

Simulasi Komputer Untuk Memprediksi Besarnya Daya Pemotongan Pada Proses *Cylindrical Turning* Berdasarkan Parameter *Undeformed Chip Thickness*

Oegik Soegihardjo

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin - Universitas Kristen Petra

Abstrak

Pada proses pemotongan logam dengan mesin perkakas, besarnya daya pemotongan yang diperlukan dipengaruhi oleh beberapa parameter pemotongan. Beberapa parameter pemotongan diantaranya adalah: pemakanan (*feed*), kedalaman pemotongan (*depth of cut*), kecepatan potong (*cutting speed*) dan laju penghasilan geram (*metal removal rate*)

Undeformed chip thickness adalah tebal geram (*chip*) sebelum terpotong, terletak di titik/daerah tertentu pada mata potong pahat. *Undeformed chip thickness* diyakini sebagai faktor yang memiliki pengaruh signifikan pada besar/kecilnya daya pemotongan. Dengan demikian besarnya daya pemotongan bisa diprediksi berdasarkan faktor ini.

Dalam paper ini akan dibahas dan dilakukan simulasi untuk memprediksi besarnya daya pemotongan berdasarkan *undeformed chip thickness*.

Kata kunci: daya pemotongan, tebal geram sebelum terpotong, pemakanan, kedalaman pemakanan, kecepatan potong.

Abstract

In metal cutting using machine tool, the power required to perform machining operation is influenced by cutting parameters. Some of these parameters are feed, depth of cut, cutting speed and metal removal rate.

Undeformed chip thickness is the thickness of the layer of material being removed at the selected point on the tool cutting edge. Undeformed chip thickness is known as a factor that significantly affects the power required to perform the machining operation. Therefore this factor can be used to predict the power required by machine tool to perform machining operation.

This paper deals with simulation to approximate the power required by machine tool to perform machining operation (cylindrical turning).

Keywords: power, undeformed chip thickness, feed, depth of cut, cutting speed.

Daftar Notasi

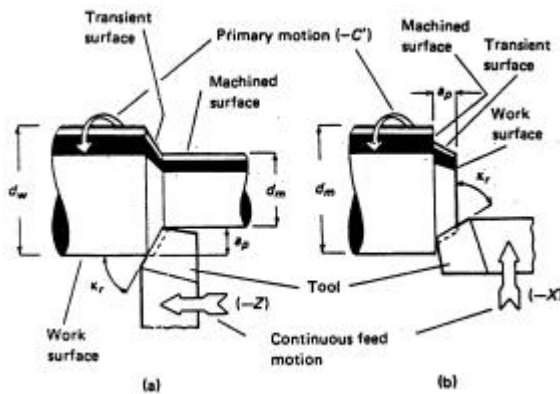
A_c	luas penampang geram, mm ²
a_c	tebal geram sebelum terpotong, mm
a_p	kedalaman pemakanan/pemotongan, mm
d_m	diameter benda kerja setelah proses pemotongan, mm.
d_w	diameter benda kerja sebelum proses pemotongan, mm
f	pemakanan, mm/putaran
n_w	putaran benda kerja, rpm.
P_e	daya yang dibutuhkan mesin perkakas, watt
P_m	daya yang dibutuhkan untuk pemotongan, watt
p_s	gaya potong spesifik, J/mm ³
v_{av}	kecepatan potong rata-rata, mm/det
Z_w	laju penghasilan geram, mm ³ /det

κ_r	sudut potong utama, derajat.
$\eta_{overall}$	efisiensi total dari sistem transmisi daya pada mesin perkakas.

1. Pendahuluan

Proses bubut silindris merupakan proses pemotongan yang sering dilakukan pada proses pemotongan logam dengan mesin bubut (*lathe*). Proses pengerjaan poros, yaitu proses memperkecil diameter bahan poros sesuai dengan dimensi yang dikehendaki, merupakan salah satu contoh dari proses bubut silindris. Pada proses bubut silindris, pada saat pemakanan berlangsung pahat potong bergerak sejajar sumbu benda kerja. Gambar 1.a menjelaskan proses bubut silindris yg dimaksud.

