

SIMULASI UNTUK MEMPREDIKSI PENGARUH PARAMETER CHIP THICKNESS TERHADAP DAYA PEMOTONGAN PADA PROSES CYLINDRICAL TURNING

Muhammad Yusuf ¹⁾ dan M. Sayuti ²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin Universitas Malikussaleh Lhokseumawe

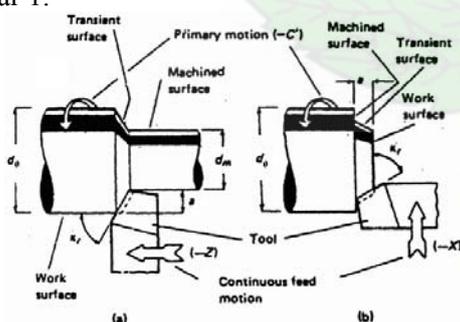
²⁾Jurusan Teknik Industri Universitas Malikussaleh Lhokseumawe

Abstrak: Pada proses pemotongan logam dengan mesin perkakas, besarnya daya pemotongan yang diperlukan dipengaruhi oleh beberapa parameter pemotongan. Beberapa parameter pemotongan diantaranya adalah: gerak makan (*feed*), kedalaman potong (*depth of cut*), kecepatan potong (*cutting speed*) dan kecepatan penghasiian geram (*metal removal rate*). *Chip thickness* adalah tebal geram (*chip*) sebelum terpotong, terletak di titik/ daerah pada mata potong. *Chip thickness* diyakini sebagai faktor yang sangat berpengaruh pada besar/kecilnya daya pemotongan. Dengan demikian besarnya daya pemotongan bisa diprediksi berdasarkan faktor ini. Dalam makalah ini akan dibahas dan dilakukan penelitian untuk memprediksi besarnya daya pemotongan berdasarkan *chip thickness*.

Kata Kunci: gerak makan, kedalaman potong, kecepatan potong, tebal geram sebelum terpotong, daya pemotongan

1. Pendahuluan

Proses bubut selindris merupakan proses pemotongan logam yang sering dilakukan dengan menggunakan mesin bubut (*lathe machine*). Proses pembubutan poros yaitu proses memperkecil diameter bahan poros sesuai dengan dimensi yang dikehendaki, merupakan salah satu contoh dari proses bubut selindris (*cylindrical turning*), pada saat pemakanan berlangsung pahat potong bergerak sejajar sumbu benda kerja [degarmo, 1979]. Proses bubut selindris yang dimaksud ditampilkan pada gambar 1.



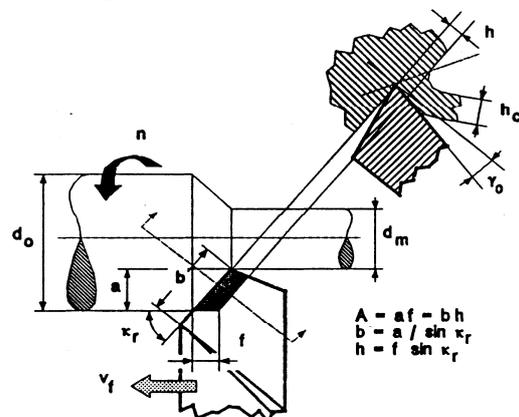
Gambar 1. Proses bubut silindris (*cylindrical turning*)

Arah C' merupakan arah gerakan utama (*primary motion*). Pada proses pemotongan dengan mesin bubut, gerakan utama merupakan gerakan melingkar yang dilaksanakan oleh benda kerja yang dicekam pada *spindle* mesin bubut. Arah Z merupakan arah gerakan pemakanan pahat terhadap benda kerja (*continuous feed motion*). *a* adalah kedalaman

pemotongan (*deep of cut*), κ_r adalah sudut potong utama (*depth of cutting edge angle*), d_o adalah diameter mula benda kerja dan d_m adalah diameter akhir benda kerja setelah terjadi proses pemotongan oleh pahat.

