil refrensi (*refrence profile*) yaitu profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisis ketidakteraturan konfigurasi permukaan. Profil refrensi dapat berupa garis lurus atau garis dengan bentuk sesuai dengan profil gometris ideal dan menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur dalam suatu panjang sampel.
4. Profil dasar (*root profile*) yaitu profil refrensi yang digeserkan ke bawah menyinggung titik terendah profil terukur.
5. Profil tengah (*center profile*) merupakan nama yang diberikan untuk profil refrensi yang digeserkan ke bawah sehingga jumlah luas daerah atas profil tengah sampai ke profil terukur sama dengan jumlah luas daerah bawah profil tengah sampai ke profil terukur.

2.8 Aluminium Paduan

Aluminium paduan merupakan logam *non-ferrous* yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Aluminium memiliki sifat ringan, tahan terhadap korosi, daya hantar listrik dan panas yang baik, dan kekuatannya dapat dibentuk dengan cara dipadu dengan unsur lain. Aluminium dapat dengan mudah dikombinasikan dengan unsur lain untuk mengatur karakteristiknya seperti sifat mekanis, sifat mampu cor, sifat mampu mesin, ketahanan korosi, sifat mampu las, dan ketahanan terhadap retak.

Aluminium sangat cocok untuk dikembangkan dalam industri komponen mesin seperti blok mesin, silinder, piston, *velg*, dan lain sebagainya. Aluminium relatif lebih ringan dibandingkan dengan baja, tembaga, maupun kuningan. Aluminium juga memiliki titik lebur yang rendah, sehingga lebih mudah difabrikasi dibandingkan logam lainnya.

2.9 Hipotesa

Peningkatan *feeding* akan berpengaruh terhadap besar penampang geram sebelum terpotong sehingga akan meningkatkan gaya potong yang mengakibatkan deformasi pada proses bubut semakin besar, besarnya deformasi akan meningkatkan kekasaran permukaan benda kerja hasil proses bubut tirus. Peningkatan rasio L/D akan berpengaruh terhadap semakin rendahnya kekakuan benda kerja sehingga defleksi yang terjadi akan semakin besar, besarnya defleksi akan meningkatkan kekasaran permukaan benda kerja hasil proses bubut tirus.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental (*experiment research*). Metode penelitian ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung untuk mengetahui pengaruh variasi *feeding* dan rasio L/D benda kerja terhadap kekasaran permukaan hasil proses bubut tirus.

3.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas adalah variabel yang tidak terikat oleh variabel lain, besarnya ditentukan oleh peneliti sebelum dilakukan penelitian. Variabel bebas pada penelitian ini adalah :

- Rasio L/D benda kerja : 2 ; 2,5 ; 3
- *feeding* (f) : 0,05 ; 0,10 ; 0,15 ; 0,20 (mm/rev)

b. Variabel Terkontrol (*Control Variable*)

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dijaga konstan selama proses penelitian. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah :

- Putaran spindel (n) : 1000 (rpm)
- *Depth of cut* (a) : 0,25 (mm)

c. Variabel Terikat (*Depent Variabel*)

Variabel terikat adalah variabel yang besar nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas dan variabel terkontrol, besarnya diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat yang diamati pada penelitian ini adalah kekasaran permukaan (*surface roughness*).

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Mei 2013 sampai selesai. Tempat yang digunakan yaitu :

1. Laboratorium Departemen Teknik Mesin dan CNC VEDC Malang. Pada laboratorium ini akan dilakukan proses bubut benda kerja sesuai dengan desain yang direncanakan.

2. Laboratorium Metrologi Industri Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang. Pada laboratorium ini akan dilakukan pengujian kekasaran permukaan benda kerja.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat yang Digunakan

1. Mesin Bubut CNC

Digunakan untuk membubut benda kerja dengan pahat yang tersedia sesuai desain yang telah direncanakan. Gambar Mesin Bubut CNC dapat dilihat pada gambar 3.1. Adapun spesifikasi Mesin Bubut CNC adalah sebagai berikut :

- Merek : EMCO
- Jenis : *Turning*
- Model : EMCO *Turn 242*



Gambar 3.1 : Mesin Bubut CNC
Sumber : Lab. CNC VEDC Malang

2. Pahat *Insert*

Digunakan sebagai alat potong benda kerja yang dipasang pada Mesin Bubut CNC. Gambar pahat *insert* dapat dilihat pada gambar 3.2. Adapun spesifikasi pahat *insert* adalah sebagai berikut :

- Merek : Sumitomo
 - Tipe : DCMT 11T304N-SU
- Kodefikasi pahat,

- D : Bentuk sisipan dengan besar sudut 55°
- C : Sudut bebas sebesar 7°
- M : Kode untuk toleransi
- T : Bentuk pematah geram (*chip breaker*)
- 11 : Ukuran sisi utama sisipan
- T3 : Ketebalan sisipan yaitu 3,18 mm
- 04 : *Nose radius* sebesar 0,4 mm
- N : Arah gerak makan (*feed direction*)
- SU : Jenis pemakaian sisipan untuk proses *finishing*
- Buatan : Jepang



Gambar 3.2 : Pahat *Insert*
Sumber : Lab. CNC VEDC Malang

3. Tool Holder

Digunakan untuk memegang pahat *insert* pada saat proses bubut. Gambar *tool holder* dapat dilihat pada gambar 3.3. Adapun spesifikasi *tool holder* adalah sebagai berikut :

- Merk : *Seco Tools*
- Tipe : SDJCR 2020 K11

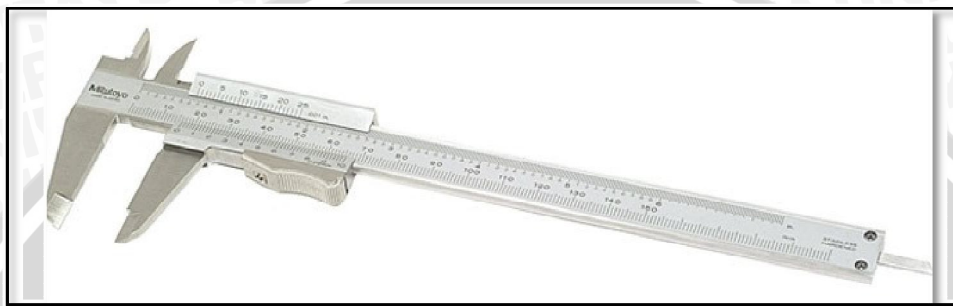


Gambar 3.3 : *Tool Holder*
Sumber : Lab. CNC VEDC Malang

4. Jangka Sorong

Digunakan untuk mengukur dimensi benda kerja sebelum dan setelah proses bubut. Gambar jangka sorong dapat dilihat pada gambar 3.4. Adapun spesifikasi jangka sorong adalah sebagai berikut :

- Merek : Mitutoyo
- Ketelitian : 0,01 mm



Gambar 3.4 : Jangka Sorong
Sumber : Lab. CNC VEDC Malang

5. Surface Roughness Tester

Digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja setelah proses bubut. Gambar *surface roughness tester* dapat dilihat pada gambar 3.5. Adapun spesifikasi *surface roughness tester* adalah sebagai berikut :

- Merek : Mitutoyo
- Tipe : SJ-301
- Buatan : Jepang

X-axis (drive unit)

<i>Measuring range</i>	: 12,5 mm
<i>Measuring speed</i>	: 0,25 dan 0,5 (mm/s)

Detector

<i>Range</i>	: -200 (μm) sampai +150 (μm)
<i>Measuring force</i>	: 4 (mN) or 0,75 (mN) (low for type)
<i>Stylus type</i>	: Diamond, 90°/5 (μmR)
<i>Skid radius of curvature</i>	: 40 (mm)
<i>Skid force</i>	: less than 400 (mN)
<i>Power supply</i>	: Via AC adapter / rechargeable