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2002. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 4 Nomor 2 Oktober 2002.

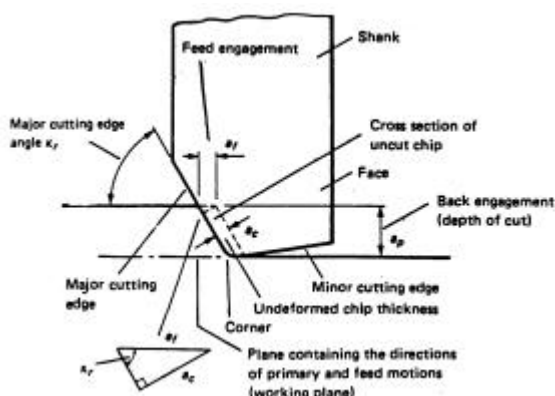


Gambar 1. Proses bubut silindris [1]

Arah -C' merupakan arah gerakan utama (*primary motion*). Pada proses pemotongan dengan mesin bubut, gerakan utama berupa gerakan melingkar yang dihasilkan oleh benda kerja yang dicekam pada *spindle* mesin bubut. Arah -Z merupakan arah gerakan pemakanan pahat terhadap benda kerja (*continuous feed motion*). a_p adalah kedalaman pemotongan (*depth of cut*), k_r adalah sudut potong utama (*major cutting edge angle*), d_w adalah diameter awal benda kerja dan d_m adalah diameter benda kerja setelah terjadi proses pemotongan oleh pahat.

2. Tebal Geram Sebelum Terpotong (*Undeformed Chip Thickness*)

Sampai sejauh ini, tebal geram sebelum terpotong dianggap sebagai parameter yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap besarnya daya pemotongan^[1]. Sebenarnya ketebalan geram sebelum terpotong dipengaruhi oleh beberapa parameter pemotongan lainnya. Gambar 2 akan dipakai sebagai acuan untuk menguraikan lebih lanjut tentang ketebalan geram sebelum terpotong ini.



Gambar 2. Penentuan Ketebalan Geram Sebelum Terpotong [1]

Berdasarkan gambar 2 di atas, yang dimaksud dengan tebal geram sebelum terpotong (*undeformed chip thickness*) adalah a_c .

Berdasarkan gambar tersebut, ketebalan geram sebelum terpotong dipengaruhi oleh pemakanan (*feed*) yg dinyatakan sebagai a_f dan sudut potong utama (*major cutting edge angle*), yang dinyatakan sebagai k_r . Kedua parameter tersebut yang akan menentukan dimensi/ketebalan geram sebelum terpotong.

3. Model Matematis Untuk Memprediksi Daya Pemotongan

Untuk memungkinkan proses simulasi dengan komputer, berbagai hal yang terkait dengan proses pemotongan yang berpengaruh terhadap besarnya daya pemotongan harus ada model matematisnya. Model matematis ini diperlukan untuk membuat *source program* yang diperlukan untuk simulasi dengan komputer. Berbagai parameter yang diperlukan untuk simulasi ini akan diuraikan dalam bagian ini.

Parameter pertama yang akan dibahas adalah ketebalan geram sebelum terpotong (*undeformed chip thickness*). Sebagaimana disebut sebelumnya (lihat gambar 2), ketebalan geram sebelum terpotong dipengaruhi oleh pemakanan (*feed*, a_f) serta sudut potong utama (*major cutting edge angle*, k_r). Dalam kasus pemotongan menggunakan pahat dengan mata potong tunggal (*single point tool*) seperti pada pemotongan dengan mesin bubut, maka besar a_f akan sama dengan f (*feed*). Berdasarkan geometri yang bisa dilihat pada gambar 2, ketebalan geram sebelum terpotong dinyatakan berikut^[1].

$$a_c = f \sin k_r \quad (1)$$

Parameter kedua adalah kecepatan potong (*cutting speed*). Pada pemotongan dengan mesin bubut (bubut silindris), kecepatan potong yang dipakai merupakan harga kecepatan potong rata-rata (*mean cutting speed*) yang dinyatakan dalam rumus berikut^[1].