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

Sampai sejauh ini, tebal geram sebelum terpotong dianggap sebagai parameter yang sangat berpengaruh terhadap besarnya daya pemotongan. 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 tebal geram sebelum terpotong (*chip thickness*)

Berdasarkan gambar 2 di atas, yang dimaksud dengan tebal geram sebelum terpotong (*chip thickness*) adalah h . Berdasarkan gambar tersebut, ketebalan geram sebelum terpotong dipengaruhi oleh gerak makan (*feed*) yang dinyatakan sebagai f dan sudut potong utama (*major cutting edge angle*), yang dinyatakan sebagai κ_r . Kedua parameter tersebut yang akan menentukan dimensi/ketebalan geram sebelum terpotong [Maslov, 1990].

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 program yang diperlukan untuk simulasi dengan komputer. Berbagai parameter yang diperlukan untuk simulasi akan diuraikan dalam bagian ini.

Parameter pertama yang akan dibahas adalah ketebalan geram sebelum terpotong (*chip thickness*). Sebagaimana disebut sebelumnya (lihat gambar 2), ketebalan geram sebelum terpotong dipengaruhi oleh pemakanan (*feed*, f) serta sudut potong utama (*major edge cutting eagle*, κ_r). Berdasar geometri yang bisa dilihat pada gambar 2, ketebalan geram sebelum terpotong dinyatakan dengan rumus berikut:

$$h = f \sin \kappa_r \quad (1)$$

Di mana:

- h : tebal geram sebelum terpotong (mm)
- f : gerak makan (mm/putaran)
- κ_r : sudut potong utama (derajad)

Parameter kedua adalah kecepatan potong (*cutting speed*). Pada pemotongan dengan mesin bubut (*bubut selindris*), kecepatan dinyatakan dalam rumus berikut:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} ; d = \frac{d_o + d_m}{2} \quad (2)$$

Di mana:

- v : kecepatan potong (mm/det)
- d : Diameter mula
- d_m : diameter mula benda kerja (mm)
- d_o : diameter akhir benda kerja (mm)
- n : putaran benda kerja (rpm)

Parameter yang ketiga adalah laju penghasilan geram (*metal removal rate*). Laju penghasilan geram pada perinsipnya dihitung berdasarkan luas penampang geram dikalikan dengan kecepatan potong. Luas penampang geram dihitung berdasarkan besarnya pemakanan (*feed*) dikalikan kedalaman pemotongan (*deep of cut*). Dengan demikian, laju penghasilan geram dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} z &= A \cdot v \\ &= f \cdot a \cdot v \end{aligned} \quad (3)$$

Di mana:

- z : laju penghasilan geram (mm³/det)
- a : kedalaman potong (mm)
- A : luas penampang geram (mm²)
- f : gerak makan (mm/putaran)

Parameter keempat adalah daya yang diperlukan untuk pemotongan. Gaya ini hitung berdasarkan gaya potong spesifik (*specific cutting energy*) dikalikan dengan laju penghasilan geram. Gaya potong spesifik diperoleh berdasarkan percobaan. Taufiq Rochim [1993], melakukan penelitian untuk mendapatkan gaya potong spesifik untuk material pada pahat tertentu. Data tentang gaya potong spesifik diambil dari kurva lampiran 1). Daya yang diperlukan untuk pemotongan dirumuskan sebagai berikut:

$$P_m = p_s \cdot z \quad (4)$$

Di mana:

- P_m : daya yang dibutuhkan untuk pemotongan (watt)
- p_s : gaya potong spesifik (J/mm³)
- z : laju penghasilan geram (mm³/det)

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, roda gigi) pada mesin perkakas. Boothroyd [1983], menginformasikan bahwa harga efisiensi *overall* untuk mesin bubut berkisar 70 % . Harga efisiensi *overall* tersebut akan dipakai dalam simulasi ini. Daya yang dibutuhkan oleh mesin

perkakas ini dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

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

Di mana:

P_e : daya yang dibutuhkan mesin perkakas (watt)

κ_r : sudut potong utama (derajat)

η_{overall} : efisiensi total dari sistem transmisi daya pada mesin perkakas

4. Metodologi

Simulasi yang akan dilakukan berdasarkan pada model matematis yang dibahas sebelumnya. Simulasi ini akan dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel. Data yang diperlukan untuk simulasi seperti putaran benda kerja, pemakanan (*feed*) diambil dari salah satu mesin bubut yang ada dilaboratorium Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Malikussaleh Lhokseumawe. Spesifikasi mesin bubut yang dimaksud adalah sebagai berikut: Jenis Mesin ML, model LG-460, daya motor 3.75 Kw, variasi putaran: 70, 120, 210, 320 rpm (*low speed*) dan 390, 700, 1200, 1200 (*high speed*), gerak makan (*feed*): 0.046 – 0.645 mm/put.

