

ANALISA PENGARUH VARIASI PUTARAN SPINDEL DAN VARIASI GERAKAN MAKAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PEMBUBUTAN DALAM MATERIAL ST50

Muhammad Rif'at Hasan

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Malang

Jalan Mayjen Haryono 193 Malang 65144

E-mail : rifat_hasan09@yahoo.com

Abstraction

Lathe machining process is a process to produce engine parts or cylindrical part done by using lathe machine. The basic principles can be defined as the process of machining outer surface of cylindrical objects or flat lathe process and also the inner surface finish by the lathe process. Lathe itself is a process that feeds the workpiece cutting done by rotating the workpiece and then imposed on the chisel driven translational parallel to the spin axis of the workpiece. CNC lathe machines are widely used by manufacturing industries, training centers and schools such as NC machine CNC lathe is a machine that is capable of receiving the data by command, processing and output it in the form of movements on cutting tools. Spindle rotational speed, depth of cut, feeding and also includes geometry cutting tools affect the roughness of the workpiece.

In this reseach would be seen whether there is influence spindle rotational speed, depth of cut, feeding and also includes geometry cutting tools at the EMCO CNC Turning Machines 242 against the workpiece of surface roughness. The research method used was experimental and statistical methods. The research was conducted at the Laboratory of Department of Mechanical Engineering, State Polytechnic of Malang. In this research used steel grade ST50 and type of cutting tools material grade is HSS, where the observation was performed 5 times and the variation of the cutting speed as much as 4 variations. Data collected by using the method of observation and documentation. The data obtained were then tested with *SPSS 17 for Windows* and *Microsof Excel 2007*.

There are changes in surface roughness of the workpiece spindle rotational speed, depth of cut, feeding. The higher the rotation spindle, more smooth surface of the workpiece, and the deeper the depth of cut so more rough the surface of the workpiece.

Judging from SPSS software test on the effect of cutting speed variation of the surface roughness

of the workpiece obtained F table larger than F count and F Anova $F_{1\text{ count}} : 0,869 < F_{\text{tabel}} : 3,86$ and $F_{2\text{ hitung}} : 2,769 < F_{\text{tabel}} : 3,86$ with level of significant $\alpha : 5\%$.

Keywords: spindle rotational speed, depth of cut, feeding CNC Lathe, Surface Roughness.

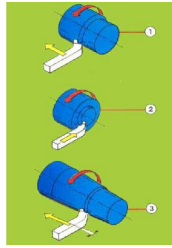
1. Pendahuluan

Pada proses pembubutan manual membutuhkan skill operator mesin bubut terutama pada mesin bubut manual untuk mendapatkan hasil yang maksimal atau di inginkan. Dimana masih seringnya hasil yang kurang maksimal dari proses bubut dan bahkan cenderung produk yang dihasilkan tidak dapat digunakan atau terbuang, dan juga memperlama proses pembuatan produk. Maka perlu adanya alat yang mempercepat proses pembubutan dan mengurangi kesalahan dalam pembubutan, sehingga lebih baik perusahaan-perusahaan menggunakan mesin CNC untuk kebutuhan pembuatan produk, spare part, dan juga pembuatan prototype sebuah product yang masih di kembangkan (*Develop*). Ada proses pembubutan (*Turning*) hal yang menentukan kualitas dari kekasaran permukaan suatu benda kerja yang akan di Bubut adalah kecepatan putar spindel (*speed*), kedalaman potong (*dept of cut*), gerakan makan (*feed*) dan juga termasuk geometri pahat. Metode eksperimen ditujukan untuk

menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja atau specimen dari ST50.

2. Tinjauan Pustaka

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan Mesin Bubut. Prinsip dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris atau bubut rata : Dengan benda kerja yang berputar, Dengan satu pahat bermata potong tunggal (with a single-point cutting tool), Dengan gerakan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga akan membuang permukaan luar benda kerja Proses bubut permukaan adalah proses bubut yang identik dengan proses bubut rata, tetapi arah gerakan pemakanan tegak lurus terhadap sumbu benda kerja.



Proses bubut rata, (2) bubut permukaan, dan (3) bubut

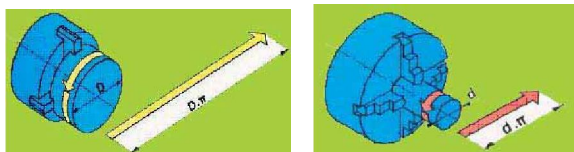
2.1.1. Parameter yang Dapat Diatur pada Mesin Bubut

Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada Mesin Bubut. Kecepatan putar, n (*speed*), selalu dihubungkan dengan sumbu utama (spindel) dan benda kerja. Kecepatan putar dinotasikan sebagai putaran per menit (*rotations per minute, rpm*). Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*cutting speed* atau v) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/keliling benda kerja. Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar atau :

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000}$$

Di mana :

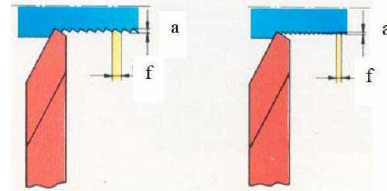
- V_c : kecepatan potong (m/menit)
- d : diameter benda kerja (mm)
- n : putaran benda kerja (putaran/menit)



Panjang permukaan benda kerja yang dilalui pahat setiap putaran.