$$V_{av} = \frac{\pi n_w (d_w + d_m)}{60} \quad (2)$$

Parameter ketiga adalah laju penghasilan geram (*metal removal rate*). Laju penghasilan geram pada prinsipnya dihitung berdasarkan luas penampang geram dikalikan dengan kecepatan potong rata-rata. Luas penampang geram dihitung berdasarkan besarnya pemakanan (*feed*) dikalikan kedalaman pemotongan

(*depth of cut*). Dengan demikian, laju penghasilan geram dirumuskan sebagai berikut^[1],

$$\begin{aligned} Z_w &= A_c v_{av} \\ &= f a_p v_{av} \\ &= \pi f a_p n_w (d_m + a_p) \end{aligned} \quad (3)$$

Untuk proses pemotongan di mana diameter benda kerja jauh lebih besar dibandingkan kedalaman pemotongan, maka kedalaman pemotongan bisa dieliminasi/dihilangkan dari rumus (3) di atas.

Parameter keempat adalah daya yang diperlukan untuk pemotongan. Daya ini dihitung berdasarkan gaya potong spesifik (*specific cutting energy*) dikalikan dengan laju penghasilan geram. Gaya potong spesifik diperoleh berdasarkan percobaan. Taufiq Rochim^[4] melakukan pengujian untuk mendapatkan gaya potong spesifik untuk jenis material dan pahat tertentu. Dalam simulasi ini data tentang gaya potong spesifik diambil dari tabel di referensi^[1] (tabel dicantumkan dalam lampiran). Daya yang diperlukan untuk pemotongan dirumuskan sebagai berikut^[1]

$$P_m = p_s Z_w \quad (4)$$

Parameter berikutnya adalah daya yang dibutuhkan oleh mesin perkakas. Daya ini dihitung berdasarkan daya yang diperlukan untuk pemotongan dibagi dengan efisiensi *overall* dari mekanisme. Yang dimaksud dengan efisiensi *overall* dalam hal ini adalah efisiensi total/keseluruhan dari sistem transmisi daya yang dipakai (motor, sabuk-puli, dan roda gigi) pada mesin perkakas. Boothroyd^[1] menginformasikan bahwa harga efisiensi *overall* untuk mesin bubut berkisar 70%. Harga efisiensi *overall* sebagaimana pada referensi^[1] tersebut akan dipakai dalam simulasi ini. Daya yang dibutuhkan oleh mesin perkakas ini dinyatakan dalam rumus berikut^[1].

$$P_e = P_m / \eta_{overall} \quad (5)$$

4. Rancangan Simulasi

Simulasi yang akan dilakukan didasarkan pada model matematis yang dibahas sebelumnya. Simulasi akan dilakukan dengan menggunakan Fortran 77. Source program untuk simulasi dapat dilihat di lampiran 2. Data yang diperlukan untuk simulasi seperti putaran benda kerja, pemakanan (*feed*) diambil dari salah satu mesin bubut yang ada di laboratorium Teknologi Mekanik jurusan Teknik Mesin UK Petra.. Spesifikasi mesin bubut yang dimaksud adalah sebagai berikut: merk Chien

Yeh, model: CY-800 GF, daya motor 3 kVA, rentang putaran: 30, 50, 80, 120 rpm (*low speed*) dan 200, 300, 520, 750 rpm (*high speed*), rentang pemakanan (*feed*): 0,1 - 1,4 mm/rev.

Data untuk gaya potong spesifik (*specific cutting energy*) diambil dari referensi^[1] (tabel gaya potong spesifik dapat dilihat di lampiran) untuk material baja paduan. Data sudut potong utama (*major cutting edge angle*) yang mempunyai pengaruh terhadap tebal geram sebelum terpotong (*undeformed chip thickness*), diambil berdasarkan sudut potong utama pahat yang banyak di pakai dalam operasi pemesinan. Dalam simulasi ini di ambil tiga data sudut potong utama pahat, yaitu 30°, 60° dan 90°.

