

# ANALISIS TEGANGAN PAHAT BUBUT PADA PROSES PERAUTAN POROS MODEL PROPELLER

## *On The Stress Analysis of A Chisel in a Propeller Model Shaft Lathing*

Suyadi, Wibowo H. Nugroho

UPT-Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika, BPPT  
suyadi1suyadi@gmail.com

Diterima: 1 Nopember 2013; Direvisi: 27 Nopember 2013; Disetujui: 16 Desember 2013

### Abstrak

Proses pembubutan dalam pembuatan poros model baling – baling kapal merupakan pekerjaan yang rutin dilakukan di UPT – BPPH. Pekerjaan utama dalam proses ini memerlukan penggunaan pahat mata potong standar ( High Speed Steel ), oleh sebab itu kajian teknis tentang besarnya gaya pemotongan sangat diperlukan dalam memprediksi umur pakai mata pahat tersebut. Untuk mendapatkan umur pakai dari mata pahat tersebut dilakukan analisa pada proses pemotongan dengan menggunakan pahat mata potong standar (HSS/AISI 1020) dimana variabel yang dipilih dalam proses pemesinan ini berupa putaran mesin yang merupakan parameter sangat berpengaruh terhadap perubahan gaya,torsi dan tegangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa untuk proses perautan pada putaran mesin 300 rpm dan 400 rpm mata pahat beroperasi pada kondisi normal sedangkan pada putaran mesin 500 rpm mata pahat beroperasi pada kondisi ekstrim dimana tegangan yang dihasilkan sebesar 31,5 Ksi dan umur pakai pahat 139 hari operasional pahat bubut atau 6,3 bulan kalender,.

**Kata kunci :** Gaya, torsi, tegangan , poros model propeller, mata pahat

### Abstract

*A process of machining in the manufacture of shaft for a ship-model propeller is routine at UPT - BPPH. This cutting process requires the use of standard tool bit HSS (High Speed Steel), and therefore a technical assessment of the magnitude of the cutting force is needed in predicting the service life of the tool bit. The analysis of the cutting process is conducted by using tool bit standard (HSS / AISI 1020 ) in which the variables selected based on the machine speed. These variables are very influential parameter in related to the force , torques and working stresses . The results of this study indicate that for the cutting at the speed of 300 rpm and 400 rpm tool bit operating at normal conditions while at the speed of 500 rpm the tool bit operating at extreme conditions. At this condition the working stresses on the tool bit shows at 31.5 Ksi and the lifespan are lasting for 139 working days or 6.3 months of calendar.,*

..

**Key words :** Force, toque, stress, propeller model shaft, tool bit

## PENDAHULUAN

Setiap fasilitas work shop di Unit Pelaksana Teknis Balai pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika Surabaya (UPT-BPPH) dilengkapi mesin bubut yang berfungsi untuk menyayat permukaan logam dengan bentuk-bentuk silinder lurus, silinder bertingkat, silinder tirus dan pembentukan ulir luar maupun ulir dalam dan Pembuatan poros model

baling – baling yang merupakan fungsi utama dari pelaksanaan model uji ‘ *self propulsion test* ’ dan ‘ *free running seakeeping test* ’.

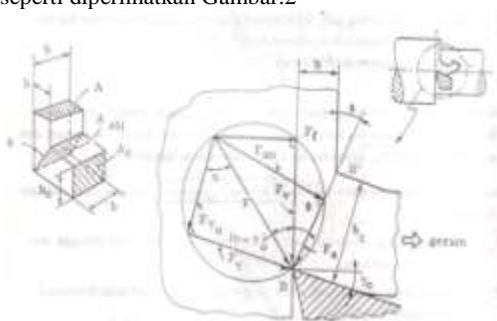
Untuk menyayat logam tersebut diperlukan pahat bubut, dimana pahat bubut yang mempunyai dimensi geometrik /bentuk sudut-sudut tertentu yang dapat menghasilkan permukaan yang halus pada permukaan benda kerja (model poros propeller). Poros propeller berfungsi untuk memindahkan atau

meneruskan tenaga dari transmisi ke propeller sehingga propeller bisa berputar. poros propeller dibuat dari pipa baja atau stainless stell yang memiliki ketahanan terhadap gaya puntiran atau bengkok. Pada umumnya poros propeller terdiri dari satu pipa yang mempunyai dua penghubung yang terpasang pada kedua ujung berbentuk universal joint. Dimana universal joint berfungsi untuk meredam perubahan sudut dan untuk melembutkan perpindahan tenaga.Oleh sebab itu poros propeller harus dibuat halus dan ketelitian tinggi sesuai dengan Standart Nasional (SN) dan ISO (Internasiona Standard Organisation) untuk mengurangi geskan dengan stern tube yang berfungsi sebagai bantalan luncur.



