

JUS TEKNO

Jurnal Sains & Teknologi

Pengaruh kecepatan makan dan *Cutting force* terhadap *Bending Stress* dan Defleksi pada Holder Pahat Bubut Untuk Proses Bubut Kasar pada Baja Tempa S48C berongga.

Sigit Widiyanto
Teknik Mesin, STT Duta Bangsa, Bekasi

ABSTRAK

Dalam proses pembubutan benda kerja dengan bentuk berongga, pahat bubut mendapatkan gaya-gaya pemakanan yang tidak seragam yaitu disaat penyayatan dan tanpa penyayatan. Hal ini membuat dasar dari penelitian ini untuk menganalisa sejauh mana efek dari rongga-rongga benda kerja saat di sayat akan berpengaruh terhadap *bending stress* dan *defleksi* pahat bubut yang akan mempengaruhi hasil pembubutan pada pemakaian pahat *carbide* dengan menggunakan mesin cnc *lathe takisawa TCC2100 L2* terhadap material tempa S48C.

Metode penelitian yang digunakan adalah menghitung gaya potong dan *bending stress* dan defleksi yang diterima oleh pahat dan dudukan pahat. Pengujian dilakukan pada pahat tipe TNMG160408 dengan variasi kecepatan makan dan kedalaman potong yang berbeda.

Hasil penelitian ini didapat dengan variable 1 yaitu kecepatan makan 0,2 mm/rev dan *Cutting force* 548 N didapat *bending stress* 12 MPa dengan Defleksi 0,0058 mm. variable 2 yaitu kecepatan makan 0,25 mm/rev dan *Cutting force* 686 N didapat *bending stress* 15,8 MPa dengan Defleksi 0,0072 mm. variable 3 yaitu kecepatan makan 0,28 mm/rev dan *Cutting force* 768 N didapat *bending stress* 17,7 MPa dengan Defleksi 0,008 mm. dari hasil penelitian ini didapati dengan semakin besar kecepatan makan dengan *cutting force* yang besar mengakibatkan *bending stress* dan defleksi pada pahat bubut semakin besar yang dapat menjadi efek terhadap kekasaran permukaan.

Kata kunci : *Cutting force*, *Bending stress*, *Defleksi*.

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam proses pembubutan benda kerja dengan bentuk berongga, pahat bubut mendapatkan gaya-gaya pemakanan yang tidak seragam yaitu disaat penyayatan dan tanpa penyayatan. Hal ini membuat dasar dari penelitian ini untuk menganalisa sejauh mana efek dari rongga-rongga benda kerja saat di sayat akan berpengaruh terhadap *bending stress* dan *defleksi* pahat bubut yang akan mempengaruhi hasil pembubutan pada pemakaian pahat *carbide* dengan menggunakan mesin cnc *lathe takisawa TCC2100 L2* terhadap material tempa S48C.

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Atas dasar latar belakang diatas peneliti mengidentifikasi masalah dirumuskan sebagai berikut Apakah ada pengaruh kecepatan makan (*feeding*) dan *cutting force* terhadap *bending stress* dan defleksi pada holder pahat bubut.

1.3 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana melakukan penentuan pada kecepatan makan dan menghitung *cutting force* sehingga di prediksi akan mempunyai pengaruh terhadap *bending stress* dan defleksi pada holder pahat bubut.

1.4 BATASAN MASALAH

Batasan masalah untuk diteliti adalah pada holder pahat *carbide* model TNMG160408 untuk proses bubut kasar baja berongga pada material tempa S48C di mesin *cnc lathe type* TCC 2100 L2.

2. LANDASAN TEORI

2.1 *Steel* (Baja)

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dalam proses pembuatan baja biasanya akan ada penambahan kandungan kadar unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan kadar unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon sedang selanjutnya kelompok baja karbon sedang yaitu baja yang mengandung karbon 0.20 % hingga 0.60 % kemudian baja ini sangat umum digunakan disektor manufaktur karena memiliki sifat ketangguhan dan keuletan yang tinggi sangat cocok digunakan pada komponen mekanis seperti mesin kendaraan roda dua maupun roda empat.