Tabulasi data yang dipakai dalam simulasi maupun hasil yang akan didapatkan melalui simulasi ditabelkan pada tabel 1. Tabel 1 adalah tabel untuk sudut potong utama pahat sebesar 30°. Untuk sudut potong utama yang lain (60° dan 90°), data untuk kedalaman pemakanan (a_p), diameter benda kerja (d_w), pemakanan (f) dan putaran benda kerja (n_w) adalah sama dengan data sebagaimana tercantum dalam tabel 1. Tanda (***) dalam tabel 1 adalah hasil yang akan didapatkan setelah simulasi dijalankan. Data putaran benda kerja (50, 80, 120, 200 dan 300 rpm) diambil sesuai dengan kisar putaran yang disediakan pada mesin bubut yang ada di laboratorium Teknologi Mekani UK Petra.

Tabel 1. Data untuk simulasi dan hasil yang akan didapatkan (*)**

k_r	a_p	d_w	f	a_c	n_w	P_m	P_e
30	1,0	50	0,2	***	50	***	***
					80	***	***
					120	***	***
					200	***	***
					300	***	***
			0,4	***	50	***	***
					80	***	***
					120	***	***
					200	***	***
					300	***	***

5. Hasil Simulasi dan Analisis

Hasil simulasi untuk memprediksi besarnya daya pemotongan berdasarkan parameter ketebalan geram sebelum terpotong (*undeformed chip thickness*) dapat dilihat pada lampiran 3 - 5. Lampiran 3 adalah hasil simulasi untuk sudut potong utama 30° dengan pemakanan 0,2 mm/rev dan 0,4mm/rev. Lampiran 4 adalah hasil simulasi untuk sudut potong utama 60° dengan pemakanan 0,2 mm/rev dan 0,4 mm/rev. Lampiran 5 adalah hasil simulasi untuk sudut

potong utama 90° dengan pemakanan 0,2 mm/rev dan 0,4 mm/rev.

5.1 Putaran dan daya pemotongan.

Untuk ketiga sudut potong utama pahat yang disimulasi (30°, 60° maupun 90°) dengan nilai pemakanan yang sama (0,2 mm/rev maupun 0,4 mm/rev), daya pemotongan meningkat seiring dengan meningkatnya putaran. Sebagaimana ditunjukkan dalam rumus (3), peningkatan putaran akan meningkatkan laju penghasiian geram (*metal removal rate*). Karena daya pemotongan berbanding langsung dengan laju penghasiian geram, maka peningkatan laju penghasiian geram akan meningkatkan daya pemotongan. Salah satu hasil simulasi untuk sudut potong utama 30° dan pemakanan 0,2 mm/rev adalah: pada putaran 50 rpm, daya pemotongan 147 W, sedangkan pada putaran 300 rpm, daya pemotongan 882 W.

5.2 Daya Pemotongan dan Sudut Potong Utama Pahat

Untuk kondisi operasi yang sama (putaran, pemakanan, kedalaman pemotongan), semakin kecil harga sudut potong utama pahat, harga daya pemotongan semakin besar. Di bawah ini adalah tabulasi sebagian hasil simulasi berkaitan dengan daya pemotongan dan sudut potong utama pahat untuk kondisi operasi yang sama.

Tabel 2. Hasil Simulasi Daya Pemotongan dan Sudut Potong Pahat.

Sdt potong	Putaran (rpm)	Pemakanan (mm/rev)	Daya pemotongan (watt)
30°	300	0,2 / 0,4	882,00 / 1176,00
60°	300	0,2 / 0,4	661,50 / 940,80
90°	300	0,2 / 0,4	588,00 / 882,00

Hasil simulasi berkaitan dengan daya pemotongan dan sudut potong utama pahat sebagaimana tercantum pada tabel 2 di atas, bisa dijelaskan sebagai berikut: semakin kecil sudut potong utama pahat, maka luas bidang geser akan semakin besar^[4]. Karena bidang geser semakin besar, maka gaya geser yang dibutuhkan untuk menghasilkan geram juga semakin besar. Peningkatan gaya geser akan meningkatkan gaya pemotongan, yang berarti juga akan meningkatkan daya pemotongan. Hasil simulasi sebagaimana tabel 2 tersebut, berlaku untuk semua kondisi operasi yang disimulasi (semakin kecil harga sudut potong utama pahat, semakin besar daya pemotongan yang diperlukan).