Gambar 1 Perautan poros propeller

Pada gambar.1 proses perautan poros propeller dengan menggunakan pahat bubut ,dimana pada timbul Gaya-gaya yang bekerja pada proses pemotongan seperti diperlihatkan Gambar.2



Gambar.2: Lingkaran Gaya Pemotongan atau Lingkaran Merchant, (Taufiq R, 1993)

yaitu gaya pemotongan (cutting force) $F_c$ , dimana gaya ini diperlukan untuk proses pemotongan. Gaya dorong kebawah (trust force),  $F_t$ , bekerja pada garis normal terhadap kecepatan potong yaitu tegak lurus terhadap benda kerja. Kedua gaya tersebut membentuk resultan gaya pada ujung pahat bubut, maka perlu dianalisa untuk mengetahui besarnya tegangan yang terjadi untuk mengetahui batas operasional pahat bubut ,agar bekerja dengan aman sehingga kerusakan pada ujung pahat bubut dan pahat bubut menjadi patah dapat dihindarkan.

## DASAR TEORI

Poros propeller merupakan salah satu bagian terpenting dari instalasi penggerak kapal. Putaran mesin ditransmisikan ke propeller melalui poros, maka poros sangat mempengaruhi kerja mesin bila terjadi kerusakan. Untuk mengurangi terjadinya kerugian gesekan antara model poros propeller dan bantalan luncur (stern tube) maka permukaan poros propeller harus dibuat halus,Sesuai dengan Standart Nasional (SN) 258440 dan standart ISO/R 286 ( Internasional Standard Organisation). Pada standart Nasional untuk mengetahui hasil perautan model poros propeller dengan menggunakan mesin bubut mempunyai bentuk halus,menengah dan kasar,seperti dipresentasikan Tabel 1. Pada pengamatan dilapangan pembuatan model poros propeller panjang antara 60cm – 70cm maka untuk mendapatkan permukaan yang halus toleransi pengukuran  $\pm 0,3\text{mm}$ . ( Tabel 1 )

Tabel .1 Toleransi Umum Standart Nasional (SN) 258440 Untuk Ukuran Panjang Poros, (Anton CN, 2012)

Tingkat Ketelitian	Ukuran nominal (cm)		
	12 - 40	40 - 100	100 - 200
	Penyimpangan (mm)		
Halus	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
Menengah	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$
Kasar	$\pm 1,2$	$\pm 2$	$\pm 3$

Pada standar internasional yaitu ISO (Internasional Standard Organisatioan) adalah suatu badan yang menentukan masalahstandarisasi,yang menentukan dan mengembangkan suatu standar toleransi. Dalam suaian basis poros selalu dinyatakan dengan “h” ,ukuran batas poros selalu sama dengan ukuran nominal.

Tabel .2 Toleransi standar internasional ISO R /286 Untuk ukuran diameter poros (Anton CN ,2012)

Simbol	Ukuran Nominal (mm)		
	18 - 30	30 - 50	50 - 65
<b>h6</b>	- 0,013	-0,016	-0,019
<b>h7</b>	-0,021	-0,025	-0,030
<b>h8</b>	-0,033	-0,039	-0,046
<b>h9</b>	-0,052	-0,062	-0,074

Tanda minus yang ditunjukkan pada Tabel 2. Itu berarti ukuran diameter poros selalu dibawah ukuran diameter nominal .

proses pemotongan dengan menggunakan pahat mata potong standar AISI, HSS /1020 (The American Iron & steel Institue). Variabel yang dipilih dalam proses perautan ini adalah putaran mesin, gerak makan dan kedalaman potong karena variabelvariabel tersebut

sangat berpengaruh terhadap perubahan gaya potong ( $F_v$ )

Gaya yang bekerja pada proses pemotongan dapat dilihat pada gambar.2 Gaya pemotongan (cutting force),  $F_v$

Meskipun gaya-gaya yang terjadi pada proses pemotongan adalah hanya beberapa ratus Newton namun gaya tersebut dapat menyebabkan tegangan local yang sangat besar pada pahat potong karena kontak areanya sangat kecil, dimana panjang kontakannya rata-rata sekitar 1 mm (0,04 in). Hal inilah yang menyebabkan tegangan yang besar dan mengakibatkan kerusakan pada pisau potong.