Gambar 2.1 *Wheel Starter Motor ABC*
Sumber : PT. XYZ

2.2 *Forging* (Tempa)

Forging process atau proses penempaan adalah istilah yang diterapkan pada proses yang menginduksi deformasi plastis melalui gaya tekan lokal yang diterapkan melalui cetakan. Perlengkapan penempaan sendiri dapat berupa palu, mesin tekan (*press*) atau mesin tempa khusus. Deformasi dapat dilakukan disemua variasi suhu (panas, dingin, hangat atau isothermal). Sebagian besar proses penempaan dilakukan dengan benda kerja di atas suhu rekristalisasi. Proses *forging* ini terbagi menjadi dua yaitu *Hot forging* dan *Cold forging*.

2.3 *Machining* (Permesinan)

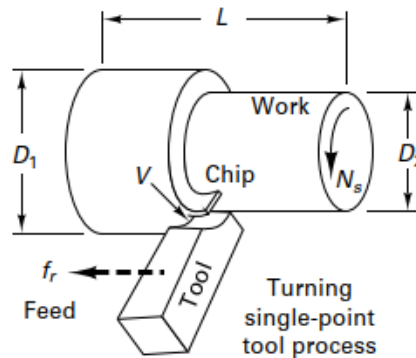
Machining atau permesinan adalah proses menghilangkan atau memotong bahan yang tidak diinginkan dari benda kerja dalam benduk chip. Dalam proses memotong bahan, dibedakan menjadi dua kategori yaitu pemotongan kasar atau bubut kasar (*roughing cutting*) dan pemotongan akhir atau bubut akhir (*finish cutting*).

Didalam proses pembubutan akan banyak digunakan istilah-istilah sebagai berikut :

- a. Kecepatan potong (V_c) adalah gerakan pemotongan utama yang menghubungkan kecepatan alat potong (*cutting tool*) terhadap benda kerja.

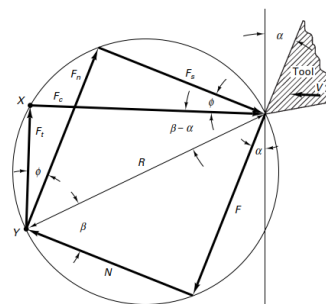
- b. Kecepatan makan atau Kecepatan makan (fr) adalah jumlah material yang dibubut per putaran atau per lintasan pahat di atas benda kerja.
- c. Kedalaman pemotongan atau *Depth of Cut* (DOC or a_p) adalah ketebalan material yang dibubut hingga bentuk yang diinginkan.

Proses pembubutan atau *turning* adalah proses permesinan yang dimana alat titik tunggal (single-point tool) untuk memotong material dari permukaan benda kerja yang berputar.



Gambar 2.2 Ilustrasi proses bubut

Sumber :buku berjudul “*material and processes in manufacturing*”



Gambar 2.3 Diagram gaya pada proses bubut

Sumber :buku berjudul “*material and processes in manufacturing*”

1. Gaya potong atau *Cutting force* (F_c)

Gaya yang muncul ketika pahat bergerak ke arah geometri yang sudah ditentukan. Rumus yang digunakan adalah :

$$F_c = K_c \cdot a_p \cdot fr$$

- K_c = Nilai spesifikasi gaya potong pada material tertentu
 a_p = Kedalaman potong yang diinginkan
 fr = Kecepatan makan yang sudah ditentukan

Untuk menentukan spesifikasi gaya potong dapat dilihat gambar tabel berikut :

Value of specific cutting force (k_c)

Workpiece material (JIS)	Tensile strength (MPa)	Hardness (HB)	Value of specific cutting force on feed k_c (N/mm ²)				
			0.04 (mm/rev)	0.1 (mm/rev)	0.2 (mm/rev)	0.4 (mm/rev)	1.0 (mm/rev)
SS400, S15C	390	100	3430	2840	2450	2080	1700
S35C, S40C	590	170	4220	3490	2940	2500	2080
S50C, SCr430	785	230	4900	4020	3430	2940	2400
SCM440, SNCM439	980	300	5390	4410	3780	3240	2650
SDK	1765 (56HRC)	56HRC	8390	6870	5880	5000	4120
FC200	(160HB)	160	2550	1960	1630	1340	1030
FCD600	(200HB)	200	3330	2550	2110	1750	1340
Aluminium alloy	(89HB)	89	1350	1130	950	810	670
Aluminium			1050	870	740	640	520
Magnesium alloy			390	390	390	390	390
Brass			1080	1080	1080	1080	1080