5.3 Simulasi dan implementasi

Simulasi dengan komputer sebagaimana dibahas dan dilakukan dalam paper ini akan sangat membantu untuk memprediksi besarnya daya pemotongan. Dari hasil simulasi dengan berbagai kondisi operasi yg diambil sesuai dengan spesifikasi mesin bubut yang ada di laboratorium, daya pemotongan terbesar adalah 1176 watt (daya mesin yang diperlukan 1680 watt), yaitu pada kondisi operasi: sudut potong utama 30°, pemakanan 0,4 mm/rev, putaran 300 rpm dan kedalaman pemakanan 1 mm. Berbagai kondisi operasi yang lain dapat dipilih dan disimulasi untuk memperkirakan apakah daya yang diperlukan masih dapat dipenuhi oleh mesin yang ada. Dengan bantuan program simulasi semacam ini, hasil dapat diperoleh dengan sangat cepat.

Implementasi hasil simulasi ke dalam kondisi riil harus dilakukan dengan hati-hati, karena bagaimanapun juga hasil simulasi adalah hasil perkiraan. Akurasi/ketepatan hasil simulasi dipengaruhi beberapa faktor seperti ketepatan model matematisnya, asumsi-asumsi yg diambil pada saat menentukan/memilih kondisi operasi. Disamping itu ada beberapa kondisi riil yang pengaruhnya tidak bisa dimodelkan dalam simulasi ini, seperti misalnya pengaruh pemakaian cairan pendingin dan keausan pahat.

6. Kesimpulan

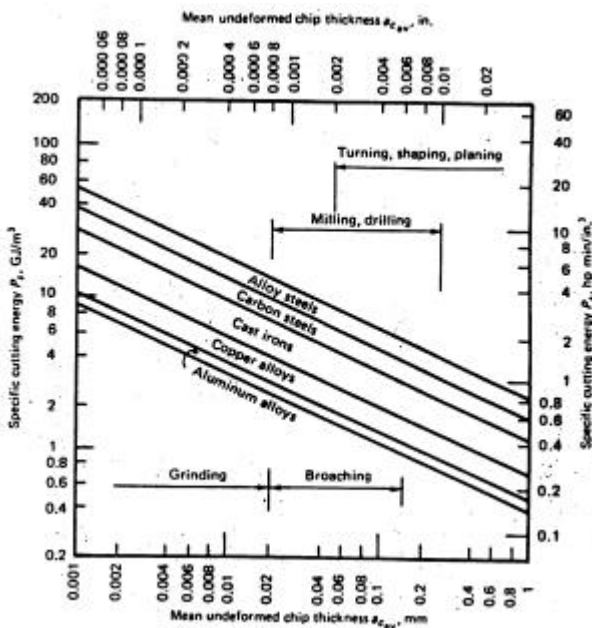
Dalam simulasi ini bisa dilihat bahwa tebal geram sebelum terpotong (*undeformed chip thickness*) dapat dipakai untuk memprediksi besarnya daya pemotongan yang diperlukan untuk berbagai kondisi operasi pemotongan.

Dengan dimungkinkannya melakukan prediksi daya pemotongan melalui simulasi, maka berbagai kondisi operasi riil yang direncanakan akan dipakai pada proses pemotongan, bisa disimulasi dahulu untuk mengetahui apakah kondisi yang direncanakan tersebut masih bisa dilakukan pada mesin yang dimaksud atau tidak. Bila hasil simulasi dengan kondisi operasi yang direncanakan memerlukan daya pemotongan yang lebih besar daripada daya yang dimiliki oleh mesin perkakas, tentu saja kondisi operasi tersebut tidak mungkin dilakukan.

Daftar Pustaka

1. Boothroyd, G., *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools.*, McGraw-Hill International Book Company, 7th printing, 1983.
2. DeGarmo, P., *Materials and Processes in Manufacturing.*, Collier Macmillan International Edition, New York, 1979.
3. Koffman, E.B., and Friedman, F.L., *Fortran: Computer Program Language.*, Addison Wesley Publishing Company Inc., 5th edition, 1993.
4. Rochim, T., *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan.*, Higher Education Development Support Project, Jakarta, 1993.