Gambar 3.5 : *Surface Roughness Tester*

Sumber : Lab. Metrologi Industri Teknik Mesin - Brawijaya Malang

3.3.2 Bahan yang Digunakan

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah Aluminium 6061 sebagai benda kerja dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Komposisi :

Si = 0,66 %	Cr = 0,05 %
Fe = 0,22 %	Zn = 0,06 %
Cu = 0,21 %	Ti = 0,08 %
Mn = 0,06 %	Al = 97,65 %
Mg = 1,01 %	

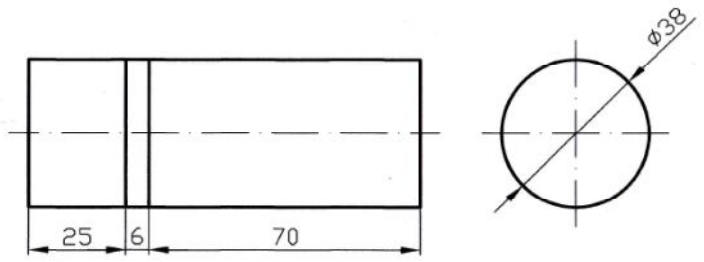
- Dimensi Benda Kerja

Pada penelitian ini digunakan dimensi benda kerja awal sebelum bubut sesuai dengan variabel bebas rasio L/D yang akan divariasikan. Untuk rasio panjang terhadap diameter benda kerja (rasio L/D) yang digunakan adalah panjang (L) benda kerja dan diameter (D) benda kerja sebelum proses bubut diluar pencekaman *chuck*. Panjang benda kerja dicekam oleh *chuck* sebesar 25 mm.

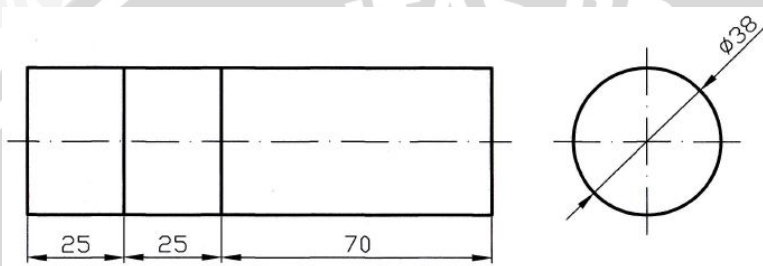
Desain benda kerja pada proses bubut adalah sama untuk seluruh variasi rasio L/D dengan panjang tirus 60 mm dan sudut tirus 6° yang nilainya konstan. Perbedaan pada tiap rasio L/D akan terlihat dari variasi panjang sisa benda kerja yang tidak terkena proses bubut.

➤ Sebelum Dibubut

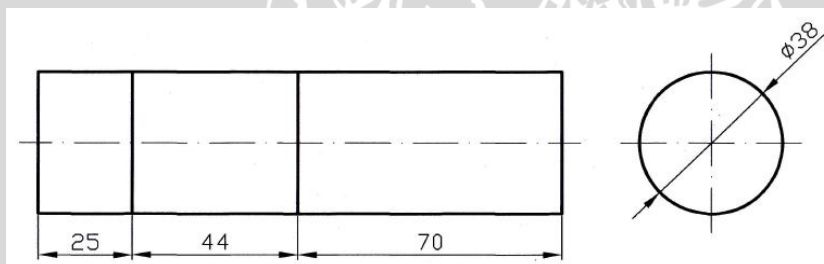
(a)



(b)



(c)



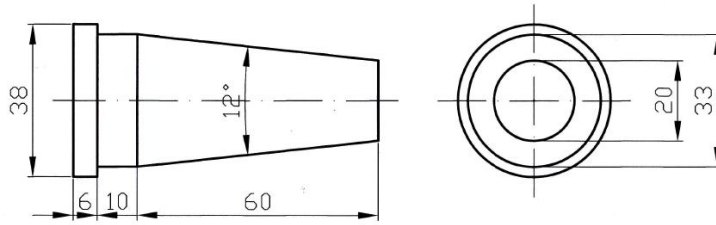
Skala : 1 : 2
Satuan : mm

Keterangan :

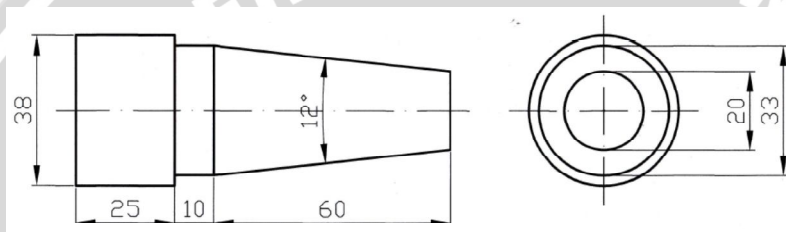
1. Gambar (a), Dimensi benda kerja dengan Rasio $L/D = 2$
2. Gambar (b), Dimensi benda kerja dengan Rasio $L/D = 2,5$
3. Gambar (c), Dimensi benda kerja dengan Rasio $L/D = 3$

➤ Setelah Dibubut

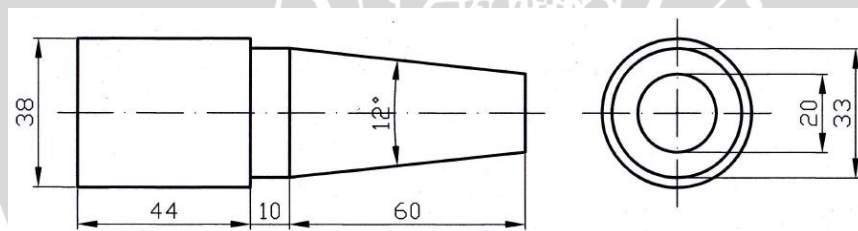
(a)



(b)



(c)



Skala : 1 : 2

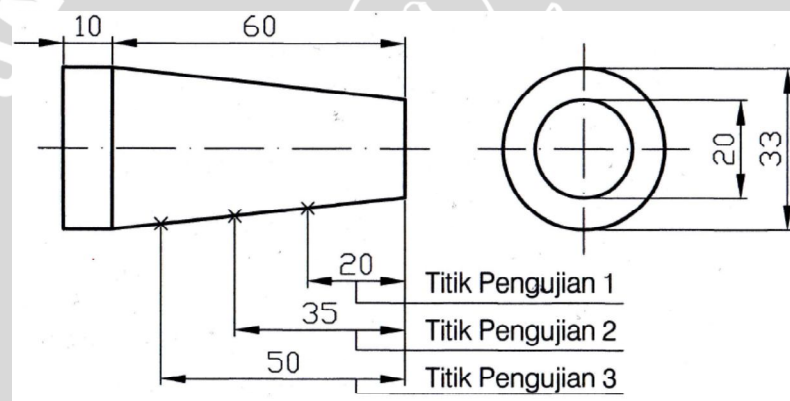
Satuan : mm

3.4 Prosedur Penelitian

Untuk mendapatkan data yang diinginkan, adapun tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

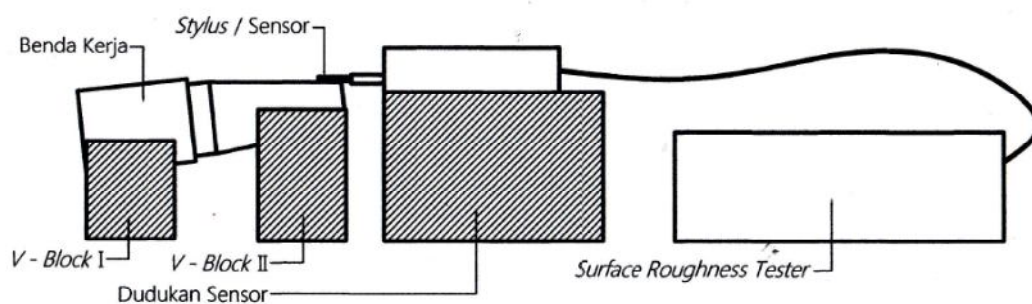
1. Mempersiapkan dimensi benda kerja sesuai dengan variasi rasio L/D yang telah ditentukan.
2. Melakukan proses bubut *roughing* pada benda kerja menggunakan putaran mesin 1000 rpm, *feeding* 0,10 mm/rev, dan *depth of cut* 1 mm.

