

## PENGARUH SUDUT POTONG PAHAT TERHADAP GAYA PEMOTONGAN PADA PROSES BUBUT BEBERAPA MATERIAL DENGAN PAHAT HSS

Ivan Norma Susila<sup>1</sup>, Zainal Arifin<sup>2</sup>, Didik Djoko Susilo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

<sup>2</sup>Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

### **Keywords :**

*Cutting force  
Wedge angle  
Dynamometer  
Chip*

### **Abstract :**

*This research studied the effect of the tool wedge angle on the cutting force at some materials. Test was performed by force-measuring instrument (dynamometer) in the turning machine with HSS tools, the variation of wedge angle was 60°, 65°, 70°, and 75°. The tests used three kinds of materials, namely, AISI 1015 steel, 6061 aluminum, and nylon. Force measurement were performed on tangential and axial direction. Cutting force measurement was gotten with used Advantech data acquisition and adamview software. Analysis was performed to determine the effect of the tool wedge angle on cutting force and chip was produced in three types of material.*

*The result of the research showed that the bigger tool wedge angle make the cutting force become bigger in three types of material. The greatest cutting force for AISI 1015 steel, 6061 aluminum and nylon are 529.9, 250.5 and 163.8 N, which all happened on tangential force wedge angle 75°. It was caused bigger tool wedge angle make contact area tool with workpiece become bigger, than chip shear strength become bigger. Bigger tool wedge angle produced thicker chip and easier to broken, especially for hard material like AISI 1015 steel.*

### **PENDAHULUAN**

Gaya potong (*cutting force*) yang dihasilkan pada proses pembubutan ada tiga macam, yaitu gaya tangensial, gaya aksial, dan gaya radial. Gaya tangensial, yaitu gaya yang dihasilkan pada arah kecepatan potong. Gaya aksial, yaitu gaya yang terjadi pada arah gerak makan. Sedangkan gaya radial, yaitu gaya yang arahnya menuju bidang normal pada kecepatan potong (Kosaraju, 2011).

Besarnya gaya potong dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu, kecepatan pemotongan, gerak pemakanan, kedalaman pemotongan, alat potong atau pahat, material benda kerja, dan cara pendinginan benda kerja (Korkut, 2007). Pengaruh pahat meliputi jenis material pahat, geometri sudut pahat dan posisi pemasangan pahat pada mesin bubut.

Pahat bubut ada beberapa macam berdasarkan material pembuatannya. Jenis pahat bubut yang umum digunakan adalah pahat jenis karbida dan HSS. Pahat jenis HSS umumnya lebih banyak dipakai pada proses pembubutan, hal ini disebabkan karena harga pahat HSS lebih murah daripada pahat karbida. Disamping itu, pahat HSS juga lebih mudah dibentuk sudut-sudut pahalannya dengan mesin gerinda. Sudut potong pahat biasanya disesuaikan dengan jenis material benda kerja dan parameter permesinannya.

Pengetahuan tentang gaya potong pada proses pembubutan merupakan langkah penting untuk meningkatkan kualitas hasil permesinan. Pengaruh

pahat, khususnya geometri sudut pahat terhadap gaya potong menjadi penting. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh sudut potong pahat terhadap gaya pemotongan proses pembubutan beberapa jenis material dengan menggunakan pahat HSS.

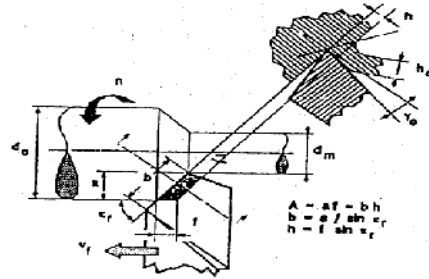
Seghal dkk (2012) menyelidiki tentang pengaruh dari sudut potong samping pahat pada gaya potong saat proses pembubutan paduan grade 5 (Ti-6Al-4V) dengan kecepatan potong dan laju pemakanan yang berbeda-beda. Penelitian dilakukan pada kondisi pemotongan kering. Pada penelitian ini variabel yang divariasikan adalah kecepatan potong, gerak makan dan sudut potong samping pahat. Penelitian dievaluasi dengan pertimbangan kedua parameter yaitu gaya potong dan tingkat suhu pahat. Kesimpulannya adalah, dengan menaikkan kecepatan potong maka gaya potong dan suhu pahat akan naik.