Gambar 2.9 Tabel nilai dari spesifikasi gaya potong
Sumber : Catalog tungaloy 2020 - 2021

Selain diagram gaya diatas, masih ada beberapa perhitungan rumus yang ada pada proses permesinan diantaranya :

- a. Perhitungan kecepatan potong atau *Cutting Speed* (V_c)

$$V_c = (\pi \times \text{OD} \times n) / 1000$$

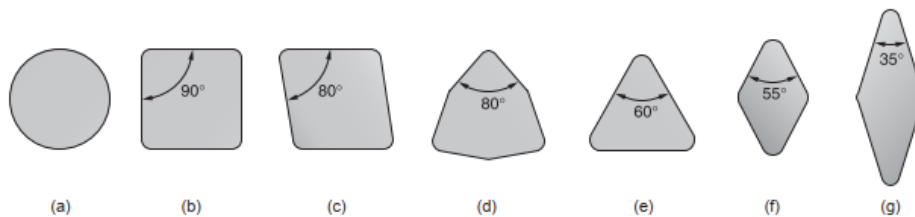
V_c = Kecepatan potong (m/min)
 OD = Diameter benda kerja (mm)
 n = Jumlah putaran

- b. Perhitungan waktu potong atau *Cutting Time* (T)

$$T = \ell / (f_r \times n)$$

T = Waktu potong (min)
 ℓ = Panjang potong (mm)
 f_r = Kecepatan makan (mm/rev)

Pahat tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran untuk situasi pemotongan yang dibutuhkan untuk proses bubut.



Gambar 2.12 Bentuk alat pahat

Sumber : buku berjudul “*fundamental of modern manufacturing*”

Dari gambar di atas, gambar (a) bulat, (b) persegi, (c) belah ketupan dengan kedua sudut 80 derajat, (d) segienam dengan 3 sudut 80 derajat, (e) segitiga, (f) belah ketupan dengan dua titik sudut 55 derajat, (g) belah ketupat dengan kedua sudut 35 derajat. Dibutuhkan kekuatan, kebutuhan daya dan kecenderungan getaran meningkat saat pahat bergerak ke kiri, sedangkan aksesibilitas cenderung lebih baik dengan geometri di sebelah kanan.

Alat potong atau pahat buut harus terbuat dari material yang dapat menahan tekanan dan suhu tinggi yang dihasilkan selama proses pembentukan serpihan (chip). Idealnya material pahat potong harus memiliki sifat berikut :

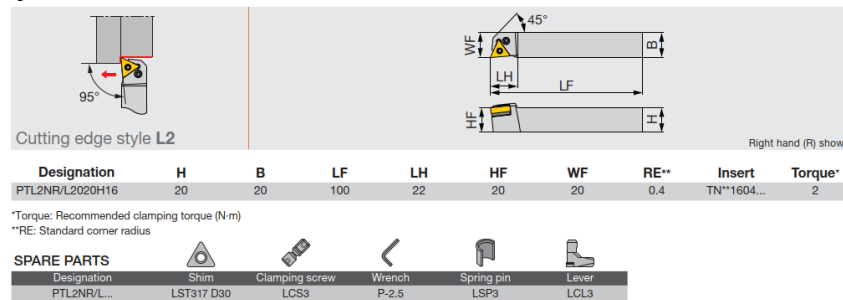
- a. Memiliki kekerasan yang tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi.
- b. Memiliki daya tahan aus yang tinggi.
- c. Memiliki ketangguhan untuk menahan *chipping* (gompal) terutama pada proses potong yang terputus (*interrupted cutting*).
- d. Memiliki daya tahan tinggi untuk menjaga nilai akurasi.