3. Melakukan proses bubut *finishing* pada benda kerja dengan variasi Rasio L/D 2, 2.5, 3 dan variasi *feeding* 0,05 mm/rev, 0,10 mm/rev, 0,15 mm/rev, 0,20 mm/rev menggunakan putaran mesin 1000 rpm.
4. Penentuan titik-titik pengujian kekasaran permukaan pada jarak yang telah ditentukan di seluruh benda kerja seperti terlihat pada gambar 3.6.
5. Pengukuran kekasaran permukaan dengan *surface roughness tester* diukur pada bagian tirus benda kerja hasil bubut secara transversal dan pengambilan data. Adapun untuk instalasi pengujian kekasaran permukaan pada benda tirus seperti terlihat pada gambar 3.7.
6. Pengolahan data dan pembahasan dari data penelitian yang didapat.
7. Kesimpulan dan saran



Satuan : mm

Gambar 3.6 : Titik Pengujian Kekasaran Permukaan



Gambar 3.7 : Instalasi Pengujian Kekasaran Permukaan

3.5 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini akan mencari pengaruh dua faktor yaitu variasi *feeding* dan variasi Rasio L/D terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Pencatatan data merupakan hal yang sangat penting dalam proses analisis data untuk memperoleh informasi tentang hal yang benar, oleh karena itu diperlukan ketelitian dalam pelaksanaannya. Berikut rancangan data penelitian terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 : Rancangan Data Penelitian

VARIABEL		FEEDING (mm/rev)				Jumlah Total (ΣT_i)	
		$\gamma_1 = 0,05$	$\gamma_2 = 0,10$	$\gamma_3 = 0,15$	$\gamma_4 = 0,20$		
RASIO L/D	$\chi_1 = 2$	X_{111}	X_{121}	X_{131}	X_{141}		
		X_{112}	X_{122}	X_{132}	X_{142}		
		X_{113}	X_{123}	X_{133}	X_{143}		
	Jumlah (ΣT_{ij})	ΣT_{11}	ΣT_{12}	ΣT_{13}	ΣT_{14}		ΣT_1
	Rata-rata	\bar{X}_{11}	\bar{X}_{12}	\bar{X}_{13}	\bar{X}_{14}		
	$\chi_2 = 2,5$	X_{211}	X_{221}	X_{231}	X_{241}		
		X_{212}	X_{222}	X_{232}	X_{242}		
		X_{213}	X_{223}	X_{233}	X_{243}		
	Jumlah (ΣT_{ij})	ΣT_{21}	ΣT_{22}	ΣT_{23}	ΣT_{24}		ΣT_2
	Rata-rata	\bar{X}_{21}	\bar{X}_{22}	\bar{X}_{23}	\bar{X}_{24}		
	$\chi_3 = 3$	X_{311}	X_{321}	X_{331}	X_{341}		
		X_{312}	X_{322}	X_{332}	X_{342}		
X_{313}		X_{323}	X_{333}	X_{343}			
Jumlah (ΣT_{ij})	ΣT_{31}	ΣT_{32}	ΣT_{33}	ΣT_{34}	ΣT_3		
Rata-rata	\bar{X}_{31}	\bar{X}_{32}	\bar{X}_{33}	\bar{X}_{34}			
Jumlah Total (ΣT_j)	ΣT_1	ΣT_2	ΣT_3	ΣT_4	ΣX_{ijk}		

Keterangan : X_{ijk} : data pengamatan yang berupa data besarnya nilai kekasaran permukaan pada perlakuan variasi Rasio L/D ke-i, *feeding* ke-j, dan pengulangan ke-k.

3.6 Analisa Statistik

3.6.1 Interval Penduga

Merupakan perhitungan statistik untuk menentukan interval penduga rata-rata dari data-data penelitian yang didapat. Persamaan-persamaan yang digunakan adalah :

1. Data Rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

2. Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

3. Standar Deviasi Rata-rata

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

4. Interval Penduga

$$\bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}; db\right) \bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}; db\right) \bar{\sigma}$$

3.6.2 Analisa Varian

Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan analisa varian dua arah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh rasio L/D (faktor χ) dan *feeding* (faktor γ) dalam proses bubut terhadap kekasaran permukaan rata-rata benda kerja.

Faktor χ mempunyai level $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_r$ dan faktor γ mempunyai level $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_c$ banyaknya pengulangan adalah n . Rancangan dua kategori χ dan γ dengan masing-masing kategori terdiri atas r dan c level, sedangkan pengaruh interaksi antara faktor χ dan γ dinyatakan dengan $(\alpha\beta)_{ij}$ dengan α_i merupakan pengaruh faktor χ pada level ke- i dan β_j merupakan faktor γ pada level ke- j . Setiap pengamatan dalam penelitian ini dapat dituliskan dalam bentuk sebagai berikut :

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan :

- μ = nilai tengah dari seluruh pengamatan
- α_i = pengaruh faktor χ ke- i
- β_j = pengaruh faktor γ ke- j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi faktor χ ke-i dan faktor γ ke-j

ε_{ijk} = simpangan nilai X_{ijk} dari pengamatan

Adapun hipotesis yang akan dipergunakan adalah sebagai berikut :

1. H_0^1 : $\chi_1 = \chi_2 = \dots = \chi_c$ (tidak ada pengaruh variasi rasio L/D terhadap kekasaran permukaan rata-rata).

H_1^1 : sekurang-kurangnya satu χ_i tidak sama dengan nol (ada pengaruh variasi rasio L/D terhadap kekasaran permukaan rata-rata).

2. H_0^2 : $\gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_c$ (tidak ada pengaruh variasi *feeding* terhadap kekasaran permukaan rata-rata).

H_1^2 : sekurang-kurangnya satu γ_j tidak sama dengan nol (ada pengaruh variasi *feeding* terhadap kekasaran permukaan rata-rata).

3. H_0^3 : $(\chi\gamma)_{11} = (\chi\gamma)_{12} = \dots = (\chi\gamma)_{rc}$ (tidak ada pengaruh variasi rasio L/D dan *feeding* terhadap kekasaran permukaan rata-rata).

H_1^3 : sekurang-kurangnya satu $(\chi\gamma)_{ij}$ tidak sama dengan nol (ada pengaruh variasi rasio L/D dan *feeding* terhadap kekasaran permukaan rata-rata).