Kosaraju dkk (2011) melakukan percobaan untuk mempelajari efek dari sudut garuk dan laju pemakanan pada gaya potong dalam proses pembubutan orthogonal. Benda kerja yang digunakan adalah silinder berlubang EN8 dengan pahat HSS. Variasi parameter permesinan meliputi, 6 sudut garuk yang berbeda (0,4,8,12,16,20°). Proses dengan 5 variasi laju pemakanan yang berbeda (0,022;0,048;0,088;0,108;0,132mm/rev) untuk setiap sudut garuk. Sementara itu, kecepatan potong (35m/min) dan kedalaman pemakanan (2,5mm) dijaga konstan. Selama percobaan berlangsung, gaya diukur menggunakan 4 komponen piezoelectric

dynamometer. Hasil dari percobaan memperlihatkan Feed Gaya radial ( $F_x$ ) lebih besar dari Gaya tangensial ( $F_y$ ) dan Gaya aksial ( $F_z$ ) adalah yang paling sedikit terpengaruh oleh sudut garuk pahat. Gaya potong diketahui semakin besar saat laju pemakanan dinaikkan dan saat sudut garuk diturunkan.

Baldoukas dkk (2008) mempelajari eksperimen tentang pentingnya kedalaman pemakanan ( $a$ ), sudut garuk pahat ( $\gamma$ ) dan jenis material benda kerja serta bentuk geram selama proses bubut. material benda kerja yang digunakan sebagai spesimen adalah AISI 1020, Al 2014 dan UNS C23000. Percobaan dilakukan 24 kali per jenis material untuk mengetahui gaya potong utama ( $F_c$ ). Percobaan dilakukan dengan  $C_s$  konstan (66,6m/min), gerak makan (0,2mm/rev), 6 variasi kedalaman makan (0,2-2,5mm) dan 4 sudut garuk yang berbeda (0-20°). Variasi tersebut bertujuan untuk menilai seberapa besar pengaruh material terhadap gaya potong utama. Percobaan dilakukan pada kondisi permesinan yang sama untuk ketiga jenis material benda kerja. Selama proses percobaan, geram yang dihasilkan dikumpulkan dan dievaluasi bersamaan dengan gaya potong yang terukur. Proses tersebut dilakukan untuk mengetahui sudut garuk optimal pada setiap material. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa gaya potong utama menunjukkan tren kenaikan dengan kenaikan kedalaman makan antara 0,2-2,5mm, yang berlaku untuk semua jenis material benda kerja. Sebaliknya pengaruh dari sudut pahat terhadap gaya potong utama tergantung jenis material benda kerja. Misalnya untuk spesimen AISI 1020 gaya potongnya mengalami penurunan saat sudut garuk naik dari 0° ke 20°, tetapi untuk spesimen UNS C23000 dan Al 2014, gaya potong utama terlihat relatif tidak berubah dengan kondisi sudut garuk yang sama. Evaluasi dari bentuk geram berdasarkan pada hasil nilai gaya potong utama bisa disimpulkan bahwa sudut garuk optimal untuk spesimen AISI 1020 adalah 12°, untuk spesimen UNS C23000 adalah 0° dan untuk spesimen Al 2014 adalah 20°.

Mesin bubut merupakan mesin perkakas untuk proses pemotongan logam (*metal-cutting process*). Fungsi utama mesin bubut adalah digunakan untuk memproses benda kerja dengan bentuk penampang lingkaran atau benda kerja berbentuk silinder. Operasi dasar dari mesin bubut adalah melibatkan benda kerja yang berputar dan *cutting tool*-nya bergerak linier atau benda kerja berputar pada angka putaran tertentu kemudian alat potong bergerak maju dengan kecepatan tertentu sehingga terjadi pemotongan yang menghasilkan tatal/geram.