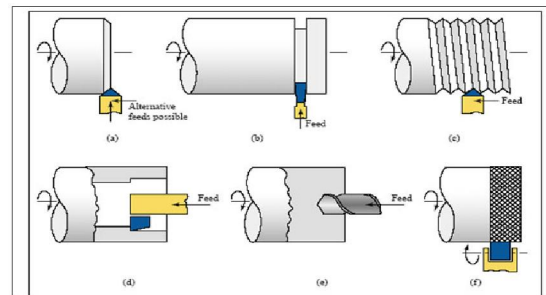
Dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja faktor bahan benda kerja dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong. Pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat. Harga kecepatan potong sudah tertentu, misalnya untuk benda kerja *Mild Steel* dengan pahat dari HSS, kecepatan potongnya antara 20 sampai 30m/menit.

Gerak makan, f (*feed*), adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali, sehingga satuan adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutamanya kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong a . Gerak makan tersebut berharga sekitar $1/3$ sampai $1/20$ a , atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.



Gerak makan (f) dan kedalaman potong (a).

Proses tersebut dilakukan di Mesin Bubut dengan bantuan/tambahan peralatan lain agar proses pemesian bisa dilakukan

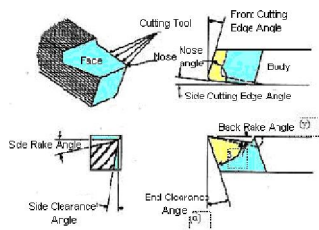


Proses pemesian yang dapat dilakukan pada Mesin Bubut : (a) pembubutan pinggul (chamfering), (b) pembubutan alur (parting-off), (c) pembubutan ulir (threading), (d) pembubutan lubang (boring), (e) pembuatan lubang (drilling), dan (f) pembuatan kartel (knurling).

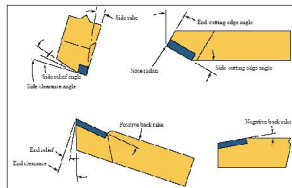
2.1.2 Geometri Pahat Bubut

Geometri/bentuk pahat bubut terutama tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Terminologi standar ditunjukkan pada Gambar 2.6 Untuk pahat bubut bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut beram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*), dan sudut sisi potong (*cutting edge angle*). Sudut sudut pahat HSS dibentuk dengan cara diasah menggunakan mesin gerinda pahat (*Tool Grinder Machine*). Sedangkan bila pahat tersebut adalah pahat sisipan (*insert*) yang dipasang pada tempat pahatnya, geometri pahat dapat dilihat pada Gambar 2.7. Selain geometri pahat tersebut pahat bubut bisa juga diidentifikasi berdasarkan letak sisi potong (*cutting edge*) yaitu pahat tangan kanan

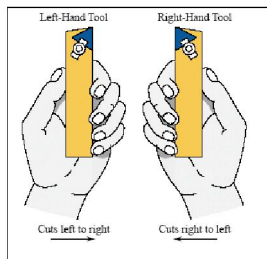
(Right-hand tools) dan pahat tangan kiri (Left-hand tools).



Geometri pahat bubut HS
(Pahat diasah dengan mesin gerinda pahat)

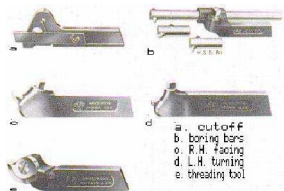


Geometri pahat bubut sisipan (insert).

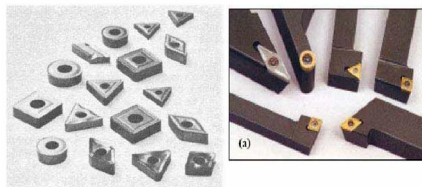


Pahat tangan kanan dan pahat tangan kiri.

Untuk pahat yang berbentuk sisipan (inserts), pahat tersebut dipasang pada tempat pahat yang sesuai



Pemegang pahat HSS : (a) pahat alur, (b) pahat dalam, (c) pahat rata kanan, (d) pahat rata kiri, dan (e) pahat ulir.