Adapun rumus perhitungan yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

$$1. \text{ Faktor koreksi (FK)} = \frac{(\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n X_{ijk})^2}{r \cdot c \cdot n}$$

keterangan : r = jumlah variasi rasio L/D

c = jumlah variasi *feeding*

n = jumlah pengulangan

$$2. \text{ Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)} = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n} - \text{FK}$$

$$3. \text{ Jumlah kuadrat total (JKT)} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2 - \text{FK}$$

$$4. \text{ Jumlah kuadrat pengaruh } \chi \text{ (JK}\chi) = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{r \cdot n} - \text{FK}$$

$$5. \text{ Jumlah kuadrat pengaruh } \gamma \text{ (JK}\gamma) = \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{c \cdot n} - \text{FK}$$

$$6. \text{ Jumlah kuadrat interaksi } \chi\gamma \text{ (JK}_{\chi\gamma}) = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n} - \text{JK}_{\chi} - \text{JK}_{\gamma} - \text{FK}$$

$$7. \text{ Jumlah kuadrat galat (JKG)} = \text{JKT} - \text{JK}_{\chi} - \text{JK}_{\gamma} - \text{JK}_{\chi\gamma}$$

Apabila masing-masing suku dibagi dengan derajat bebasnya, akan diperoleh nilai varian dari masing-masing suku tersebut. Nilai varian ini sering disebut dengan kuadrat tengah. Nilai varian tersebut adalah :

1. Kuadrat tengah rasio L/D (KT_{χ})

$$\text{KT}_{\chi} = \frac{\text{JK}_{\chi}}{(r-1)}$$

2. Kuadrat tengah *feeding* (KT_{γ})

$$\text{KT}_{\gamma} = \frac{\text{JK}_{\gamma}}{(c-1)}$$

3. Kuadrat tengah rasio L/D dan *feeding* ($\text{KT}_{\chi\gamma}$)

$$\text{KT}_{\chi\gamma} = \frac{\text{JK}_{\chi\gamma}}{(r-1)(c-1)}$$

4. Kuadrat tengah galat (KTG)

$$\text{KTG} = \frac{\text{JKG}}{r c (n-1)}$$

Pengujian ketiga hipotesis di atas terlebih dahulu dicari harga F_{hitung} masing-masing varian (variasi rasio L/D, *feeding*, dan interaksi rasio L/D dan *feeding*), kemudian hasilnya dibandingkan dengan F_{tabel} pada derajat bebas dengan tingkat signifikansi (α) tertentu. Nilai F_{hitung} dari masing-masing varian adalah sebagai berikut :

1. F_{hitung} dari rasio L/D (F_{χ})

$$F_{\chi \text{ hitung}} = \frac{\text{KT}_{\chi}}{\text{KTG}}$$

2. F_{hitung} dari *feeding* (F_{γ})

$$F_{\gamma \text{ hitung}} = \frac{\text{KT}_{\gamma}}{\text{KTG}}$$

3. F_{hitung} dari inetraksi rasio L/D dan *feeding* ($F_{\chi\gamma}$)

$$F_{\chi\gamma \text{ hitung}} = \frac{\text{KT}_{\chi\gamma}}{\text{KTG}}$$

Dari perhitungan data statistik di atas dilakukan perbandingan dan kesimpulan yang terjadi pada analisa dua variasi tersebut, seperti dituliskan pada tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 : Analisis Ragam bagi Klasifikasi Dua Arah dengan Interaksi

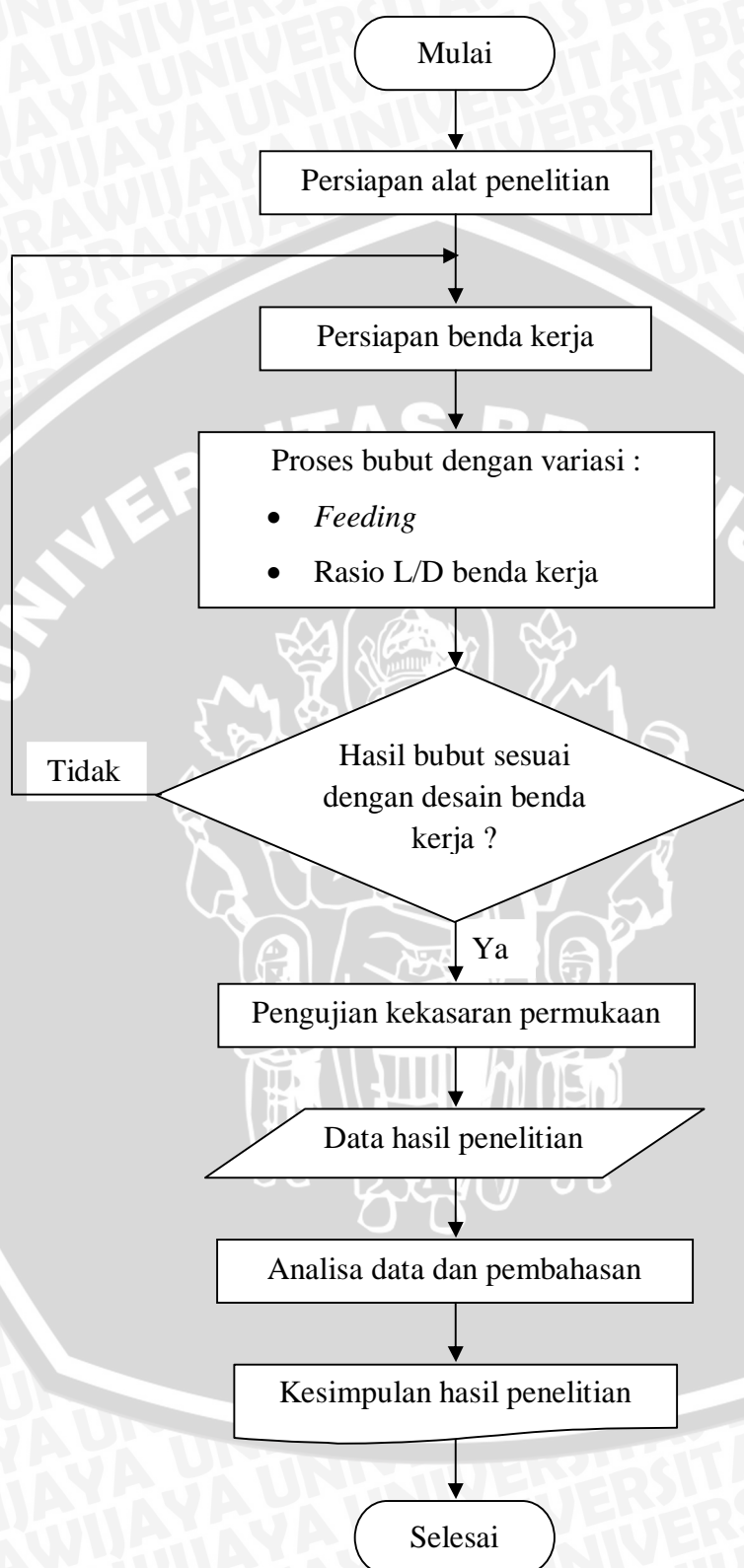
Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung
Antar χ	JK_{χ}	$r - 1$	KT_{χ}	F_{χ} hitung
Antar γ	JK_{γ}	$c - 1$	KT_{γ}	F_{γ} hitung
Interaksi	$JK_{\chi\gamma}$	$(r - 1)(c - 1)$	$KT_{\chi\gamma}$	$F_{\chi\gamma}$ hitung
Galat	JK_G	$rc(n - 1)$	KT_G	
Total	JKT	$rcn - 1$		

Sumber : Walpole (1995 : 409)

Kesimpulan yang akan didapat adalah sebagai berikut :

1. Bila F_{χ} hitung $>$ F_{χ} tabel, maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima. Hal ini menyatakan bahwa variasi rasio L/D berpengaruh terhadap kekasaran permukaan rata-rata hasil proses bubut tirus.
2. Bila F_{γ} hitung $>$ F_{γ} tabel, maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima. Hal ini menyatakan bahwa variasi *feeding* berpengaruh terhadap kekasaran permukaan rata-rata hasil proses bubut tirus.
3. Bila $F_{\chi\gamma}$ hitung $>$ $F_{\chi\gamma}$ tabel, maka H_0^3 ditolak dan H_1^3 diterima. Hal ini menyatakan bahwa variasi rasio L/D dan *feeding* berpengaruh terhadap kekasaran permukaan rata-rata hasil proses bubut tirus.