Gambar 1. Proses bubut (Rochim, 1993)

Dalam setiap perencanaan proses permesinan pasti akan menentukan ukuran yang obyektif dan pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran obyektif itu 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. Untuk itu perlu dipahami lima elemen dasar proses permesinan yaitu :

1. Kecepatan potong

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1)$$

Di mana,

$V$  : adalah kecepatan potong (mm/min)

$\pi$  : adalah konstanta, seharga 3,14

$d$  : diameter rata - rata,

di mana  $d = (d_0 + d_m) / 2 \approx d_0$

$n$  : kecepatan putar poros utama (rpm)

2. Kecepatan gerak pemakanan

$$v = f \cdot n \quad (m/min) \quad (2)$$

Dimana,

$v$  : kecepatan gerak pemakanan (m/min)

$f$  : gerak makan (mm/rev)

$n$  : putaran poros utama (rpm)

3. Waktu pemotongan

$$t_c = l_t / v_f \quad (min) \quad (3)$$

Dimana,

$t_c$  : waktu pemotongan (min)

$l_t$  : panjang permesinan (mm)

$v_f$  : kecepatan pemakanan (mm/min)

4. Kecepatan penghasilan geram

$$Z = A \cdot V \quad (cm^3/min) \quad (4)$$

Dimana, penampang geram sebelum terpotong

$A = f \cdot a \quad (mm^2)$

$$\text{Maka : } Z = f \cdot a \cdot v \quad (cm^3/min) \quad (5)$$

Dimana,

$Z$  = kecepatan penghasilan geram ( $cm^3 / min$ )

$f$  = gerak makan (mm/rev)

$a$  = kedalaman potong (mm)

$V$  = kecepatan potong (m/min)

Besarnya sudut  $\gamma$  ditentukan oleh geometri pahat dan cara pemasangan pahat pada mesin perkakas (orientasi pemasangannya). Untuk harga  $a$  dan  $f$  yang tetap maka sudut ini menentukan besarnya lebar pemotongan ( $b$ , *width of cut*) dan tebal

geram sebelum terpotong ( $h$ , *underformed chip thickness*) sebagai berikut:

a. Lebar pemotongan :  $b = a / \sin \kappa r$  ( mm)

b. Tebal geram sebelum terpotong :  $h = f \sin \kappa r$  (mm)

Dengan demikian penampang geram sebelum terpotong dapat dituliskan sebagai berikut :

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

Perlu dicatat bahwa tebal geram sebelum terpotong ( $h$ ) belum tentu sama dengan tebal geram ( $h_c$ , *chip thickness*) dan hal ini antara lain dipengaruhi oleh sudut geram, kecepatan potong dan material benda kerja. Dan untuk mendapatkan nilai sudut potong utama digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\tan \kappa r = \frac{\cot \alpha f - \tan \gamma f}{\cot \alpha p - \tan \gamma p} \text{ (}^\circ\text{)} \quad (7)$$