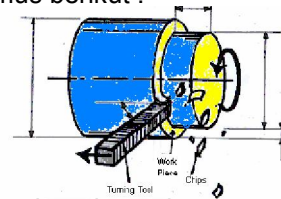


Pahat bubut sisipan (inserts), dan pahat sisipan yang dipasang pada pemegang pahat (tool holders).

Bentuk dan pengkodean pahat sisipan serta pemegang pahatnya sudah distandarkan oleh ISO. Standar ISO untuk pahat sisipan dapat dilihat pada Lampiran, dan pengkodean pemegang pahat dapat dilihat juga pada Lampiran.

2.1.3 Perencanaan dan Perhitungan Proses Bubut

Elemen dasar proses bubut dapat dihitung/dianalisa dengan menggunakan rumus-rumus berikut :



Gambar skematis proses bubut.

Keterangan :

Benda Kerja :

do : diameter mula (mm)

dm : diameter akhir (mm)

lt : panjang pemotongan (mm)

Pahat :

Xr : sudut potong utama/sudut masuk

Mesin Bubut :

a : kedalaman potong (mm)

f : gerak makan (mm/putaran)

n : putaran poros utama (putaran/menit)

1) Kecepatan potong :

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}; m/menit$$

Keterangan :

d : diameter rata-rata benda kerja
(do+dm)/2 (mm)

n : putaran poros utama (put/menit)

π : 3,14

2) Kecepatan makan

$$v_f = f \cdot n; mm/menit$$

3) Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{lt}{v_f}; menit$$

4) Kecepatan penghasilan beram

$$Z = A \cdot v; cm^3/menit$$

di mana : $A = a \cdot f \text{ mm}^2$

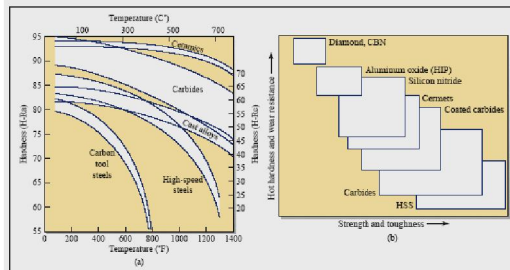
Perencanaan proses bubut tidak hanya menghitung elemen dasar proses bubut, tetapi juga meliputi penentuan/pemilihan material pahat berdasarkan material benda kerja, pemilihan mesin, penentuan carapencekaman, penentuan langkah kerja/langkah penyayatan dari awal benda kerja sampai terbentuk benda kerja jadi, penentuan cara pengukuran dan alat ukur yang digunakan.

2.1.3.1 Material Pahat

Pahat yang baik harus memiliki sifat-sifat tertentu, sehingga nantinya dapat menghasilkan produk yang berkualitas baik (ukuran tepat) dan ekonomis (waktu yang diperlukan pendek). Kekerasan dan kekuatan pahat harus tetap bertahan meskipun pada temperatur tinggi, sifat ini dinamakan *Hot Hardness*. Ketangguhan (*toughness*) dari

pahat diperlukan, sehingga pahat tidak akan pecah atau retak terutama pada saat melakukan pemotongan dengan beban kejut. Ketahanan aus sangat dibutuhkan yaitu ketahanan pahat melakukan pemotongan tanpa terjadi keausan yang cepat.

Material pahat yang ada ialah baja karbon sampai dengan keramik dan intan. Sifat *hot hardness* dari beberapa material pahat ditunjukkan sebagai berikut :



(a) Kekerasan dari beberapa macam material pahat sebagai fungsi dari temperatur, (b) jangkauan sifat material pahat.

Material pahat dari HSS (*High Speed Steel*) dapat dipilih jenis M atau T. Jenis M berarti pahat HSS yang mengandung unsur *Molibdenum*, dan jenis T berarti pahat HSS yang mengandung unsur *Tungsten*. Beberapa jenis HSS dapat dilihat pada tabel berikut :

Jenis HSS	Standart AISI
HSS Konvensional	
• Molibdenum HSS	M1, M2, M7, M10
• Tungsten HSS	T1, T2
HSS Spesial	
• Cobalt added HSS	M33, M36, T4, T5, T6
• High Vanadium HSS	M3-1, M3-2, M4, T15
• High Hardness Co HSS	M41, M42, M43, M44, M45, M46
• Cast HSS	
• Powdered HSS	
• Coated HSS	

Jenis pahat HSS

Pahat dari HSS biasanya dipilih jika pada proses pemesinan sering terjadi beban kejut, atau proses pemesinan yang sering dilakukan interupsi (terputus-putus). Pahat dari karbida dibagi dalam dua kelompok tergantung penggunaannya.