Suatu analisis mekanisme pembentukan geram yang dikemukakan oleh Merchant mendasarkan teorinya atas model pemotongan sistem tegak (*orthogonal system*). Tergantung dengan cara penguraiannya gaya dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

Gaya total ( $F$ ), ditinjau dari proses deformasi material, dapat diuraikan menjadi dua komponen, yaitu :

$F_s$ : Gaya geser yang mendeformasikan material pada bidang geser sehingga melampaui batas elastic

$F_{sn}$ : Gaya normal pada bidang geser yang menyebabkan pahat tetap menempel pada benda kerja(N).

$F_v$ : Gaya potong, searah dengan kecepatan potong

$F_f$ : Gaya makan, searah dengan kecepatan makan

Gaya total ( $F$ ) yang beraksi pada bidang geram ( $A_{\gamma}$ , *face*, bidang pada pahat dimana geram mengalir) diuraikan menjadi dua komponen untuk menentukan koefisien gesek geram terhadap pahat, yaitu :

$F_{\gamma}$  : Gaya gesek pada bidang geram

$F_{\eta}$  : Gaya normal pada bidang geram

Karena berasal dari satu gaya yang sama mereka dapat dilukiskan pada suatu lingkaran dengan diameter yang sama dengan gaya total ( $F$ ), seperti Gambar.3. Lingkaran tersebut digambarkan persis di ujung pahat sedemikian rupa sehingga semua komponen menempati lokasi seperti yang dimaksud. Gambar ini merupakan sistem gaya pada pemotongan *orthogonal*

Dari gambar.2 dapat dicari besarnya sudut geser ( $\phi$ ) dan sudut gesek ( $\eta$ ), dapat dihitung, sedangkan besarnya sudut side rake angel pahat bubut ( $\gamma_o$ ) dapat ditentukan pada Gambar .3 Geometri pahat bubut. ini bertujuan untuk mencari besarnya resultan gaya /resultan tegangan yang terjadi pada pahat bubut.

$$F = F_v / \text{Cos} (\eta - \gamma_o) \quad (1)$$

$$F_s = F_v \cdot \text{Cos} \phi \quad (2)$$

$$F_{sn} = F_v \cdot \text{Sin} (\eta - \gamma_o) \quad (3)$$

$$\text{Tan } \phi = \text{Cos } \gamma_o / \text{rc} - \text{sin} \gamma_o \quad (4)$$

dimana :

$\phi$  = Sudut geser.( $^{\circ}$ )

$\gamma_o$  = Sudut side rake angel pahat bubut.( $^{\circ}$ )

rc= Rasio pemampatan geram

$F_s$ =Gaya geser(N)

$F_{sn}$ =Gaya normal(N)

$F_v$ = Gaya potong(N)

$F_f$  = Gaya makan(N)

$F$  = Resultan gaya(N)

$$\text{rc} = h / \text{hc} \quad (5)$$

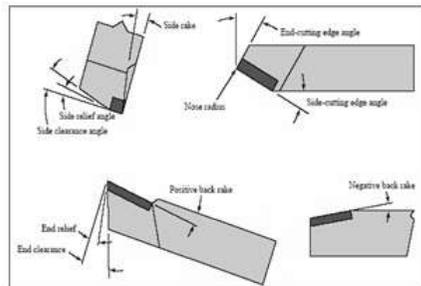
$$\eta = 90^{\circ} + \gamma_o - 2 \phi \quad (6)$$

dimana :

$\eta$ = Sudut gesek.( $^{\circ}$ )

$h$  = Tebal pemotongan(mm)

$\text{hc}$  = Tebal geram pemotongan(mm)



Side rake angel ( $\gamma_o$ )=14 $^{\circ}$  Back rake angel ( $\gamma$ ) = 8 $^{\circ}$

Gambar.3 Geometri pahat bubut (Pariyanto, 2000)

Sewaktu pemotongan mulai berlangsung, gaya potong  $F_v$  akan membesar. Daerah di muka potong akan menderita tegangan geser dengan orientasi dan harga yang bervariasi. Salah satu bidang akan menderita tegangan geser yang terbesar dan dengan naiknya gaya potong maka tegangan geser pada bidang tersebut (bidang geser) akan melampaui batas (yield) sehingga terjadi deformasi plastik yang menyebabkan terbentuknya.geram.