2.5 Tool Holder (Dudukan alat potong atau pahat)

Tool holder atau dudukan pahat potong dirancang dengan baik dan sangat penting untuk mencapai kinerja yang tinggi dan hasil jumlah yang banyak. Setiap produsen pembuat *tool holder*, akan sangat memperhatikan dari segi kualitas, toleransi dimensi dan penyelarasan poros sangat bervariasi. *Tool holder* digunakan satu bagian pada mesin bubut sebagai sistem yang terhubung secara mekanis terdiri dari alat untuk benda pahat potong (*cutting tool*). Desain tool holder dibagi menjadi 2 bagian :

- *Tool holder External*

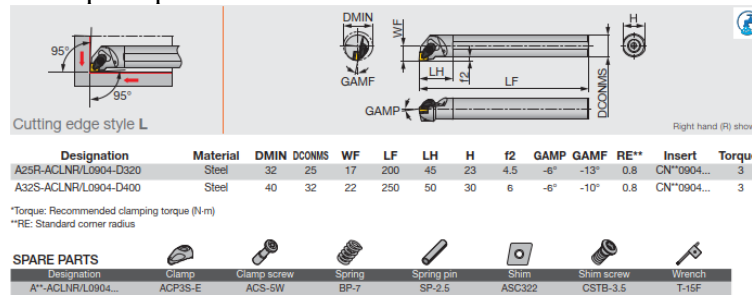
Tool holder external digunakan untuk membubut sisi permukaan bagian luar dari benda kerja.



Gambar 2.13 Bentuk *tool holder external*
 Sumber : *Catalog insert tungaloy 2021-2022*

- *Tool holder internal.*

Tool holder internal digunakan untuk membubut sisi permukaan bagian dalam. Umumnya digunakan pada proses bor.



Gambar 2.14 Bentuk *tool holder internal*
 Sumber : *Catalog insert tungaloy 2021-2022*

Gaya yang akan diterima oleh tool holder diantaranya :

- a. *Bending stress* (kekuatan melengkung)

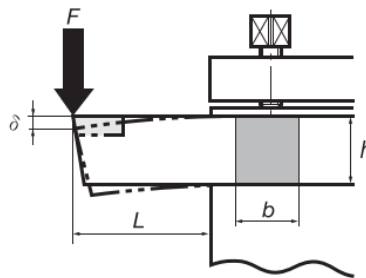
Bending stress atau kekuatan melengkung adalah kekuatan maksimal yang dapat ditahan oleh dudukan pahat potong. *Bending stress* tersebut dipengaruhi oleh kekuatan potong (F_c), jarak dari ujung alat potong dengan tempat dudukan holder (L) dan ukuran dari *holder* itu sendiri (panjang (b) dan lebar (h)).

$$S_{(Mpa)} = \frac{6 \times F_c \times L}{b \times h^2}$$

b. *Tools Deflection* (Defleksi alat)

Tool deflection atau defleksi alat dihitung berdasarkan defleksi dari dudukan pahat potong akibat dari ketidakseimbangan daya dan gaya.

$$\delta_{(mm)} = \frac{4 \times F_c \times L^3}{E \times b \times h^3}$$



Gambar 2.15 Simulai perhitungan *bending stress* dan *tool deflection*

Sumber : *Catalog insert tungaloy 2021-2022*

(Ref.) Values of E

Material	MPa (N/mm ²)	{kgf/mm ² }
Steel	210,000	21,000
Cemented Carbide	560,000~620,000	56,000~62,000

Gambar 2.16 Nilai E untuk perhitungan gaya *bending stress* dan *tool deflection*

Sumber : *Catalog insert tungaloy 2021-2022*

3.METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian dimulai dengan persiapan mesin, pahat potong, dengan parameter kecepatan makan. Setelah itu dihitung cutting force dan bending stress dan defleksi pada pahat bubut.