2.1.4. Klasifikasi Dua Faktor (Two Way Anova)

Two way anova (klasifikasi dua faktor) adalah pengujian hipotesis komparatif (perbandingan) untuk k sampel (lebih dari dua sampel) dengan mengukur atau mengelompokkan data berdasarkan dua faktor berpengaruh yang disusun dalam baris dan kolom. Ada beberapa asumsi yang digunakan pada pengujian two way anova, yaitu:

1. Data dari populasi-populasi (sampel) berjenis interval atau rasio.
2. Populasi-populasi yang akan diuji berdasarkan normal.
3. Varian setiap populasi (sampel) harus sama.

4. Kelompokan dan harus memiliki ukuran sampel yang sama.

Two Way Anova Tanpa Interaksi

Analisis ragam dua arah tanpa interaksi ini adalah pengujian hipotesis komparatif (perbandingan) untuk k sampel (lebih dari dua sampel) yang berkorelasi dengan dua faktor yang berpengaruh. Sedangkan interaksi kedua faktor tersebut ditindakan. Prosedur uji statistik adalah sebagai berikut:

- a. Membuat hipotesis dalam uraian kalimat
 H_{0b} : Tidak ada perbedaan nilai rata-rata antara kelompok data b_1 kelompok data b_2 serta kelompok data b_n .
 H_{ab} : Ada perbedaan nilai rata-rata antara kelompok 2. data b_1 kelompok data b_2 serta kelompok data b_n
 H_{0j} : Tidak ada pengaruh pada nilai rata-rata kelompok data ke 1, 2, ..., n terhadap perlakuan kelompok data ke 1, 2, ..., j
 H_{aj} : Ada pengaruh pada nilai rata-rata kelompok data ke 1, 2, ..., n terhadap perlakuan kelompok data ke 1, 2, ..., j
- b. Membuat hipotesis dalam bentuk model statistik
 H_{0b} : $a_1 = a_2 = \dots = a_n = 0$
 H_{ab} : sekurang-kurangnya satu $a_i \neq 0$
 H_{0j} : $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0$
 H_a : sekurang-kurangnya satu $\beta_i \neq 0$
- c. Menentukan taraf nyata
 Pada tahap ini kita menentukan seberapa besar peluang membuat risiko kesalahan dalam mengambil keputusan menolak hipotesis yang benar. Biasanya sering disebut dengan istilah taraf signifikan.
- d. Kaidah pengujian
 1). Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka H_0 diterima, artinya tidak ada perbedaan pada kelompok data baris. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak, artinya ada perbedaan pada kelompok data baris.
 2). Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka H_0 diterima, artinya tidak ada perbedaan pada kelompok data kolom.
- e) Menghitung nilai F_{hitung} dan F_{tabel}
 Langkah-langkah menghitung nilai F_{hitung}

1). Buat tabel penolong

Baris (b)	Kolom (j = c)					Total	Rata-rata $\bar{X}_1$
	1	2	3		j	X_1	
1	X_{11}	X_{11}	X_{11}		X_{11}	X_1	$\bar{X}_1$
2	X_{21}	X_{21}	X_{21}		X_{21}	X_2	$\bar{X}_2$
...							
i = r	X_n	X_n	X_n		X_n	X_r	$\bar{X}_1$
Total $\bar{X}_j$	T_1	T_2	T_3		T_j	T_x	

Tabel Penolong untuk Two Way Anova Tanpa Interaksi

Keterangan:

X_1 = Total nilai pengamatan pada baris ke- b
 X_j = Total nilai pengamatan pada kolom ke- j

2). Total nilai pengamatan pada baris ke- b

$$X_1 = X_{11} + X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1j}$$

3). Total nilai pengamatan pada kolom ke- j

$$X_j = X_{11} + X_{21} + \dots + X_{ij}$$

4). Total nilai pengamatan

$$T_x \quad T_x = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_r$$

5). Menghitung rata-rata populasi (sampel) pada

baris ke- b dan kolom ke- j

$$\text{Rumus: } \bar{X}_1 = \frac{\sum X_i}{j} \text{ atau } \bar{X}_j = \frac{\sum X_j}{b}$$

Keterangan :

X_i = Total nilai pada baris ke- b

X_j = Total nilai pada kolom ke- j

J = Jumlah kolom

B = Jumlah baris

6). Menghitung rata-rata populasi ($b \times j$)

$$\text{Rumus: } \bar{X} = \frac{\sum T_x}{b \cdot j} \text{ atau } \frac{\sum \bar{X}_i}{j}$$

7). Menentukan nilai jumlah kuadrat antarbaris (JKB)

$$\text{Rumus: } JKB = \frac{(\sum X_1)^2 + (\sum X_2)^2 + \dots + (\sum X_n)^2}{j} - \frac{(\sum T_x)^2}{b \cdot j}$$