dimana,

$\alpha f$  = sudut bebas samping

$\alpha p$  = sudut bebas punggung

$\gamma f$  = sudut garuk samping

$\gamma p$  = sudut garuk punggung

## METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan.

Rincian peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Mesin Bubut

b. *Dynamometer*

c. *Amplifier*

d. *Analog Digital Converter*

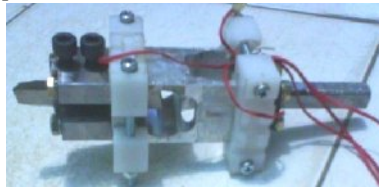
e. Pahat HSS

f. Baja AISI 1015

g. Aluminium 6061

h. Nilon

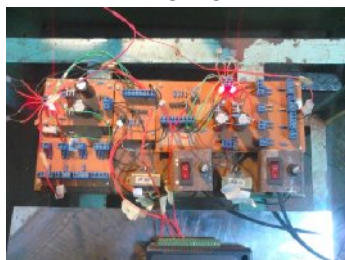
i. Komputer



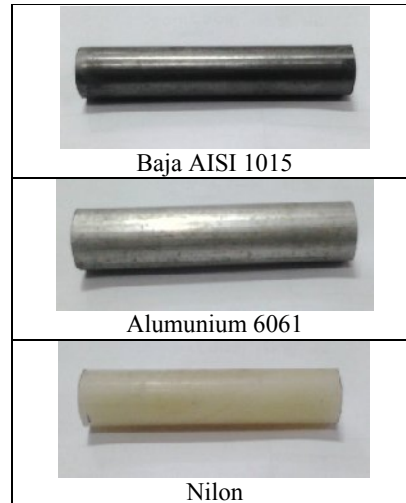
Gambar 1. Dynamometer



Gambar 2. Analog Digital Converter



Gambar 3. Amplifier



Gambar 4. Material benda kerja

## Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

a. Persiapan

1. Menyiapkan alat dan bahan serta komponen-komponen lain yang akan digunakan dalam penelitian seperti material benda kerja (baja AISI 1015, aluminium 6061, dan nilon), pahat HSS, jangka sorong, mesin bubut, dan rangkaian *dynamometer* (komputer, data akuisisi, *amplifier*).

b. Tahap memasang alat uji

Setelah persiapan selesai dilakukan tahap selanjutnya yaitu memasang alat dan bahan uji pada mesin bubut dan *dynamometer*.

1. Mesin bubut

Benda kerja yang telah diberi lubang dengan *center drill*, dipasang pada mesin bubut dengan *life center*

2. *Dynamometer*

Memasang rangkaian *dynamometer* pada mesin bubut dan dihubungkan pada komputer.

c. Tahap pengambilan data

Pengujian dilakukan dengan menghidupkan mesin bubut dan rangkaian *dynamometer* secara bersamaan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Memasang pahat bubut HSS di *dynamometer* dengan sudut potong  $60^\circ$  pada *eretan melintang* kemudian cek kecenteran ujung pahat bubut dengan sumbu benda kerja.

2. Mengatur variabel parameter untuk pembubutan material baja karbon AISI 1015, aluminium, dan nilon dengan pahat HSS dan kemampuan mesin bubut yang digunakan serta pengukuran gaya potong.

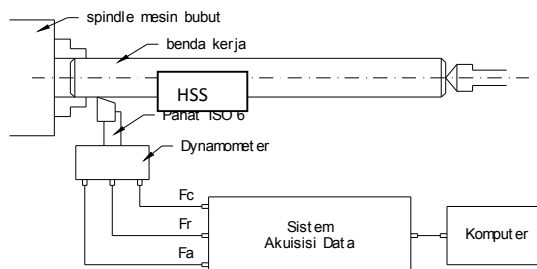
3. Mencekam benda uji pada *chuck center* kemudian dilakukan proses pembubutan dengan kedalaman 0,5 mm dan dalam

- waktu bersamaan maka akan terbaca gaya potong pahaunya ( $f_c$  dan  $f_a$ ).
4. Menyimpan hasil pengukuran gaya potong pada komputer, variasi sudut potong  $60^\circ$ .
  5. Mengumpulkan geram yang dihasilkan selama proses pembubutan.
  6. Mengulangi proses 1-4 sebanyak tiga kali kemudian dirata-rata hasilnya.
  7. Mengulangi proses awal 1-6 dengan sudut potong  $65^\circ$ ,  $70^\circ$  dan  $75^\circ$ .
- d. Tahap pengolahan data

Proses pengolahan data dimulai dengan hasil yang didapat dari gaya potong ( $F_c$ ,  $F_a$ ), kemudian kita hubungkan dengan kecepatan potong, gerak pemakanan, kedalaman potong dan geram yang dihasilkan dengan variasi sudut potong. Melakukan pembahasan dari data yang dihasilkan.