Data untuk gaya potong spesifik (*specific cutting energy*) diambil dari Gambar lampiran 1. Untuk material yang dipakai adalah baja karbon (*carbon steels*). Data sudut potong utama (*major cutting edge angle*) yang mempunyai pengaruh terhadap tebal geram sebelum terpotong (*chip thickness*), diambil berdasarkan sudut potong utama pahat yang banyak dipakai dalam operasi pemesinan. Dalam simulasi ini diambil 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 pahat yang lain (60° dan 90°), data untuk kedalaman potong (*a*), diameter benda kerja (*d_o*), gerak makan (*f*) dan putaran mesin (*n*) adalah sama dengan data sebagaimana tercantum dalam tabel 1. Tanda (***) dalam Tabel 1 adalah hasil yang akan didapatkan setelah simulasi dijalankan. Data putaran mesin (70, 120, 210, 320 dan 700 rpm) diambil sesuai dengan kisar putaran yang disediakan pada mesin bubut yang ada di laboratorium Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Malikussaleh Lhokseumawe.

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

κ_r	<i>a</i>	<i>d_o</i>	<i>f</i>	<i>h</i>	<i>n</i>	P_m	P_e
30	1,5	40	0,05	***	70	***	***
					120	***	***
					210	***	***
					320	***	***
					700	***	***
			0,1	***	70	***	***
					120	***	***
					210	***	***
					320	***	***
					700	***	***

5. Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi untuk memprediksi pengaruh parameter tebal geram sebelum terpotong (*chip thickness*) terhadap daya pemotongan dapat dilihat pada lampiran 2-4. Lampiran 2 adalah hasil simulasi untuk sudut potong utama 30° dengan gerak makan 0,05 mm/put dan 0,1 mm/put. Lampiran 3 adalah hasil simulasi untuk sudut potong utama 60° dengan gerak makan 0,05 mm/put dan 0,1 mm/put. Lampiran 4 adalah hasil simulasi untuk sudut potong utama 90° dengan gerak makan 0,05 mm/put dan 0,1 mm/put.

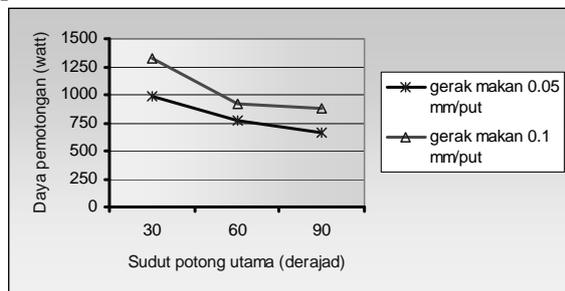
5.1 Putaran dan daya pemotongan

Untuk ketiga sudut potong utama pahat yang disimulasi (30°, 60° dan 90°) dengan harga gerak makan yang sama (0,05 mm/put maupun 0,1 mm/put), daya pemotongan meningkat seiring dengan meningkatnya putaran. Sebagaimana ditunjukkan dalam rumus (3), peningkatan putaran akan meningkatkan laju penghasilan geram (*metal removal rate*). Karena daya pemotongan berbanding langsung dengan laju penghasilan geram, maka peningkatan laju penghasilan geram akan meningkatkan daya pemotongan. Salah satu hasil simulasi untuk sudut potong utama 30° dan gerak makan 0,05 mm/put adalah: pada putaran 70 rpm, daya pemotongan 99 watt, sedangkan pada putaran 700 rpm, daya pemotongan 989 watt.