8). Menentukan nilai derajat kebebasan antarbaris

$$\text{Rumus: } dk_b = b - 1$$

9). Menentukan nilai ragam antarbaris

$$\text{Rumus: } S_1^2 = \frac{JKB}{dk_b}$$

10). Menentukan nilai jumlah kuadrat antarkolom (JKK)

$$\text{Rumus: } JKK = \frac{(\sum T_1)^2 + (\sum T_2)^2 + \dots + (\sum T_j)^2}{b} - \frac{\sum T_x^2}{b \cdot j}$$

11). Menentukan nilai derajat kebebasan antarkolom

$$\text{Rumus: } dk_k = j - 1$$

12). Menentukan nilai ragam antarkolom

$$\text{Rumus: } S_2^2 = \frac{JKK}{dk_k}$$

13). Menentukan nilai jumlah kuadrat total (JKT)

$$\text{Rumus: } JKT$$

$$= [(X_{11})^2 + (X_{12})^2 + (X_{13})^2 + \dots + (X_{nj})^2] - \frac{(T_x)^2}{b \cdot j}$$

14). Menentukan nilai jumlah kuadrat galat (JKG)

$$\text{Rumus: } JKG = JKT - JKB - JKK$$

15). Menentukan nilai derajat kebebasan galat

$$\text{Rumus: } dk_g = (b - 1)(j - 1)$$

16). Menentukan nilai ragam galat

$$\text{Rumus: } S_3^2 = \frac{JKG}{dk_g}$$

17). Menentukan nilai F_{hitung}

$$\text{Menentukan nilai } F_1 \quad F_1 = \frac{S_1^2}{S_3^2}$$

$$\text{Menentukan nilai } F_2 \quad F_2 = \frac{S_2^2}{S_3^2}$$

18). Membuat tabulasi ragam

Sumber keragaman	Jumlah kudrat	Derajat bebas	Ragam	F Rasio
Antar Baris	JKB	dk_b	$S_1^2 = \frac{JKB}{dk_b}$	$F_1 = \frac{S_1^2}{S_3^2}$
Antar kolom	JKK	dk_k	$S_2^2 = \frac{JKK}{dk_k}$	$F_2 = \frac{S_2^2}{S_3^2}$
Galat	JKG	$(D K_B) (DK_k)$	$S_3^2 = \frac{JKG}{(dk_k)(dk_b)}$	

Tabulasi Ragam Klasifikasi Dua Arah Tanpa Interaksi (Simulasi)

19). Langkah-langkah menghitung nilai F_{tabel} ,

Nilai F_{tabel} dapat dicari dengan menggunakan tabel F , Caranya:

$$F_{1 \text{ tabel}} \text{ dan } F_{2 \text{ tabel}} = F_{\alpha}(a)(dkb \text{ pembilang}), (dkk \text{ penyebut})$$

Di mana:

Pembilang = $n - 1$ atau $j - 1$

Penyebut = $(n - 1)(j - 1)$

$$F_{tabel} = F_{\alpha}(dkb, dkk)$$

f. Membandingkan F_{tabel} dan F_{hitung} Tujuan membandingkan F_{tabel} dan F_{hitung} adalah untuk mengetahui, apakah H_0 ditolak atau diterima berdasarkan kaidah pengujian di atas.

g. Keputusan: Menerima atau menolak H_0 .

3. Metode Penelitian

3.1.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, yaitu cara yang digunakan untuk mencari hubungan sebab akibat dari beberapa variabel yang sengaja dimunculkan dengan menyisihkan variabel lain yang bisa mempengaruhinya. variasi variabel bebas : Putaran Spindel (rpm) 1000,1500,2000, 2500 (rpm) dan Gerak Makan 0,1, 0,15, 0,2, 0,25 (mm),.

3.1.2 Tempat Penelitian

Dalam penelitian analisa pengaruh perbedaan parameter proses bubut dalam pada proses cnc turning terhadap kekasaran permukaan ini penulis mengambil tempat penelitian di Lab. CNC Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

3.1.3 Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitan pada tanggal 03 dan 09 Desember 2014.