- e. Tahap pengambilan kesimpulan

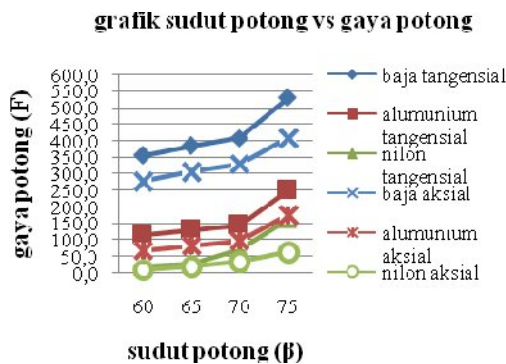
Menyimpulkan hasil dari pembahasan dan saran untuk penelitian selanjutnya.



Gambar 5. Skema proses pengambilan data

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data yang didapat selanjutnya dibuat grafik untuk melihat gaya potong pada tiga material dengan variasi sudut potong. Dari data pengukuran disajikan pada Gambar grafik sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik hubungan gaya potong dengan sudut potong pada tiga jenis material

Gambar 8. adalah grafik hubungan antara gaya dengan sudut potong pada ketiga material dengan variasi sudut potong pahat. Gaya potong terdiri dari gaya tangensial dan aksial. Gaya tangensial diketahui lebih besar daripada gaya aksial, hal itu terjadi pada semua variasi sudut potong.

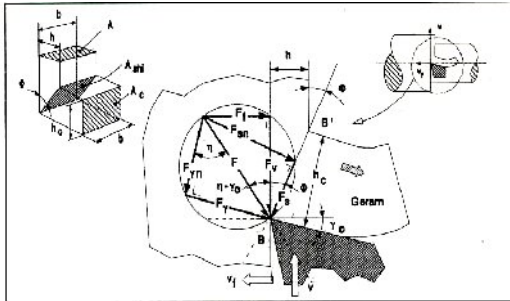
Hasil dari pengolahan nilai gaya potong menunjukkan bahwa, ada perbedaan nilai gaya potong yang dihasilkan tiap variasi sudut potong pahat. Perbedaan ini ditunjukkan oleh besarnya nilai gaya potong yang dihasilkan, baik tangensial maupun aksial pada sudut potong pahat dengan variasi ( $60, 65, 70, 75$ ) $^\circ$ . Hasil dari nilai gaya potong ini menunjukkan indikasi bahwa sudut potong lebih rendah menghasilkan gaya potong yang lebih rendah pula. Tren ini terjadi pada ketiga macam material dimana semakin besar sudut potong pahat ( $\beta$ ) maka gaya yang dihasilkan semakin besar. Seperti yang ditunjukkan pada grafik dari gambar 4.1, dimana untuk masing-masing material berlaku hubungan tersebut. Penyebabnya adalah semakin besar sudut potong pahat ( $\beta$ ) maka semakin besar pula sudut potong utama ( $K_r$ ).

Sudut potong utama ( $K_r$ ) yang besar menjadikan area kontak antara pahat pada benda kerja menjadi lebih besar, sehingga tebal geram ( $h$ ) yang dihasilkan saat proses pembubutan juga semakin besar. Dengan tebal geram yang lebih besar, maka membutuhkan gaya yang lebih besar untuk menggeser geram yang terpotong dari material benda kerja. Perubahan sudut potong dan tebal geram ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. sudut potong utama dan tebal geram

| Sudut potong ( $\beta$ ) $^\circ$ | Tebal geram (h) mm |
|-----------------------------------|--------------------|
| 60                                | 0,11               |
| 65                                | 0,14               |
| 70                                | 0,18               |
| 75                                | 0,21               |