3.7 Diagram Alir Penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian kekasaran permukaan yang dilakukan menggunakan *Surface Roughness Tester* pada benda kerja hasil proses bubut tirus, didapatkan data-data yang terdapat pada tabel 4.1 :

Tabel 4.1 : Data Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan (μm)

VARIABEL		FEEDING (mm/rev)				Jumlah Total
		0,05	0,10	0,15	0,20	
RASIO L/D	2	0,47	0,56	1,33	3,10	
		0,57	0,60	1,39	3,15	
		0,61	0,67	1,49	3,19	
	Jumlah	1,65	1,83	4,21	9,44	17,13
	Rata-rata	0,55	0,61	1,40	3,15	
	2,5	0,54	0,57	1,45	3,12	
		0,58	0,61	1,53	3,16	
		0,63	0,71	1,58	3,26	
	Jumlah	1,75	1,89	4,56	9,54	17,74
	Rata-rata	0,58	0,63	1,52	3,18	
	3	0,57	0,71	1,63	3,21	
		0,60	0,75	1,65	3,27	
0,66		0,78	1,67	3,30		
Jumlah	1,83	2,24	4,95	9,78	18,80	
Rata-rata	0,61	0,75	1,65	3,26		
Jumlah Total		5,23	5,96	13,72	28,76	53,67

4.2 Analisa Statistik

4.2.1 Interval Penduga

Pada analisa statistik ini digunakan untuk mengetahui interval penduga rata-rata dari data hasil pengujian kekasaran permukaan tiap-tiap benda kerja. Salah satu contoh perhitungan untuk data benda kerja dengan variabel *feeding* 0,05 mm/rev dan rasio L/D 2 adalah sebagai berikut :

1. Data rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{1,65}{3} = 0,55$$

2. Standar deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0104}{2}} = 0,072111$$

3. Standar deviasi rata-rata

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,072111}{\sqrt{3}} = 0,041633$$

4. Interval penduga rata-rata

$$\bar{x} - t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right) \bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right) \bar{\sigma}$$

$$0,55 - t(0,025; 2) 0,041633 < \mu < 0,55 + t(0,025; 2) 0,041633$$

$$0,56 - (4,303 \times 0,041633) < \mu < 0,56 + (4,303 \times 0,041633)$$

$$0,371 < \mu < 0,729$$

Dengan :

- Derajat kebebasan (db) = $n - 1 = 3 - 1 = 2$
- Dengan mengambil $\alpha = 5\%$

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa interval penduga rata-rata kekasaran permukaan benda kerja dengan variabel *feeding* 0,05 mm/rev dan rasio L/D 2 adalah antara 0,371 μm sampai dengan 0,729 μm , dengan tingkat keyakinan 95%.

Dengan menggunakan rumus perhitungan yang sama, maka dapat diketahui interval penduga rata-rata kekasaran permukaan benda kerja dengan variasi *feeding* dan rasio L/D lainnya seperti yang terlihat pada tabel 4.2 :

Tabel 4.2 : Interval Penduga Kekasaran Permukaan Rata-rata (μm)

VARIABEL		FEEDING (mm/rev)			
		0,05	0,10	0,15	0,20
RASIO L/D	2	0,371 < μ < 0,729	0,472 < μ < 0,748	1,203 < μ < 1,604	3,035 < μ < 3,259
	2,5	0,471 < μ < 0,695	0,451 < μ < 0,809	1,357 < μ < 1,683	3,001 < μ < 3,359
	3	0,496 < μ < 0,724	0,659 < μ < 0,834	1,600 < μ < 1,700	3,146 < μ < 3,374

Analisa interval penduga pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa semua data pengujian kekasaran permukaan berada pada *range* antara batas minimum dan batas maksimum. Interval penduga rata-rata tersebut dapat diartikan bahwa pengulangan pengambilan data kekasaran permukaan adalah seragam.

4.2.2 Analisa Varian

Data-data hasil pengukuran kekasaran permukaan yang didapatkan, akan dilakukan analisa varian dua arah untuk menguji pengaruh dua buah faktor yaitu rasio L/D dan *feeding*, serta interaksi kedua faktor tersebut terhadap kekasaran permukaan benda kerja hasil proses bubut tirus.

o Faktor Koreksi (FK)

$$\begin{aligned} FK &= \frac{(\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n X_{ijk})^2}{r \cdot c \cdot n} \\ &= \frac{(53,67)^2}{3 \cdot 4 \cdot 3} \\ &= 80,0130 \end{aligned}$$

o Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c T_{ij}^2}{n} - FK \\ &= \frac{\{(1,65)^2 + (1,83)^2 + (4,21)^2 + \dots + (9,78)^2\}}{3} - 80,0130 \\ &= 119,9554 - 80,0130 \\ &= 39,9424 \end{aligned}$$

o Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n X_{ijk}^2 - FK \\ &= \{(0,47)^2 + (0,57)^2 + \dots + (3,30)^2\} - 80,0130 \\ &= 120,0343 - 80,0130 \\ &= 40,0213 \end{aligned}$$

o Jumlah Kuadrat Pengaruh χ (JK χ)

$$\begin{aligned} JK\chi &= \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{r \cdot n} - FK \\ &= \frac{\{(17,13)^2 + (17,74)^2 + (18,80)^2\}}{3 \cdot 3} - 80,0130 \\ &= 106,8427 - 80,0130 \\ &= 26,8297 \end{aligned}$$

o **Jumlah Kuadrat Pengaruh γ (JK_{γ})**

$$\begin{aligned} JK_{\gamma} &= \frac{\sum_{j=1}^c T_j^2}{c \cdot n} - FK \\ &= \frac{\{(5,23)^2 + (5,96)^2 + (13,72)^2 + (28,76)^2\}}{4 \cdot 3} - 80,0130 \\ &= 89,8542 - 80,0130 \\ &= 9,8412 \end{aligned}$$

o **Jumlah Kuadrat Pengaruh Interaksi χ dan γ ($JK_{\chi\gamma}$)**

$$\begin{aligned} JK_{\chi\gamma} &= JKP - JK_{\chi} - JK_{\gamma} \\ &= 39,9424 - 26,8297 - 9,8412 \\ &= 3,2715 \end{aligned}$$

o **Jumlah Kuadrat Galat (JKG)**

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JK_{\chi} - JK_{\gamma} - JK_{\chi\gamma} \\ &= 40,0213 - 26,8297 - 9,8412 - 3,2715 \\ &= 0,0789 \end{aligned}$$

o **Nilai varian dari masing-masing perlakuan sebagai berikut :**

$$\begin{aligned} 1. \text{ } KT_{\chi} &= \frac{JK_{\chi}}{r-1} = \frac{26,8297}{3-1} = 13,4148 \\ 2. \text{ } KT_{\gamma} &= \frac{JK_{\gamma}}{c-1} = \frac{9,8412}{4-1} = 3,2804 \\ 3. \text{ } KT_{\chi\gamma} &= \frac{JK_{\chi\gamma}}{(r-1)(c-1)} = \frac{3,2715}{(3-1)(4-1)} = 0,5453 \\ 4. \text{ } KTG &= \frac{JKG}{r \cdot c \cdot (n-1)} = \frac{0,0789}{3 \cdot 4 \cdot (3-1)} = 0,0033 \end{aligned}$$

o **Nilai F hitung dari masing-masing sumber varian adalah sebagai berikut :**

1. Untuk faktor χ :

$$F_{\chi \text{ hitung}} = \frac{KT_{\chi}}{KTG} = \frac{13,4148}{0,0033} = 4082,2870$$

2. Untuk faktor γ :

$$F_{\gamma \text{ hitung}} = \frac{KT_{\gamma}}{KTG} = \frac{3,2804}{0,0033} = 998,2604$$

3. Untuk faktor $\chi\gamma$:

$$F_{\chi\gamma \text{ hitung}} = \frac{KT_{\chi\gamma}}{KTG} = \frac{0,5453}{0,0033} = 165,9270$$

Dari perhitungan statistik menggunakan analisa varian dua arah, maka akan didapatkan data seperti yang terlihat pada tabel 4.3 :