3.2 Peralatan yang Digunakan

Pada penelitian ini terdiri dari 3 macam peralatan sebagai berikut :

3.2.1 Peralatan Utama

1. Mesin EMCO CNC Turning 242



Mesin EMCO CNC Turning 242
(Sumber: Document Pribadi)

Spesifikasi :

Type : EMCO CNC Turning 242
Working Space : Swing over bed: 340 mm
Turning length : 255 mm
Spindle bore : 42 mm
Tool Box : 8 pieces (VDI30) requirement
of 2 340 x 2 000 mm
RPM : 50 - 4500 rpm
Voltage : 220/240 V
Kontrol : CNC Emcotronic
(Sumber :

<http://www.multipino.com/offer71686.html>)

2. St 50, Poros Baja

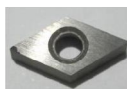


Material Poros Baja ST50
(Sumber: Document Pribadi)

Spesifikasi :

Type : ST50
Tensile Strength (KgF/mm²) : 50 KgF/mm²
Hardness (Hrc) : 78,5 (HRC)
(Sumber: Data Pengukuran Material, di Lab.
Metalurgi Jur. Teknik Mesin UNMER)

3. Insert Pahat



Insert Pahat, TIZIT DCMT 070204EN
(Sumber: Document Pribadi)

Spesifikasi :

Type : TIZIT
Grad : DCMT 070204EN (TCM10:
M10)
Composition : Co/Ni 12,2% ; WC 15,0% ;
(Ta,Nb) C 10,0% Ti (C,N) rest
Maker : PLANSEE
Properties : Very good heat and wear
resistance, Very good toughness, For high
cutting speeds, First choice for rotating solid
cermet tools.

(Sumber: Data Sheet Insert Tool CERATIZITTURN
Cermet)

3.2.2 Peralatan Bantu

Untuk mendapatkan data yang akurat sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu analisa kekasaran permukaan benda kerja menggunakan benda kerja maka dilaksanakan pengamatan secara langsung yaitu dengan melakukan penelitian yang memerlukan beberapa peralatan dan mesin uji dalam proses penelitian. Selain itu didukung juga dengan peralatan ukur dan seperangkat alat uji. Adapun pelatan dan mesin uji yang digunakan antara lain :

1. Raoughnest Test

Alat ukur untuk mengukur kekasaran benda kerja, Surf Test Mitutoyo SJ-301



Surf Test Mitutoyo SJ-301
(Sumber: Document Pribadi)

2. Calliper

Digunakan untuk mengukur inner diameter dan panjang langkah pemakanan.



Digital Calliper Mitutoyo Series 500
(Sumber: www.mitutoyo.com)

3. Laptop dan software SPSS

Digunakan untuk menampilkan dan mengolah data dari penelitian agar didapat data yang lebih jelas dan mudah dibaca.

3.3 Variabel Penelitian

Variable penelitian ada tiga macam, untuk memperjelas kedudukan antara variable penelitian maka perlu ditentukan variabel penelitian sebagai berikut :

3.3.1 Variabel Bebas

Variable bebas adalah variable yang ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Jenis dan besarnya variabel bebas diubah-ubah untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga dapat diperoleh tujuan dari penelitian. Dalam penelitian ini, variable bebas yang digunakan adalah:

1. Pengurangan diameter dalam *benda kerja* (dengan cara membubut diameter dalam dari benda kerja dengan gerak makan sebesar @ (0,1, 0,15, 0,2, 0,25) (mm).

2. Putaran Spindel (rpm) 1000,1500,2000, 2500 (rpm)

3.3.2 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dijaga konstan selama penelitian. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah kecepatan potong (Vc) Telah ditentukan 0.254mm/min.

3.3.3 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Besarnya variabel terikat dapat berubah sesuai dengan perubahan variabel bebas jika keduanya terdapat hubungan secara langsung. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah serta Variabel Terikat : Kekasaran Permukaan (Roughness)

3.4 Prosedur Pengujian

Pengujian Dengan tahapan sebagai berikut :

1. Potong Material Poros Baja St 50 (Raw Material), diameter material untuk benda kerja 20mm dan di potong dengan panjang 22 mm dan facing masing-masing sisi 1mm.
2. Bor (Drill) Material poros baja ST50 yang sudah dipotong dengan panjang 22mm dengan Bor Diameter: 13 mm
3. Menentukan mesin CNC yang akan digunakan untuk penelitian, proses pembubutan dalam.
 - a. Setting mesin CNC :
 - Setting tool
 - Setting benda kerja
 - Pembuatan Program
 - Proses pembubutan dalam
 - b. Proses Pembubutan Dalam :
 - Proses pembubutan dengan gerak makan sebesar @ (0,1, 0,15, 0,2, 0,25) (mm)
 - Putaran mesin (n) yaitu sebesar 1000,1500,2000, 2500 (rpm)
 - Ganti Insert tiap kali proses pemakanan berlangsung
4. Melakukan pengukuran kekasaran benda kerja menggunakan Roughness test Mitutoyo SJ-301
5. Mencatat hasil pengujian.
6. Data hasil pengujian akan dianalisa dengan analisa regresi untuk mengetahui hubungan antara Variabel pengambilan data adalah dengan variasi Variabel bebas : Putaran Spindel (rpm) 1000,1500,2000, 2500 (rpm) dan Variasi Gerak Makan 0,1, 0,15, 0,2, 0,25 (mm), serta Variabel Terikat : Kekasaran Permukaan (Roughness).
7. Pengambilan kesimpulan dari pengukuran kekasaran benda kerja, hubungan antara putaran mesin (rpm) dengan gerak makan (Feeding).