Lampiran 1. Kurva untuk memperkirakan besarnya harga gaya potong spesifik (specific cutting energy), dikutip dari referensi 1.



Lampiran 2. Source program dalam bahasa Fortran 77 untuk simulasi

```

c simulasi u/ memprediksi daya pemotongan
c cegik soegihardjo
c variable
  real zw(5), pi, nw(5), dw, dn, vav(5), ac
  real pe(5), pm(5), ps, eff, kr, f, ap, tac, deg
  parameter (pi=22/7, eff=.7)
  integer cek
c begin
  open(2, file='simulasi.out', status='new')
100 write (*,*) 'tentukan besarnya pemakanan (feed)'
  read (*,*) f
  write (*,*) 'tentukan kedalaman pemotongan (doc)'
  read (*,*) ap
  write (*,*) 'tentukan diameter benda kerja (mm)'
  read (*,*) dw
  write (*,*) 'tentukan sudut potong utama (derajat)'
  read (*,*) deg
c tebal geram sebelum terpotong
  kr = deg/57.2957795
  tac = f*sin(kr)
  write (*,*) 'tebal geram sebelum terpotong :', tac
  write (*,*) 'tentukan data putaran (5 data)'
  do 10 i = 1,5
    read (*,*) nw(i)
10 continue
  dn = dw - 2*ap
c menghitung kecepatan potong rata-rata (mean cutting speed)
  do 20 i = 1,5
    vav(i) = ((pi*nw(i)*(dw+dn)))/(2*60)
20 continue
  ac = f*ap
c menghitung laju penghasilan geram (metal removal rate)
  do 30 i = 1,5
    zw(i) = ac*vav(i)
30 continue
c menghitung prediksi kebutuhan daya
  write (*,*) 'tentukan gaya potong spesifik'
  read (*,*) ps
  do 40 i = 1,5
    pm(i) = ps*zw(i)
    pe(i) = pm(i)/eff
40 continue
c mencetak output simulasi
  write (*,13)
  write (2,13)
13 format(//,2x,'DATA MASUKAN DAN HASIL SIMULASI',//)
  write (*,15) f, ap, dw, deg, tac, ps
  write (2,15) f, ap, dw, deg, tac, ps
15 format(2x,'pemakanan (feed), mm/rev',1x,f6.3,/,
+ 2x,'kedalaman pemakanan (doc), mm',1x,f6.3,/,
+ 2x,'diameter benda kerja, mm',1x,f6.3,/,
+ 2x,'sudut potong utama (kr), derajat',1x,f6.3,/,
+ 2x,'tebal geram sebelum terpotong, mm',1x,f6.3,/,
+ 2x,'gaya potong spesifik, J/mm³',1x,f6.3,/)
  write (*,*) '===== '
  write (2,*) '===== '
  write (*,*) 'putaran kec. potong daya pemo- daya mesin'
  write (*,*) ' (rpm) (mm/det) tongan(watt) (watt) '
  write (2,*) 'putaran kec. potong daya pemo- daya mesin'
  write (*,*) ' (rpm) (mm/det) tongan(watt) (watt) '
  write (2,*) '===== '
  do 50 i = 1,5
    write (*,25) nw(i), vav(i), pm(i), pe(i)
    write (2,25) nw(i), vav(i), pm(i), pe(i)
25 format(2x,f6.2,4x,f9.2,4x,f9.2,6x,f9.2)
50 continue
  write (*,*) '===== '
  write (2,*) '===== '
  write (*,*) 'simulasi ulang: YA (tekan 1), TIDAK (tekan 0)'
  read (*,*) cek
  if (cek .eq. 1) then
    goto 100
  else
    goto 200
  endif
200 stop 'simulasi dihentikan'
end

```

Lampiran 3. Hasil simulasi untuk sudut potong utama pahat 30°; pemakanan (feed) 0,2 mm/rev dan 0,4 mm/rev.