Baja AISI 1015 mempunyai nilai gaya potong yang lebih besar bila dibandingkan dengan aluminium 6061 maupun nilon. Pernyataan ini sesuai dengan tabel 3.2, 3.4, 3.5, dimana baja mempunyai nilai sifat-sifat mekanis yang lebih besar bila dibandingkan dengan aluminium maupun nilon. Sifat mekanis suatu material mempengaruhi nilai gaya spesifik material ( $K_c$ ), seperti yang terlihat pada tabel westermann di lampiran. Semakin keras suatu material maka akan semakin besar pula nilai gaya spesifik material ( $K_c$ ) sehingga gaya ( $F$ ) juga semakin besar, yang berlaku untuk parameter permesinan yang sama. Sesuai dengan rumus  $F=K_c.A$  dimana  $A=f.a$ , maka gaya potong spesifik ( $K_c$ ) ikut menentukan nilai gaya suatu material. Sementara bila ditinjau dari segi gaya tangensial dan aksial, gaya tangensial akan lebih besar daripada gaya aksial. Hal ini berlaku untuk ketiga macam material yang ditunjukkan lingkaran Merchant's pada gambar 4.5. Gaya tangensial ( $F_v$ ) adalah gaya yang dihasilkan pada arah kecepatan potong, sedangkan gaya aksial ( $F_f$ ) adalah gaya yang terjadi pada arah gerak makan. Dengan kecepatan potong jauh lebih tinggi daripada kecepatan makan maka nilai gaya tangensial lebih besar daripada gaya aksial.

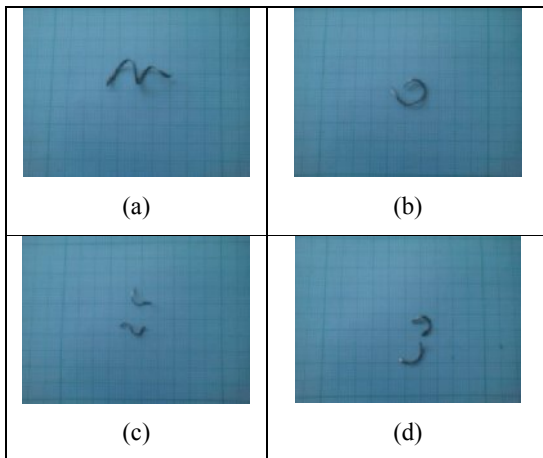


Gambar 7. Lingkaran Merchant's (Rochim, 1993)

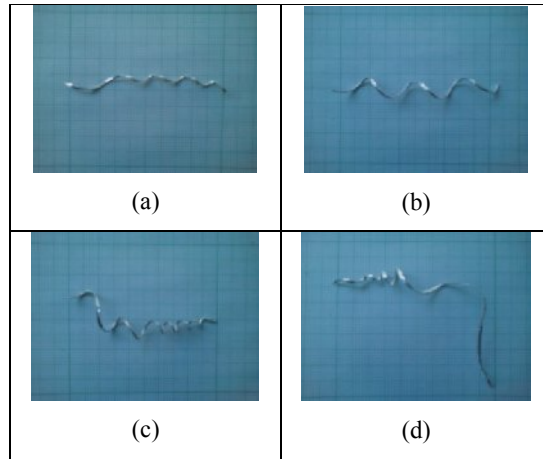
Kemudian apabila melihat grafik pada gambar 8., ada sebuah fenomena menarik yaitu pada garis gaya tangensial nilon. Nilai gaya tangensial nilon naik lebih signifikan bila dibandingkan dengan gaya yang lain. Fenomena ini bisa dijelaskan dengan menggunakan gambar 8. Geram hasil pembubutan nilon panjang dan nyaris tanpa putus, sehingga terkumpul dan ikut berputar bersama benda kerja. Geram yang terkumpul itu menjadikan beban tambahan bagi pahat sehingga gaya tangensial yang terukur jadi lebih besar.



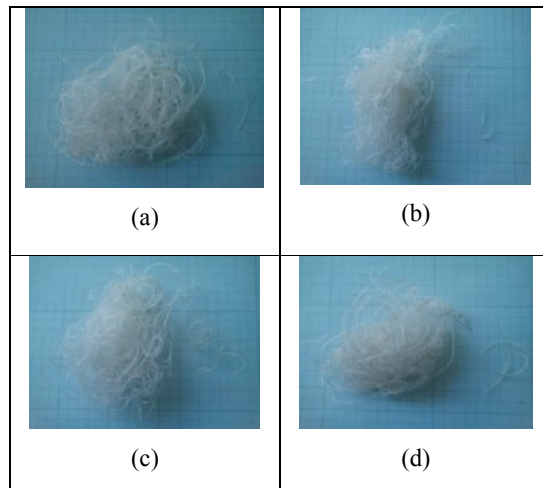
Gambar 8. pembubutan nilon



Gambar 9. Hasil geram (chip) baja AISI 1015



Gambar 10. Hasil geram (chip) aluminium 6061



Gambar 11. Hasil geram (chip) nilon

Keterangan: (a) sudut potong 60°  
 (b) sudut potong 65°  
 (c) sudut potong 70°  
 (d) sudut potong 75°