4. Analisa dan Pembahasan

Data hasil pengujian akan dianalisa dengan metode analisa statistic untuk

mengetahui “Analisa Pengaruh Variasi Putaran Spindel dan Variasi Gerakan Makan Terhadap Kekasaran Permukaan Pembubutan Dalam Material ST50”. Langkah analisa yang dilakukan kali ini menggunakan metode varians klasifikasi tunggal (Two Way Classification). Diolah dengan bantuan software SPSS 17 for windows dan Microsoft Excel 2007.

4.1 Analisa Varian Uji F

- 1). Membuat Tabel Penolong

Pemakan (feeding) (b)	Putaran Spindel (rpm) (j)				Total (X _{nj})	Rata-rata (X̄ _{nj})
	1000 rpm	1500 rpm	2000 rpm	2500 rpm		
0,1	2,50	2,04	3,53	3,68	11,75	2,94
0,15	3,32	1,94	1,35	4,38	10,99	2,75
0,2	13,46	2,54	1,48	1,05	18,53	4,63
0,25	18,64	5,04	1,40	2,70	27,78	6,95
Total T _{jb}	37,92	11,56	7,76	11,81	69,05	17,26
Rata-rata (T̄ _{jb})	9,48	2,89	1,94	2,95	17,26	

Tabel Perhitungan untuk Uji Anova Dua Arah Tanpa Interaksi

- 2). Total nilai pengamatan pada baris ke b.
 $X_{bj} = X_{11} + X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1j}$, $X_{bj} = 11,75$
- 3). Menghitung rata-rata pada baris ke – b
 $\bar{X}_b = \frac{\sum X_{bj}}{j}$, $\bar{X}_b = 2,94$
- 4). Total nilai pengamatan pada kolom - j
 $T_{bj} = X_{11} + X_{21} + X_{31} + \dots + X_{jn}$
 $T_{bj} = 37,92$
- 5). Menghitung rata-rata pada kolom – j,
 $\bar{X}_j = \frac{\sum x_j}{n}$, $\bar{X}_j = 9,48$
- 6). Menghitung rata-rata populasi (b x j),
 $\bar{X} = \frac{\sum t_{bj}}{b \cdot j}$, $\bar{X} = 17,26$
- 7). Menentukan nilai jumlah kuadrat antarbaris (JKB)

$$JKB = \frac{(\sum X_1)^2 + (\sum X_2)^2 + \dots + (\sum X_n)^2}{j} - \frac{(\sum T_x)^2}{b \cdot j}$$

$$JKB = 343,48 - 297,99$$

$$JKB = 45,49$$
- 8). Menentukan nilai derajat kebebasan antarbaris
 $dk_B = b - 1 = 4 - 1 = 3$
- 9). Menentukan nilai ragam antarbaris.
 $S_1^2 = \frac{JKB}{dk_B}$, $S_1^2 = 15,16$
- 10). Menentukan nilai jumlah kuadrat antrakolom (JKK)

$$JKK = \frac{(\sum T_1)^2 + (\sum T_2)^2 + \dots + (\sum T_j)^2}{b} - \frac{\sum T_x^2}{b \cdot j}$$

$$JKK = 442,81 - 297,99.$$

$$JKK = 144,82$$
- 11). Menentukan nilai derajat kebebasan antar kolom
 $dk_k = j - 1$, $dk_k = 4 - 1 = 3$
- 12). Menentukan nilai ragam antar kolom
 $S_2^2 = \frac{JKK}{DKK}$, $S_2^2 = 48,27$

13). Menentukan nilai jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = [(X_{11})^2 + (X_{12})^2 + (X_{13})^2 + \dots + (X_{nj})^2] - \frac{(T_k)^2}{b \cdot j}$$

$$JKT = 645,22 - 297,99$$

$$JKT = 347,23$$

14). Menentukan nilai jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKB - JKK$$

$$JKG = 156,92$$

15). Menentukan nilai derajat kebebasan galat

$$dk_G = (b - 1)(j - 1)$$

$$= 3 \times 3 = 9$$

16). Menentukan nilai ragam galat.

$$S_3^2 = \frac{JKG}{dk_G}, S_3^2 = 17,43$$

17). Menentukan nilai F_{hitung}

a) Menentukan nilai $F_1 = F_1 = \frac{S_1^2}{S_3^2}$, $F_1 = 0,869$

b) menentukan nilai $F_2 = F_2 = \frac{S_2^2}{S_3^2}$, $F_2 = 2,769$

18). Membuat tabulasi ragam.