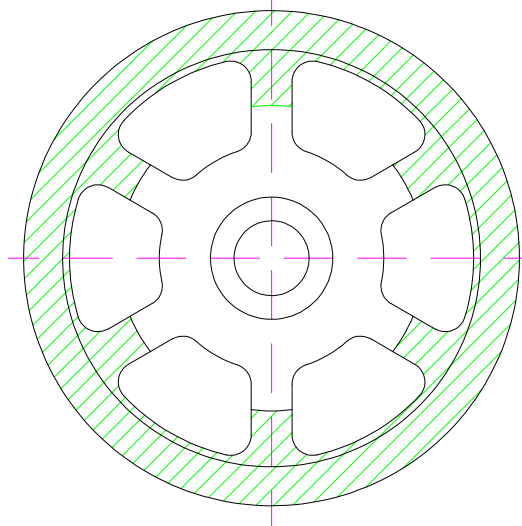
4.HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data dan spesifikasi material

Spesifikasi material yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

- Pembuat material : *Asahi Forging*
- Kandungan material : S48C
- Kekuatan tarik : 785 N/mm²
- Proses material : *Forging* (ditempa)
- Kekerasan material : 212 – 277 HB
- Jumlah lubang material : 6 lubang

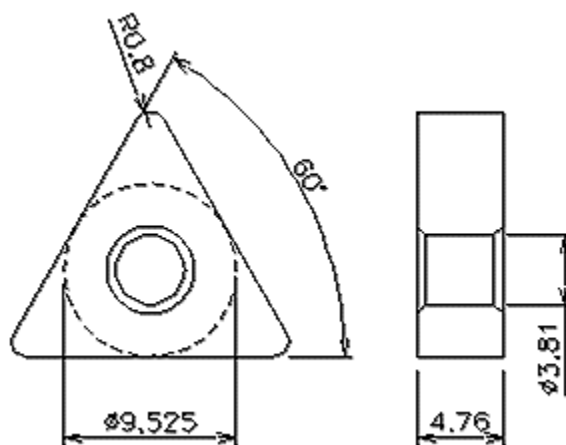
- g. Panjang lintasan proses : ± 40 mm
- h. Volume material dibut : ± 41 cm²



Gambar 4.1 Area arsiran warna hijau yang akan di proses
Sumber : PT. XYZ

4.2 Data dan spesifikasi alat pahat atau *cutting tool*

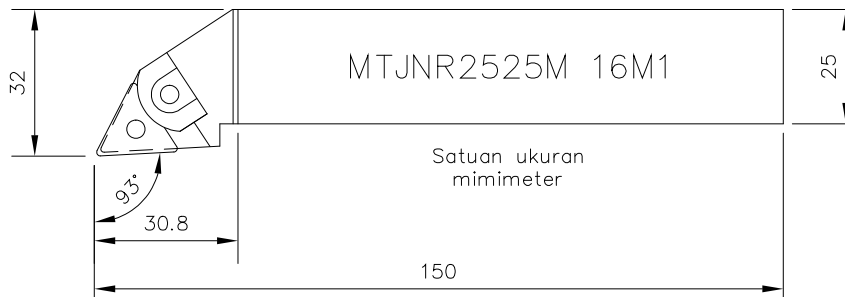
- a. Material benda kerja : *Steel, Stainless dan Cast Iron.*
- b. Material pahat potong : *Carbide*
- c. Kekuatan tarik : 785 N/mm²
- d. Jenis pahat potong : TNMG 160408 TM
- e. Level pahat potong : T9215
- f. Sudut radius (RE) : 0,8 mm
- g. Pembuat pahat potong : Tungaloy



Gambar 4.2 Ukuran dimensi pahat potong
Sumber : *Catalog tungaloy 2020 - 2021*

4.3 Data dan spesifikasi *tool holder* atau dudukan pahat

- | | | |
|----|---------------------------|---|
| a. | Pembuat dudukan pahat | : Sandvik |
| b. | Jenis dudukan pahat | : Bubut permukaan luar |
| c. | Nomor dudukan pahat | : MTJNR2525M 16M1 |
| d. | Sudut potong | : 93° |
| e. | Panjang tool ke pahat (L) | : 60 mm |
| f. | Ukuran dudukan pahat | : lebar (b) = 25 mm
tinggi (h) = 25 mm |



Gambar 4.3 *Holder* atau dudukan pahat
Sumber : PT. XYZ

4.4 Perhitungan proses bubut dan grafik

Data yang akan digunakan untuk parameter kecepatan potong 250 m/min, dan kedalaman potong 0,8 mm serta variasi kecepatan makan sebagai berikut :