Tabel 4.3 : Analisa Varian Dua Arah Kekasaran Permukaan Rata-rata

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel
Rasio L/D (Faktor χ)	26,8297	2	13,4148	4082,2870	3,4028
<i>Feeding</i> (Faktor γ)	9,8412	3	3,2804	998,2604	3,0088
Interaksi Faktor χ dan γ	3,2715	6	0,5453	165,9270	2,5082
Galat	0,0789	24	0,0033		
Total	40,0213	26			

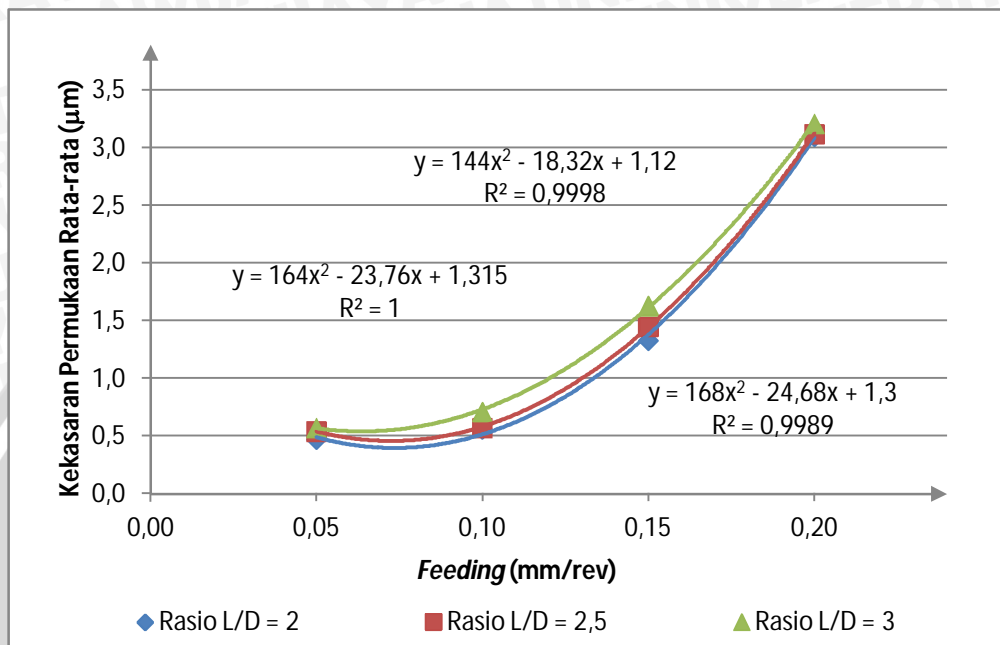
Dari Tabel 4.3, maka dapat diperoleh kesimpulan berikut ini :

1. F_{χ} hitung $>$ F_{χ} tabel maka H_0^1 ditolak dan H_1^1 diterima, hal ini menunjukkan bahwa rasio L/D berpengaruh terhadap kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (Ra).
2. F_{γ} hitung $>$ F_{γ} tabel maka H_0^2 ditolak dan H_1^2 diterima, hal ini menunjukkan bahwa *feeding* berpengaruh terhadap kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (Ra).
3. $F_{\chi\gamma}$ hitung $>$ $F_{\chi\gamma}$ tabel maka H_0^3 ditolak dan H_1^3 diterima, hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara rasio L/D dan *feeding* berpengaruh terhadap kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (Ra).

4.3 Grafik dan Pembahasan

4.3.1 Hubungan *Feeding* terhadap Kekasaran Permukaan Rata-rata pada Setiap Titik Pengujian

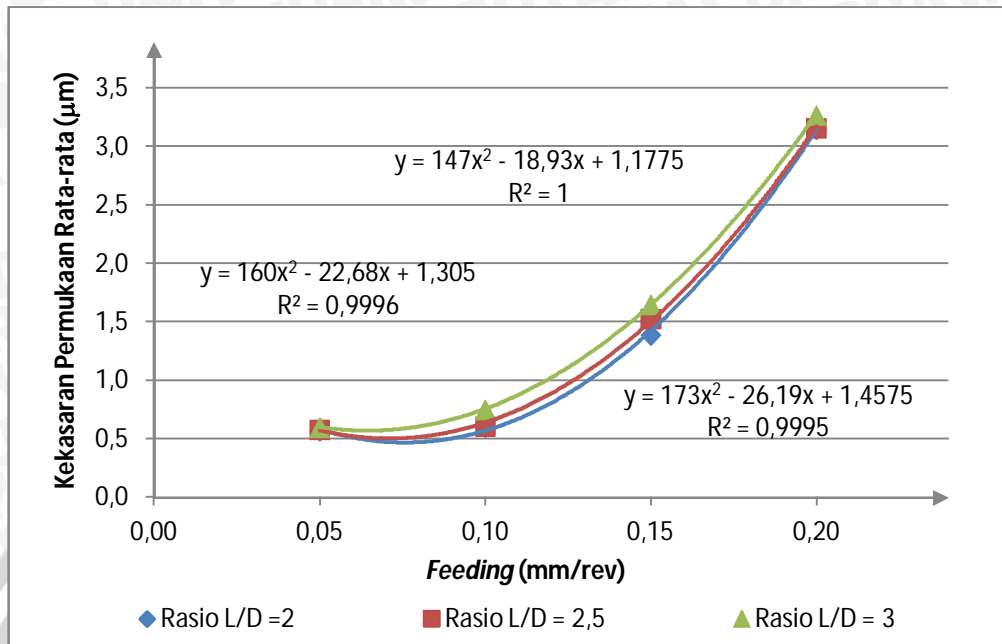
- Titik Pengujian 1



Gambar 4.1 : Grafik Hubungan antara *Feeding* terhadap Kekasaran Permukaan Rata-rata pada Titik Pengujian 1

Pada gambar 4.1 menunjukkan hubungan antara *feeding* terhadap kekasaran permukaan dengan tingkatan masing-masing rasio L/D pada titik pengujian 1. Titik pengujian 1 terletak pada diameter penampang sebesar 24 mm dan jarak masing-masing 56 mm pada rasio L/D 2, 75 mm pada rasio L/D 2,5, dan 94 mm pada rasio L/D 3 dari ujung *chuck*. Kekasaran permukaan terendah sebesar 0,47 μm pada *feeding* 0,05 mm/rev dengan rasio L/D 2. Kekasaran permukaan tertinggi sebesar 3,21 μm pada *feeding* 0,20 mm/rev dengan rasio L/D 3.

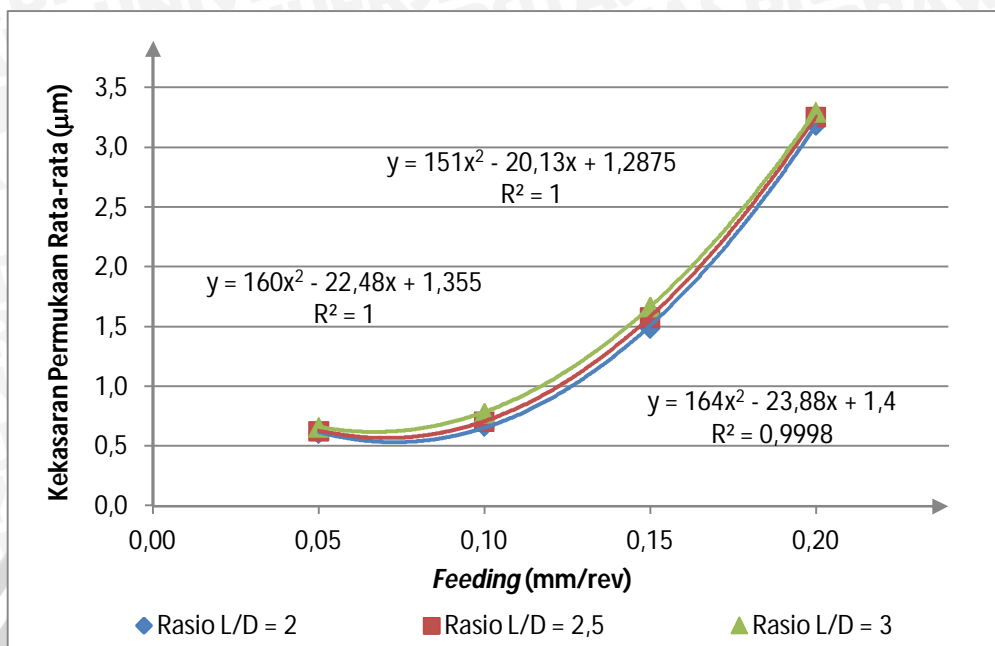
• Titik Pengujian 2



Gambar 4.2 : Grafik Hubungan antara *Feeding* terhadap Kekasaran Permukaan Rata-rata pada Titik Pengujian 2