Bila hal ini telah terjadi maka gaya potong telah mencapai harga maksimum.

Kecepatan pemotongan (*cutting speed*) adalah kecepatan pemotongan pada permukaan kontak antara benda kerja dengan pahat bubut.

$$V = \pi \cdot D_o \cdot n \quad (7)$$

$$t = L / f \cdot n \quad (7)$$

$$D_{\text{avg}} = (D_o + D_f) / 2 \quad (8)$$

dimana :

- t = waktu pemotongan benda kerja(det)
- L = panjang benda kerja(mm)
- f = kedalaman pemakanan (mm/put)
- D<sub>f</sub> = diameter pemotongan (mm)
- D<sub>avg</sub> = diameter rata-ra(mm)
- D<sub>o</sub> = diameter luar benda kerja (mm)
- n = putaran benda kerja (rpm)
- V = kecepatan potong (m/s)

Tabel3.Kecepatanpemotongan(B.H.Amstead1977)

WORKPIECE MATERIAL	CUTTING SPEED (m/s)	
	FGS	WCC
Aluminium alloys	3-4	5-7
Magnesium alloys	4	10
Copper alloys	0.5-2	1-5
Steels	0.8-1	1-3
Stainless steels	0.15-0.6	1-2
High temperature alloys	0.05-0.1	0.15-0.3
Titanium alloys	0.15-1	0.5-2
Cast irons	0.15-0.6	0.5-2
Thermoplastics	1.5-2	2-3
Thermosets	1-3	1-4

Notes: (a) Depth of cut is usually 0.1 mm for rough turning and 0.2 mm for finish turning.  
 (b) Feeds for rough turning range from 0.2 mm/rev for materials with high hardness, to 2 mm/rev for lower hardness. Finishing feeds range from 0.05 mm/rev.  
 (c) Cutting speeds are for standard tools. Speeds for coated tools are from 25-75 percent higher.  
 (d) Cutting speeds for diamond tools can be 2-2.5 times higher than for carbon tooling.  
 (e) Cutting speeds for advanced tools is usually 4-10 m/s, depth of cut 0.02-0.3 mm, and feed 0.02-0.05 mm/rev.  
 (f) As hardness increases, cutting speed, feed, and depth of cut should be decreased.  
 (g) Speeds for fine-machining (turns) are higher than those indicated.  
 (h) Speeds for other cutting processes are generally lower by an exact 60-75 percent.

Daya potong adalah daya yang diperlukan oleh mesin untuk melakukan proses pemotongan. Gaya Pemotongan(F<sub>v</sub>) adalah gaya tangensial pada titik potong benda kerja yang disebabkan oleh gerakan pahat potong. Oleh karena daya merupakan perkalian antara torsi dan besarnya putaran (dalam radian) per unit waktu.

$$Torsi (T) = P / n.2\pi \quad (9)$$

$$F_v = T / l_p \quad (10)$$

dimana :

- l<sub>p</sub>= jarak antara ujung pahat yang menempel pada benda kerja dan bagian pahat yang dijepit pada penjepit pahat.
- F<sub>v</sub>=gaya pemotongan(N).
- T =torsi(Nm).
- P = daya potong(watt)



Gambar.4 Ukuran panjang l<sub>p</sub> pada pahat bubut

Seperti diperlihatkan pada Gambar 4. mata pahat mengalami momen lentur (*bending moment*) sebesar torsi (momen puntir) yang dihasilkan oleh benda kerja. Stress adalah momen dibagi modulus penampang pahat

$$Stress: \sigma = M/W \quad (11)$$

$$W = 1/6.bt^2 = 1/6.b^3 \quad (12)$$

dimana

- W = modulus penampang mata pahat (mm<sup>3</sup>)
- b = tebal mata pahat (mm)
- t = tinggi mata pahat(mm)
- b = t (penampang pahat bujur sangkar)
- σ = tegangan (N/m<sup>2</sup>)
- M=momen(Nm)