- | | | |
|-----|------------------------------------|--------------------------|
| 1. | <i>Nose Radius</i> (RE) | : 0,8 mm |
| 2. | Panjang tools ke pahat (L) | : 60 mm |
| 3. | Kecepatan makan (<i>fr</i> 1) | : 0,20 mm/rev. |
| 4. | Kecepatan makan (<i>fr</i> 2) | : 0,25 mm/rev. |
| 5. | Kecepatan makan (<i>fr</i> 3) | : 0,28 mm/rev. |
| 6. | <i>Specific cutting force</i> (Kc) | : 3430 N/mm ² |
| 7. | Panjang Lintasan bubut (Lb) | : 40 mm |
| 8. | <i>Rake angle</i> (α) | : 6° |
| 9. | <i>Shear angle</i> (ϕ) | : 6° |
| 10. | <i>Friction angle</i> (β) | : 59° |

Pada persiapan di atas dapat dianalisa sebagai berikut :

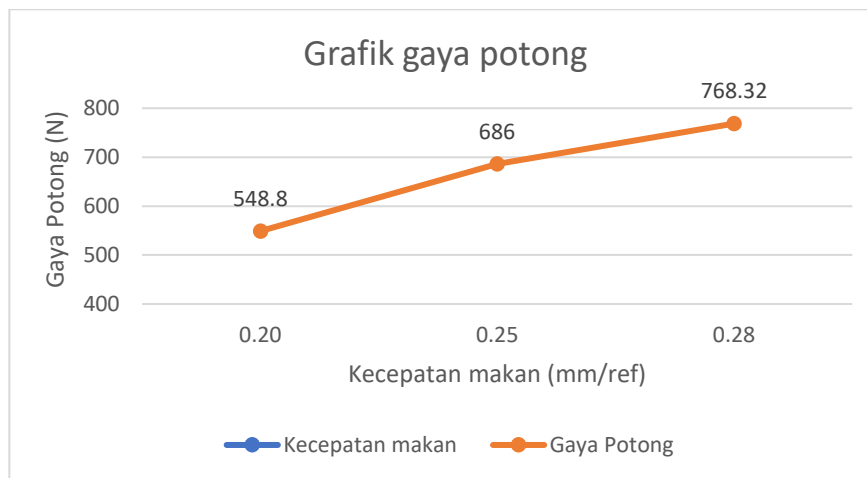
- | | |
|----|---|
| a. | Analisa gaya potong atau <i>Cutting force</i> (Fc) dibagi menjadi 3 variasi kecepatan makan : |
| 1. | Menggunakan kecepatan makan 0,20 mm/rev.
$F_c = K_c \times a_p \times fr_1$
$F_c = 3430 \times 0,8 \times 0,2$
$F_c = 548,8 \text{ N}$ |
| 2. | Menggunakan kecepatan makan 0,25 mm/rev.
$F_c = K_c \times a_p \times fr_2$
$F_c = 3430 \times 0,8 \times 0,25$
$F_c = 686 \text{ N}$ |
| 3. | Menggunakan kecepatan makan 0,28 mm/rev.
$F_c = K_c \times a_p \times fr_3$ |

$$F_c = 3430 \times 0,8 \times 0,28$$

$$F_c = 768,32 \text{ N}$$

Specify Cutting Force (Kc)	Depth of Cut (ap)	Kecepatan makan (fr)	Gaya potong (Fc)
3430 N/mm ²	0,8 mm	0,20 mm/rev	548,8 N
		0,25 mm/rev	686 N
		0,28 mm/rev	768,32 N

Tabel 4.1 Hasil dari perhitungan gaya potong



Grafik 4.1 Gaya potong terhadap kecepatan makan

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa, apabila kecepatan makan semakin cepat, maka gaya potong pun akan semakin besar dan apabila kecepatan semakin melambat maka gaya potong pun semakin kecil.