Pada gambar 4.2 menunjukkan hubungan antara *feeding* terhadap kekasaran permukaan dengan tingkatan masing-masing rasio L/D pada titik pengujian 2. Titik pengujian 2 terletak pada diameter penampang sebesar 27,5 mm dan jarak masing-masing 41 mm pada rasio L/D 2, 60 mm pada rasio L/D 2,5, dan 79 mm pada rasio L/D 3 dari ujung *chuck*. Kekasaran permukaan terendah sebesar 0,57 µm pada *feeding* 0,05 mm/rev dengan rasio L/D 2. Kekasaran permukaan tertinggi sebesar 3,27 µm pada *feeding* 0,20 mm/rev dengan rasio L/D 3.

• Titik Pengujian 3



Gambar 4.3 : Grafik Hubungan antara *Feeding* terhadap Kekasaran Permukaan Rata-rata pada Titik Pengujian 3

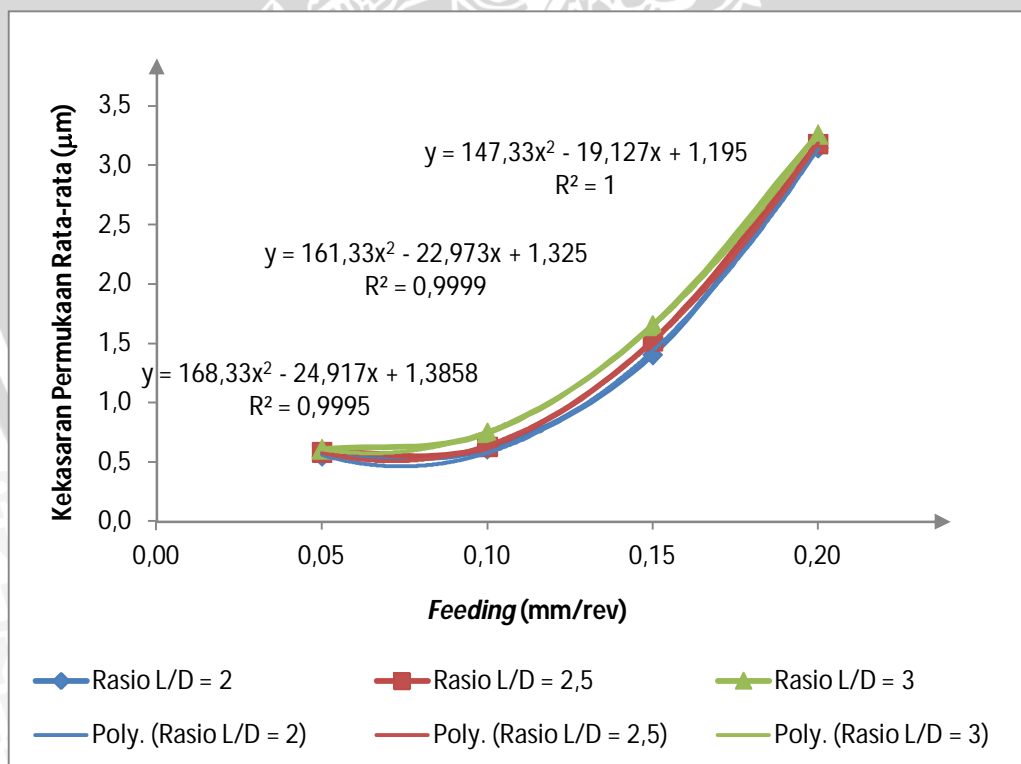
Pada gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara *feeding* terhadap kekasaran permukaan dengan tingkatan masing-masing rasio L/D pada titik pengujian 3. Titik pengujian 3 terletak pada diameter penampang sebesar 31 mm dan berjarak masing-masing 26 mm pada rasio L/D 2, 45 mm pada rasio L/D 2,5, dan 64 mm pada rasio L/D 3 dari ujung *chuck*. Kekasaran permukaan terendah sebesar 0,61 µm pada *feeding* 0,05 mm/rev dengan rasio L/D 2. Kekasaran permukaan tertinggi sebesar 3,30 µm pada *feeding* 0,20 mm/rev dengan rasio L/D 3.

Pada ketiga grafik hubungan antara *feeding* terhadap kekasaran permukaan rata-rata pada setiap titik pengujian terlihat bahwa terjadi peningkatan kekasaran permukaan pada titik pengujian 2 terhadap titik pengujian 1 dan pada titik pengujian 3 terhadap titik pengujian 2, hal ini terjadi pada semua tingkatan rasio L/D yang digunakan. Kekasaran permukaan terendah berada pada titik pengujian 1 dengan *feeding* 0,05 mm/rev sebesar 0,47 µm dan kekasaran permukaan tertinggi berada pada titik pengujian 3 dengan *feeding* 0,20 mm/rev sebesar 3,30 µm.

Peningkatan kekasaran permukaan antar titik pengujian disebabkan karena besarnya diameter penampang pada titik pengujian 1 lebih kecil dari diameter penampang pada titik pengujian 2, begitu juga dengan diameter penampang pada titik

pengujian 3 yang memiliki ukuran paling besar ($D_{T1} < D_{T2} < D_{T3}$) dan posisi titik pengujian 1 lebih jauh dari *chuck* dibandingkan dengan posisi titik pengujian 2, begitu juga posisi titik pengujian 3 yang berjarak paling dekat dengan *chuck* ($L_{T1} > L_{T2} > L_{T3}$). Pada kondisi tersebut dengan besarnya defleksi yang konstan pada setiap bagian yang dikenai proses bubut, titik pengujian 3 yang memiliki diameter penampang paling besar dan jarak paling dekat dari *chuck* sehingga akan berpengaruh terhadap kondisi kekakuan benda kerja yang akan lebih besar dibandingkan pada titik pengujian 1 yang memiliki diameter penampang paling kecil dan jarak paling jauh dari *chuck*. Hal ini sesuai dengan persamaan 2-20. Pada titik pengujian 3 akan membutuhkan gaya potong yang lebih besar dibandingkan pada titik pengujian 1 yang kondisi kekakuan benda kerjanya lebih kecil. Meningkatnya gaya potong berpengaruh terhadap kekasaran permukaan pada benda kerja yang akan semakin meningkat juga.

4.3.2 Hubungan *Feeding* terhadap Kekasaran Permukaan Rata-rata dengan Variasi Rasio L/D



Gambar 4.4 : Grafik Hubungan antara *Feeding* terhadap Kekasaran Permukaan Rata-rata dengan Variasi Rasio L/D

Pada gambar 4.4 terlihat bahwa terjadi kecenderungan peningkatan kekasaran permukaan seiring dengan meningkatnya *feeding*, hal ini terjadi pada semua tingkatan rasio L/D. Kekasaran permukaan terendah berada pada variasi *feeding* 0,05 mm/rev dengan rasio L/D 2 sebesar 0,55 μm dan kekasaran permukaan tertinggi berada pada variasi *feeding* 0,20 mm/rev dengan rasio L/D 3 sebesar 3,26 μm .