Sumber keragaman	Jumlah kuadrat	Derajat Bebas	Ragam	F _{rasio}
Antar baris	JKB = 45,49	dk _B = 3	15,16	0,869
Antar kolom	JKK = 144,82	dk _K = 3	= 48,27	2,769
Antar galat	JKG = 156,92	(dk _B)(dk _K) 9	= 17,43	

Tabel Hasil Uji Anova Dua Arah Tanpa Interaksi (Simulasi)

Jika dibandingkan dengan hasil pengujian menggunakan software SPSS maka hasil yang didapatkan adalah sama sebagai berikut:

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Ra					
Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	190.309 ^a	6	31.718	1.819	.201
Intercept	297.994	1	297.994	17.091	.003
Feeding	45.489	3	15.163	.870	.492
Putaran	144.820	3	48.273	2.769	.103
Error	156.923	9	17.436		
Total	645.225	16			
Corrected Total	347.231	15			

R Squared = .548 (Adjusted R Squared = .247)

Tabel Hasil Uji Anova Dua Arah Tanpa Interaksi (SPSS Ver. 17)

19). Langkah- langkah menghitung nilai F_{tabel}

Nilai F_{Tabel} dapat dicari dengan

menggunakan tabel F

Caranya : $F_{1\ tabel}$ dan $F_{2\ tabel} = F_{\{(a) (dkb = pembilang), (dkk = penyebut)\}}$

Dimana : $n = 4$, $j = 4$, $\alpha = 5\% \rightarrow 0,05$

Pembilang = $n-1$

$$= 4-1 \Rightarrow 3$$

$$\text{Atau} = j-1$$

$$= 4-1 \Rightarrow 3$$

$$\text{Penyebut} = (n-1)(j-1)$$

$$= (4-1)(4-1) \Rightarrow 9$$

$$\text{Sehingga nilai } F_{1\ tabel} = F_1(0,05)(3,9) = 3,86$$

$$\text{nilai } F_{2\ tabel} = F_2(0,05)(3,9) = 3,86$$

Membandingkan F_{tabel} dan F_{hitung} :

$$F_{1\ hitung} = 0,869 < F_{tabel} 3,86 \text{ maka } H_0 \text{ diterima, tidak ada pengaruh Variasi Gerak}$$

Makan terhadap kekasaran permukaan potong benda kerja

$F_{2\ hitung} = 2,769 < F_{tabel} 3,86 \text{ maka } H_0 \text{ diterima, tidak ada pengaruh Variasi Putaran Spindel}$

terhadap kekasaran permukaan potong benda kerja

Kesimpulan: Karena F tabel lebih besar dari F_{hitung} dan F_{Tabel} Anova, maka H_0 diterima H_a ditolak, jadi tidak ada pengaruh Variasi Gerak Makan dan Variasi Putaran Spindel mesin terhadap kekasaran permukaan potong benda kerja pada proses turning Mesin EMCO CNC Turning 242.

5. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

1. Dari penelitian kali ini ada perubahan kekasaran terhadap benda kerja, akan tetapi tidak berpengaruh signifikan terhadap kekasaran benda kerja pendari Variasi Gerak Makan dan Variasi Putaran pindel Mesin.
2. Nilai kekasaran maksimal adalah pada Ra : 18,64 pada Variasi putaran 1000rpm dengan Variasi pemakanan 0,25mm.
3. Nilai kekasaran terendah adalah pada Ra : 1,05 Variasi putaran 2500rpm dengan Variasi pemakanan 0,2mm.
4. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada penelitian kali ini adalah Variasi putaran 2500rpm dengan pemakanan 0,2mm serta Vc = 0,254mm/min.
5. Ditinjau dari perhitungan manual dan uji SPSS pengaruh Variasi Gerak Makan dan Variasi Putaran Spindel Mesin terhadap kekasaran permukaan benda kerja, didapat F tabel lebih besar dari F Hitung dan F Anova $F_{1\ hitung} = 0,869 < F_{tabel} 3,86$ dan $F_{2\ hitung} = 2,769 < F_{tabel} 3,86$ dengan taraf signifikasi $\alpha : 5\%$.

5.2 Saran

1. Untuk peneliti selanjutnya agar melakukan percobaan berulang kali dengan banyak speciment, agar data yang didapatkan lebih akurat sehingga didapatkan hasil yang diinginkan sesuai maksud dan tujuan dari penelitian tersebut.
2. Percobaan dilakukan dengan material-material lain yang belum digunakan.