- b. Analisa tegangan lentur atau *Bending Stress* (S) dibagi menjadi 3 variasi kecepatan makan :

1. Menggunakan kecepatan makan 0,20 mm/rev.

$$S = \frac{6 \times F_c \times L}{b \times h^2}$$

$$S = \frac{6 \times 548,8 \times 60}{25 \times 25^2}$$

$$S = \frac{197.568}{15.625} = 12,6 \text{ MPa}$$

2. Menggunakan kecepatan makan 0,25 mm/rev.

$$S = \frac{6 \times F_c \times L}{b \times h^2}$$

$$S = \frac{6 \times 686 \times 60}{25 \times 25^2}$$

$$S = \frac{246.960}{15.625} = 15,8 \text{ MPa}$$

3. Menggunakan kecepatan makan 0,28 mm/rev.

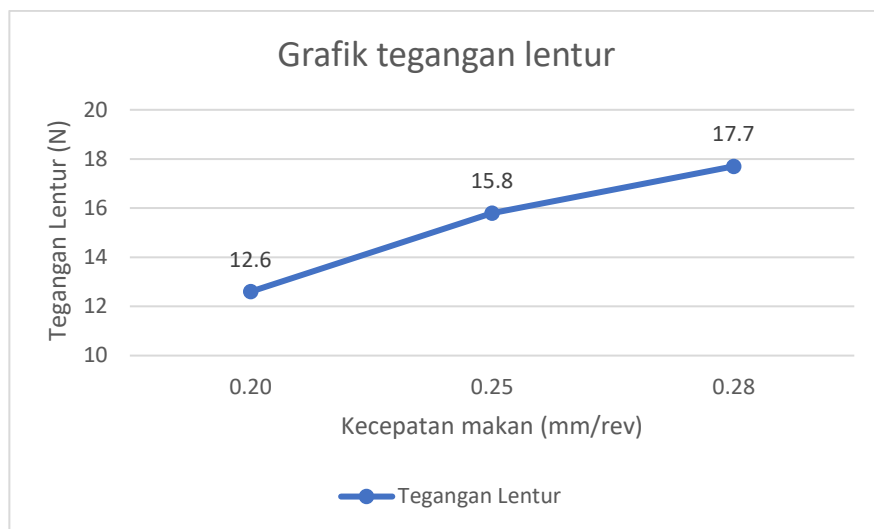
$$S = \frac{6 \times F_c \times L}{b \times h^2}$$

$$S = \frac{6 \times 768,32 \times 60}{25 \times 25^2}$$

$$S = \frac{276.595,2}{15.625} = 17,7 \text{ MPa}$$

Kecepatan makan (fr)	Gaya potong (Fc)	Tegangan lentur (S)
0,20 mm/rev	548,8 N	12,6 Mpa
0,25 mm/rev	686 N	15,8 Mpa
0,28 mm/rev	768,32 N	17,7 Mpa

Tabel 4.2 Hasil perhitungan tegangan lentur



Grafik 4.2 Tegangan lentur terhadap kecepatan makan

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa apabila kecepatan makan di naikkan maka tegangan lentur pun akan semakin naik dan sebaliknya apabila kecepatan makan diturunkan maka tegangan lentur yang diterima pun akan berkurang.

c. Analisa defleksi alat atau *Tool Deflection* (δ) dibagi menjadi 3 variasi kecepatan makan :

1. Menggunakan kecepatan makan 0,20 mm/rev.

$$\delta = \frac{4 \times Fc \times L^3}{E \times b \times h^3}$$

$$\delta = \frac{4 \times 548,8 \times 60^3}{210.000 \times 25 \times 25^3}$$

$$\delta = \frac{474.163.200}{82.031.250.000} = 0,0058 \text{ mm atau } 5,8 \mu\text{m}$$

2. Menggunakan kecepatan makan 0,25 mm/rev.

$$\delta = \frac{4 \times Fc \times L^3}{E \times b \times h^3}$$

$$\delta = \frac{4 \times 686 \times 60^3}{210.000 \times 25 \times 25^3}$$

$$\delta = \frac{592.704.000}{82.031.250.000} = 0,0072 \text{ mm atau } 7,2 \mu\text{m}$$