Tabel.4 Properties tegangan untuk material baja AISI 1020 (David Roylance2008)

Mechanical properties	Metric	Imperial
Tensile Strength,Ultimate	394,72 MPa	57249 psi
Tensile Strength,Yield	294,74 Mpa	42748 psi

## METODOLOGI

Metodologi ini terdiri dari Studi pustaka dan pengamatan lapangan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil model poros propeller dengan permukaan halus dan umur pakai pahat pada proses perautan dengan menggunakan mesin bubut adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan pembentukan geometri pahat bubut untuk mendapatkan ketajaman sisi-sisi potong pahat berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan (1) hingga (6)
2. Dilakukan pengukuran diameter poros propeller dengan menggunakan standar ISO /R 286.

Tabel.5 Hasil pengukuran diameter poros.

Diameter poros	Hasil rata-rata pengukuran	Toleransi
12 mm	11,95 mm	0,05 mm
16 mm	15,96 mm	0,04 mm
18 mm	18,93 mm	0,07 mm
20 mm	19,96 mm	0,04 mm

Rata-rata toleransi hasil pengukuran 0,05, maka dari standard internasional ISO R/286, hasil perautan poros propeller untuk ukuran diameter 18-30 mm

mendapatkan hasil  $h_9$  (Tabel.2), berarti tingkat kehalusannya paling rendah.

3. Pemilihan bahan poros propeller (stainless steels) dan pahat bubut high speed steels (HSS/1020). yang ada dipasaran

4. Dilakukan pengamatan lapangan seperti yang ditampilkan pada Gambar.5 dan perhitungan matematis untuk analisa tegangan dengan variable putaran mesin bubut menggunakan persamaan (7) hingga (12).



Gambar.5 Pengamatan proses perawatan

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Poros propeller pada model pengujian kapal di Laboratorium UPT-BPPH yang dikerjakan pada bengkel mekanik, material poros terbuat dari stainless steels dan bahan pahat bubut terbuat dari high speed steels (HSS/1020).

Dimana pada proses perawatan menggunakan mesin bubut, dengan pahat rata kanan yang dibentuk sisi sisi sudut geometrinya,

pembuatan model poros propeller dari bahan stainless steels, pahat bubut HSS (16 x 16 x 100 mm), panjang poros 700 mm, diameter 12 mm, dibubut menjadi 11,2 mm, Putaran mesin bubut (500 rpm, 400 rpm dan 300 rpm) pahat bubut bergerak aksial dengan kecepatan 200 mm/menit, daya mesin bubut 4103 watt dan jarak antara ujung pahat yang menempel pada benda kerja dan bagian pahat yang dijepit pada penjepit pahat ( $L_p$ ) 5 cm.

Perhitungan dibuat berdasarkan Tabel 1-5 dan mengimplementasikan Persamaan 1-12 maka hasilnya hasil yang diperoleh diperlihatkan pada Tabel .6 dan Tabel.7

Untuk memudahkan pembahasan, maka dibuatkan Tabel 6. yang menunjukkan Perbandingan sudut geometri pahat bubut hasil perhitungan dan pengamatan lapangan. Sedangkan Tabel.7 memperlihatkan perbandingan kecepatan potong, gaya torsi dan tegangan hasil perhitungan dan pengamatan dilapangan dengan variabel putaran mesin. Timbulnya gaya pemotongan ( $F_c$ ) pada Gambar 2.. perlu mendapat perhatian karena gaya tersebut yang

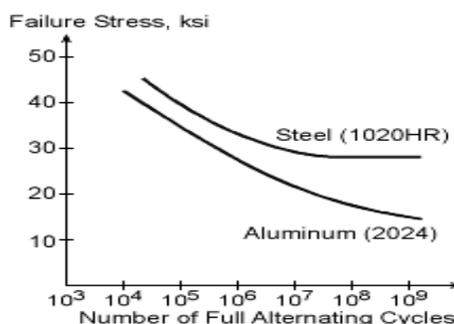
dapat menyebabkan timbulnya tegangan dan torsi pada ujung pahat yang dapat merusak geometri pahat bubut dan yang lebih ekstrim yaitu pahat bubut patah.