Hasil geram yang didapat menunjukkan ada sebagian perbedaan bentuk geram yang dihasilkan tiap variasi sudut potong pahat pada masing-masing material. Baja menunjukkan hasil geram yang tidak kontinyu, aluminium kontinyu dengan panjang ujung tertentu, sementara nilon kontinyu dan nyaris tanpa putus. Perbedaan bentuk ini disebabkan karena nilon lebih ulet daripada aluminium, sementara baja memiliki keuletan paling rendah. Berdasarkan gambar 4.2-4.5, terlihat panjang geram baja semakin pendek dengan semakin besarnya sudut potong pahat. Beda panjang geram disebabkan sudut potong pahat yang kecil menjadikan sudut potong utama juga kecil, sehingga area kontak pahat pada benda kerja juga kecil. Area kontak pahat yang kecil menjadikan geram lebih tipis, sehingga geram lebih lentur dan tidak mudah terputus. Tetapi hal ini tidak berlaku bagi nilon karena materialnya sangat ulet

sehingga geram yang dihasilkan sangat panjang dan hampir tanpa putus.

## KESIMPULAN

Dari analisa data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sudut potong pahat yang besar mempengaruhi area kontak pahat pada benda kerja menjadi lebih besar, sehingga tebal geram yang dihasilkan pada proses bubut menjadi lebih besar dan gaya potong yang dihasilkan masing-masing material pada proses pembubutan juga semakin besar.
2. Nilai gaya potong terbesar untuk baja AISI 1015 sebesar 529,9 N, Alumunium 6061 sebesar 250,5 N, dan nilon sebesar 163,8 N, yang semuanya terjadi pada gaya tangensial sudut potong ( $\beta$ )  $75^\circ$ .
3. Sudut potong pahat yang besar menjadikan geram lebih tebal dan lebih mudah terputus, terutama untuk material keras seperti pada baja AISI 1015.
4. Geram yang terkumpul menjadikan beban tambahan bagi pahat sehingga peningkatan gaya tangensial nilon menjadi lebih besar dibandingkan baja AISI 1015 maupun alumunium 6061.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baldoukas, A.K., Soukatzidis, F.A., Demosthenous, G.A., Lontos, A.E., 2008. *Experimental Investigation of The Effect of Cutting Depth, Tool Rake Angle and Workpieces Material Type on the Main Cutting Forces During a Turning Process*. Chalkidiki, Greece.
- Chiles, V. 1996. *Principles of Engineering Manufacture*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Gutakovskis, V., Bunga, G., Pikurs, G., Brutans, V., Ratkus, A., 2012, *An experimental study of the cutting forces in the metal cutting process*, Tallinn, Estonia.
- Korkut, I., and Boy, M., 2008, *Experimental Examination of Main Cutting Force and Surface Roughness Depending on Cutting Parameters*, Journal of Mechanical Engineering 54, hal. 531 – 328.
- Kosaraju, S., Anne, V.G., Ghanta, V.R., 2011. *Effect of Rake Angle and Feed Rate on Cutting Forces in an Orthogonal Turning Process*, ICTMIE, Bangkok.
- Rochim, T., 1993, *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*, HEDS, Jakarta.
- Seghal, R., Sharma, M.K., Sharma, A., 2012, *Effect of Approaching Angle on Main Cutting Forces While Turning Ti-6Al-4V Alloy*, ICMEME, Bangkok.
- Surdia, T., Saito, S., 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Widarto, 2008, *Teknik Permesinan*, BSE, Jakarta