DATA MASUKAN DAN HASIL SIMULASI

pemakanan (feed), mm/rev : .200
kedalaman pemakanan (doc), mm : 1.000
diameter benda kerja, mm : 50.000
sudut potong utama (kr), derajat : 30.000
tebal geram sebelum terpotong, mm : .100
gaya potong spesifik, J/mm³ : 6.000

putaran (rpm)	kec. potong (mm/det)	daya pemotongan(watt)	daya mesin (watt)
50.00	122.50	147.00	210.00
80.00	196.00	235.20	336.00
120.00	294.00	352.80	504.00
200.00	490.00	588.00	840.00
300.00	735.00	882.00	1260.00

DATA MASUKAN DAN HASIL SIMULASI

pemakanan (feed), mm/rev : .400
kedalaman pemakanan (doc), mm : 1.000
diameter benda kerja, mm : 50.000
sudut potong utama (kr), derajat : 30.000
tebal geram sebelum terpotong, mm : .200
gaya potong spesifik, J/mm³ : 4.000

putaran (rpm)	kec. potong (mm/det)	daya pemotongan(watt)	daya mesin (watt)
50.00	122.50	196.00	280.00
80.00	196.00	313.60	448.00
120.00	294.00	470.40	672.00
200.00	490.00	784.00	1120.00
300.00	735.00	1176.00	1680.00

Lampiran 4. Hasil simulasi untuk sudut potong utama pahat 60°; pemakanan (feed) 0,2 mm/rev dan 0,4 mm/rev.

DATA MASUKAN DAN HASIL SIMULASI

pemakanan (feed), mm/rev : .200
kedalaman pemakanan (doc), mm : 1.000
diameter benda kerja, mm : 50.000
sudut potong utama (kr), derajat : 60.000
tebal geram sebelum terpotong, mm : .173
gaya potong spesifik, J/mm³ : 4.500

putaran (rpm)	kec. potong (mm/det)	daya pemotongan(watt)	daya mesin (watt)
50.00	122.50	110.25	157.50
80.00	196.00	176.40	252.00
120.00	294.00	264.60	378.00
200.00	490.00	441.00	630.00
300.00	735.00	661.50	945.00

DATA MASUKAN DAN HASIL SIMULASI

pemakanan (feed), mm/rev : .400
kedalaman pemakanan (doc), mm : 1.000
diameter benda kerja, mm : 50.000
sudut potong utama (kr), derajat : 60.000
tebal geram sebelum terpotong, mm : .346
gaya potong spesifik, J/mm³ : 3.200

putaran (rpm)	kec. potong (mm/det)	daya pemotongan(watt)	daya mesin (watt)
50.00	122.50	156.80	224.00
80.00	196.00	250.88	358.40
120.00	294.00	376.32	537.60
200.00	490.00	627.20	896.00
300.00	735.00	940.80	1344.00

Lampiran 1. Hasil simulasi untuk sudut potong utama pahat 90°; pemakanan (feed) 0,2 mm/rev dan 0,4 mm/rev.

DATA MASUKAN DAN HASIL SIMULASI

pemakanan (feed), mm/rev : .200
 kedalaman pemakanan (doc), mm : 1.000
 diameter benda kerja, mm : 50.000
 sudut potong utama (kr), derajat : 90.000
 tebal geram sebelum terpotong, mm : .200
 gaya potong spesifik, J/mm³ : 4.000

putaran (rpm)	kec. potong (mm/det)	daya pemo- tongan(watt)	daya mesin (watt)
50.00	122.50	98.00	140.00
80.00	196.00	156.80	224.00
120.00	294.00	235.20	336.00
200.00	490.00	392.00	560.00
300.00	735.00	588.00	840.00

DATA MASUKAN DAN HASIL SIMULASI

pemakanan (feed), mm/rev : .400
 kedalaman pemakanan (doc), mm : 1.000
 diameter benda kerja, mm : 50.000
 sudut potong utama (kr), derajat : 90.000
 tebal geram sebelum terpotong, mm : .400
 gaya potong spesifik, J/mm³ : 3.000

putaran (rpm)	kec. potong (mm/det)	daya pemo- tongan(watt)	daya mesin (watt)
50.00	122.50	147.00	210.00
80.00	196.00	235.20	336.00
120.00	294.00	352.80	504.00
200.00	490.00	588.00	840.00
300.00	735.00	882.00	1260.00