3. Menggunakan kecepatan makan 0,28 mm/rev.

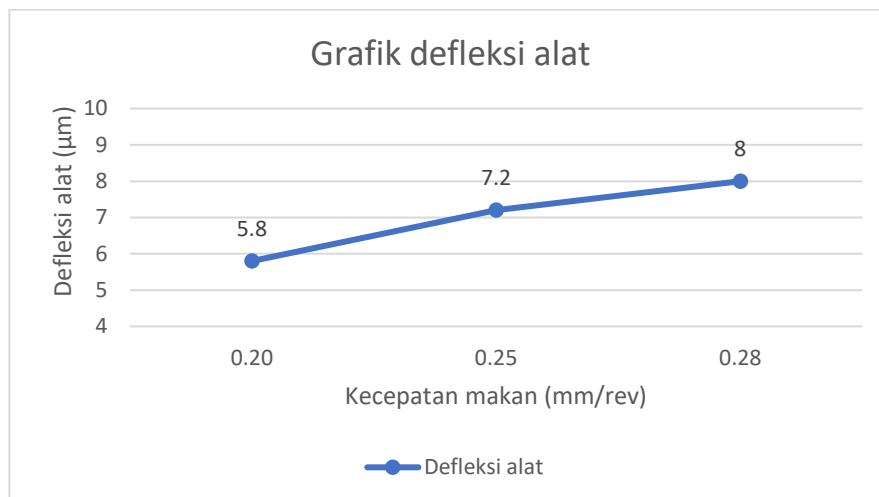
$$\delta = \frac{4 \times F_c \times L^3}{E \times b \times h^3}$$

$$\delta = \frac{4 \times 768,32 \times 60^3}{210.000 \times 25 \times 25^3}$$

$$\delta = \frac{663.828.480}{82.031.250.000} = 0,008 \text{ mm atau } 8,0 \mu\text{m}$$

Kecepatan makan (fr)	Gaya potong (Fc)	Defleksi alat (δ)
0,20 mm/rev	548,8 N	5,8 μm
0,25 mm/rev	686 N	7,2 μm
0,28 mm/rev	768,32 N	8,0 μm

Tabel 4.3 hasil perhitungan defleksi alat



Grafik 4.3 Defleksi alat terhadap kecepatan makan.

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa apabila kecepatan semakin cepat maka defleksi alat yang terjadi semakin besar dan apabila kecepatan makan semakin lambat maka defleksi alat akan semakin kecil.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan analisis pengaruh kecepatan makan (*feeding speed*), dan gaya potong (*cutting force*) terhadap *Bending stress* dan defleksi pahat atau insert type TNMG160408 pada mesin CNC Lathe TCC-2100 L2 dengan menggunakan material tempa S48C di PT. XYZ, adalah kesimpulan yang dapat diambil Apabila kecepatan makan semakin cepat dan gaya potong yang diterima semakin besar, maka bending stress dan defleksi yang diterima oleh pahat semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

Groover, M. P. (2010) *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems fourth edition.*

Black J T., Kohser Ronald A. (2012) *Degarmo's material and processes in manufacturing eleventh edition.*

Altan Taylan, dkk (2005) *Cold and Hot Forging fundamental and aplication.*

Manurung Joshua B.P., dkk (2022) *Pengaruh kecepatan, kedalaman pemotongan dan laju pemakanan terhadap getaran arah radial pada proses permesinan material S45C dengan mesin bubut cnc.* Jurnal inkofar vol.6 no.1

Cutting tools, japan : Tungaloy Cooperation, 2019

Ku, Minato. 2005. *Carbon Steels for Machine Structural use.* Tokyo : Japanese Industrial Standard (JIS).

Junaidi (2019) *Analisa perhitungan gaya potong pada proses pembubutan terhadap material dengan pahat carbide menggunakan karakteristik.* ISBN : 978-623-7297-02-4.

Muhyin, Rochmat taufiq (2019) *Pengaruh kecepatan putaran (n) dan feeding (f) insert cutter terhadap tingkat kekasaran permukaan baja S45C (JIS G4051) hasil permesinan cnc bubut.* Publikasi online mahasiswa teknik mesin UNTAG Surabaya vol.2 no.1