Tabel.6 Perhitungan geometri pahat

Hasil perhitungan	Pariyanto,2000	
Sudut sisi potong	14°	14°
Sudut geser	28,8°	-
Sudut gesek	46,4°	-

Tabel.7 Perhitungan gaya,torsi dan tegangan

	Hasill perhitunga n			B.H.Amstead,1977
	300 rpm	400 rpm	500 rpm	Roylance,2008
v	0,19 m/s	0,25 m/s	0,31 m/s	0,15-0,5m/s
FV	1470 N	1960 N	2450 N	-
Fs	1288,2 N	1727,4 N	2159,2 N	-
F	1750 N	2333,3 N	2916,6 N	-
T	87,5 Nm	116,7 Nm	145,8 Nm	-
$\sigma$	127,7Mpa	173,8Mpa	217,3Mpa	294,74 Mpa
	18,6 Ksi	25,2 Ksi	31,5 Ksi	42,75 Ksi



Gambar .6 Grafik S – N, (Alaa A.Ateia , 2009)

Kecepatan potong untuk putaran mesin 300 Rpm, 400 Rpm dan 500 Prm (0,19 m/s,0,25 m/s dan 0,31m/s) pada hasil perhitungan,sesuai denga ketentuan yaitu 0.15-0,5 m/s (B.H.Amstead1977)

Pada Tabel.7 dan grafik S - N, .diperoleh data yaitu untuk putaran mesin 300 rpm didapat tegangan dari resultan gaya 18,6 ksi, untuk putaran 400 rpm tegangan dari resultan gaya 25,2 ksi, jadi proses perawatan pada kedua putaran tersebut berjalan normal karena posisinya masih berada dibawah garis grafik S–N steel 1020. Sedangkan untuk putaran mesin 500 rpm, Posisinya memotong grafik S - N dengan nilai tegangan dari resultan gaya 31,5 ksi (Tabel.7). Penggunaan mesin bubut di UPT – BPPH rata-rata pemakainnya 2 jam /hari dengan putaran mesin 500

rpm maka didapat umur 139 hari, ini berarti pahat bubut beroperasi pada kondisi ekstrim, hal tersebut menyebabkan pahat bubut menjadi patah/rusak..Maka disarankan pada proses perautan tersebut menggunakan putaran mesin dibawah 500 rpm.

### KESIMPULAN

Untuk melakukan pekerjaan perautan logam pada pembubutan poros model propeller, hal yang harus diperhatikan adalah terjadinya gaya resultan dan tegangan pada ujung pahat karena pengaruh putaran dari mesin bubut yang dapat menyebabkan rusaknya pahat bubut dan atau pahat bubut patah.

Untuk pemilihan material poros model propeller berupa baja stainless dan jenis pahat bubut yaitu HSS/1020, maka disarankan untuk memilih putaran mesin dibawah 500 Rpm. Hal ini akan memperpanjang umur pakai dari mata pahat. Untuk kecepatan putaran 500 rpm tersebut, pahat bubut mengalami tegangan kerja sebesar 31,5 ksi, berarti mendekati batas tegangan luluh materialnya yaitu sebesar 42,75 ksi. Untuk kondisi ekstrim ini mata pahat sanggup beroperasi hingga 139 hari kerja atau 6,3 bulan kalendar..

Sekiranya perlu juga dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh tegangan pada mata pahat bubut terhadap putaran mesin bubut yang menyebabkan pahat menjadi patah sebelum umur pakai terlampaui.

### DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H., (1977) Manufacturing Processes, John Wiley & Sons
- Anton CN (2012) Toleransi dan Suaian Teknik Mesin Manufaktur
- Taufiq Rochim(1993) Teori dan Teknologi Proses Permesinan Bandung Jurusan Teknik Mesin FTI – ITB .
- Tim Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta Modul Menggerinda Pahat Potong 1997.
- Dr.Eng.Alaa A.Ateia PhD (2009) Manufacturing Processes II 3<sup>rd</sup> Materials Engineering
- David Roylance (2008) Mechanical Properties of Material
- Pariyanto,M.Pd. (2000)Proses Pembubutan Logam Universitas Negeri Yogyakarta.
- Applications, Vol. 6, No. 1, pp.1-11