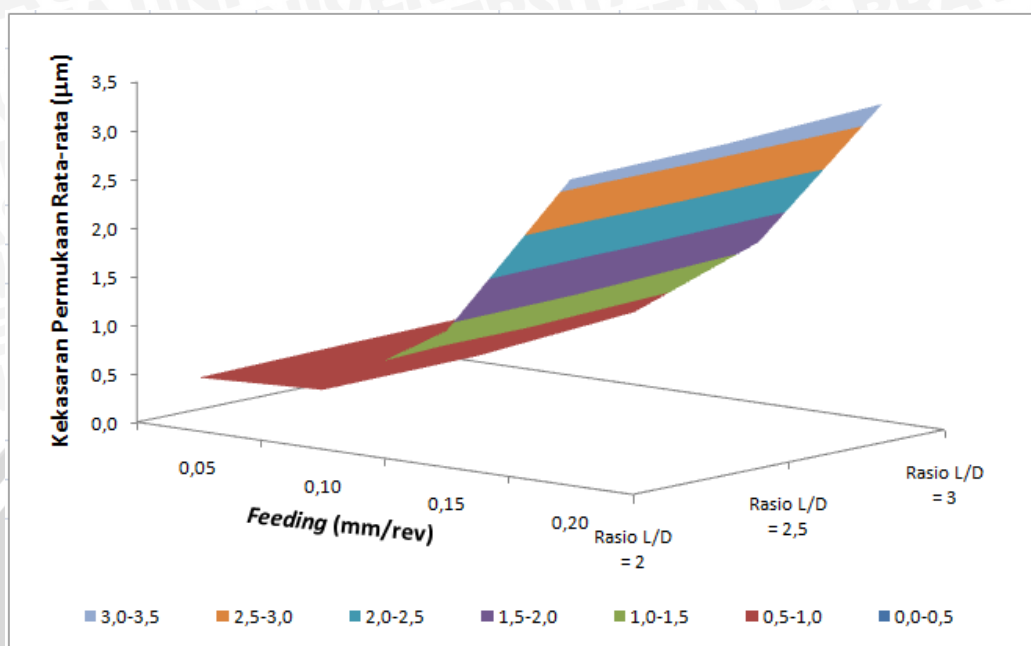
Pada penggunaan nilai *feeding* yang besar secara teoritis akan berpengaruh terhadap besarnya penampang geram sebelum terpotong sehingga akan membutuhkan gaya potong yang semakin besar. Semakin besar gaya potong yang digunakan akan menyebabkan deformasi yang terjadi semakin besar juga, oleh karena itu proses bubut akan menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih besar. Hal ini sesuai dengan persamaan 2-14.

Pada persamaan 2-22 untuk menentukan kekasaran permukaan ideal, *feeding* merupakan salah satu fungsi dari parameter kekasaran permukaan, dimana semakin besar *feeding* yang digunakan maka akan meningkatkan nilai kekasaran permukaan. Dengan penggunaan *nose radius* yang konstan pada setiap proses bubut, kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan akan semakin besar karena pengaruh nilai *feeding*.

Peningkatan kekasaran permukaan pada rasio L/D terjadi karena semakin besar rasio L/D dengan desain benda kerja yang sama akan mengakibatkan jarak antara benda kerja yang dikenai proses bubut akan semakin jauh dari *chuck*. Sehingga pada rasio L/D terbesar, kekakuan benda kerja akan semakin berkurang dan defleksi yang terjadi akan semakin besar.

Hal ini serupa dengan persamaan 2-18, pada kondisi kantilever yang dikenai beban terpusat. Apabila rasio L/D semakin besar sehingga panjang benda kerja akan semakin besar juga. Dengan kondisi beban, momen inersia luasan, dan modulus elastisitas bahan yang konstan maka defleksi yang terjadi pada benda kerja semakin besar. Adanya defleksi menyebabkan terjadinya perubahan kedudukan benda kerja pada saat proses bubut sehingga kekasaran permukaan yang dihasilkan akan semakin besar juga.

4.3.3 Hubungan Interaksi Perubahan *Feeding* dan Rasio L/D terhadap Kekasaran Permukaan Rata-rata



Gambar 4.5 : Grafik Hubungan Interaksi Perubahan *Feeding* dan Rasio L/D terhadap Kekasaran Permukaan Rata-rata

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan analisa varian pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa F_{hitung} interaksi antara *feeding* dan rasio L/D lebih besar dari pada F_{tabel} . Hal ini dapat dikatakan bahwa interaksi antara *feeding* dan rasio L/D mempunyai pengaruh secara nyata terhadap kekasaran permukaan rata-rata pada tingkat keyakinan 95%.

Pada gambar 4.5 grafik hubungan interaksi perubahan *feeding* dan Rasio L/D terhadap kekasaran permukaan rata-rata dapat dilihat bahwa interaksi *feeding* dan rasio L/D akan menghasilkan perubahan pada kekasaran permukaan benda kerja. Semakin besar *feeding* dan semakin besar rasio L/D, maka kekasaran permukaan pada benda kerja juga akan semakin besar.

Penggunaan nilai *feeding* yang semakin besar, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang terjadi pada benda kerja. Hal ini sesuai dengan persamaan 2-22, *feeding* merupakan salah satu fungsi dari parameter kekasaran permukaan. Semakin besar *feeding* yang digunakan maka akan meningkatkan kekasaran permukaan pada benda kerja.

Semakin besar *feeding* yang digunakan menyebabkan penampang geram sebelum terpotong akan semakin besar sehingga membutuhkan gaya potong yang semakin besar juga. Hal ini sesuai dengan persamaan 2-14, sehingga defleksi yang terjadi merupakan pengaruh dari bertambahnya gaya potong akibat meningkatnya *feeding* sehingga deformasi yang terjadi akan semakin besar dan berkurangnya kekakuan benda kerja akibat bertambah panjangnya benda kerja karena variasi rasio L/D yang dipilih. Hal ini sesuai dengan persamaan 2-18.

Defleksi yang terjadi merupakan pengaruh dari kekakuan benda kerja yang digunakan. Semakin panjang benda kerja yang digunakan maka kekakuan dari benda kerja akan semakin rendah, sehingga defleksi yang terjadi akan semakin besar. Besarnya defleksi yang terjadi pada proses pemotongan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan rata-rata pada benda kerja.

Bila benda kerja yang digunakan memiliki kekakuan yang tinggi dan *feeding* yang digunakan semakin kecil, defleksi dan deformasi yang terjadi pada proses pemotongan akan semakin kecil sehingga kekasaran permukaan yang dihasilkan akan semakin rendah. Demikian juga sebaliknya kekasaran permukaan pada benda kerja akan semakin besar apabila kekakuan dari benda kerja yang digunakan rendah dan *feeding* yang digunakan semakin besar, sehingga defleksi dan deformasi yang terjadi semakin besar.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa data dan pembahasan didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekasaran permukaan pada proses bubut tirus akan terjadi peningkatan pada titik pengujian 3 yang memiliki diameter penampang paling besar dan memiliki jarak terdekat dengan *chuck* sehingga berpengaruh terhadap kekakuan benda kerja yang semakin besar.
2. Peningkatan *feeding* dan rasio L/D akan meningkatkan kekasaran permukaan pada benda kerja. Kekasaran permukaan terkecil berada pada *feeding* 0,05 mm/rev dengan rasio L/D 2, sedangkan kekasaran permukaan terbesar berada pada *feeding* 0,20 mm/rev dengan rasio L/D 3.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian-penelitian selanjutnya :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kekasaran permukaan hasil proses bubut tirus dengan variasi material benda kerja yang digunakan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kekasaran permukaan dengan variasi rasio L/D dengan panjang ketirusan yang berbeda pada benda kerja hasil proses bubut tirus.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh keausan pahat terhadap kekasaran permukaan.