5.2 Daya pemotongan dan sudut pahat

Untuk kondisi operasi yang sama (putaran, gerak makan, kedalaman pemotongan), semakin kecil harga sudut potong utama pahat, harga daya pemotongan pahat semakin besar. Grafik

hasil simulasi berkaitan dengan daya pemotongan dan sudut potong utama pahat untuk kondisi operasi yang sama ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil simulasi daya pemotongan dan sudut potong utama pada putaran 700 rpm

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa semakin kecil sudut potong utama pahat, maka luas bidang geser semakin besar (lihat gambar 2). Karena bidang geser semakin besar maka gaya geser yang dibutuhkan untuk menghasilkan geram juga semakin besar. Peningkatan gaya geser akan meningkatkan gaya pemotongan, dengan demikian daya pemotongan juga akan meningkat. Hasil simulasi sebagaimana grafik pada gambar 3 tersebut, berlaku untuk semua kondisi operasi yang disimulasikan.

5.3 Simulasi dan implementasi

Simulasi dengan komputer sebagaimana dilakukan dalam penelitian ini akan sangat membantu untuk memprediksi besarnya daya pemotongan. Dari hasil simulasi dengan berbagai kondisi operasi yang diambil sesuai dengan spesifikasi mesin bubut yang ada di laboratorium, daya pemotongan terbesar adalah 1319 watt (daya mesin yang diperlukan 1884 watt), yaitu pada kondisi operasi sudut potong utama 30°, gerak makan 0.1 mm/put, putaran 700 rpm dan kedalaman potong 1.5 mm. Berbagai kondisi operasi yang lain dapat dipilih dan disimulasikan untuk memperkirakan apakah daya yang diperlukan masih dapat dipenuhi oleh mesin yang ada. Dengan bantuan program

simulasi seperti ini, maka hasilnya dapat diperoleh dengan cepat.

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

6. Kesimpulan

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

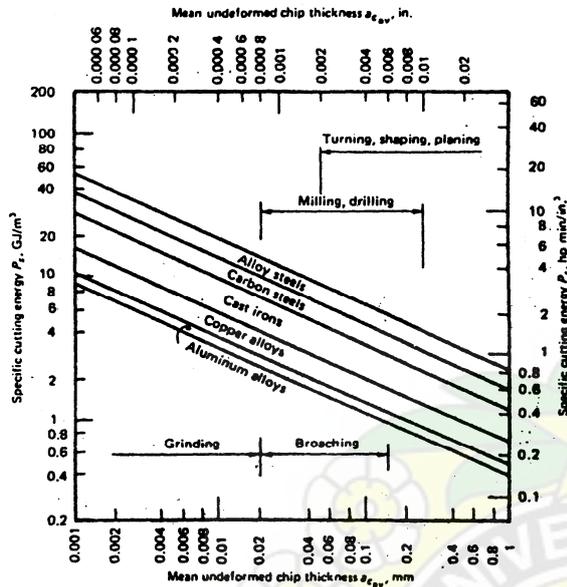
Melalui simulasi ini daya pemotongan dapat diprediksikan, maka berbagai kondisi rill yang direncanakan akan dipakai pada proses pemotongan, bisa disimulasi terlebih dahulu untuk mengetahui apakah kondisi yang direncanakan tersebut memerlukan daya pemotongan yang lebih besar dari pada daya yang dimiliki oleh mesin perkakas, tentu saja kondisi operasi tersebut tidak mungkin dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Boothroyd, G., 1983, “*Fundamental of Metal Machining and Machine Tools*”, International Book Company, 7th printing, McGraw-Hill.
- DeGarmo, P., 1979, “*Materials and Processes in Manufacturing*”, Collier Macmillan International Edition, New York.
- Maslov, D., 1990. “*Engineering Manufacturing Processes*”, Peace Publisher, Moscow
- Rochim, T., 1993, “*Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*”, Higher Education Devolepment Support Projec, Jakarta.

Lampiran 1.

Kurva untuk memperkirakan harga gaya potong spesifik (*specific cutting energy*), Boothroyd [1983].



Lampiran 2.

Hasil simulasi untuk sudut potong utama pahat 30°, gerak makan 0.05 mm/put dan 0.1 mm/put

DATA MASUKAN				
Gerak makan	0.05	mm/put		
Kedalaman potong	1.50	mm		
Diameter benda kerja	40.00	mm		
Sudut potong utama	30	derajad		
Tebal geram sblm terpotong	0.02	mm		
Gaya Potong spesifik	9.00	J/mm ³		
HASIL SIMULASI				
Putaran	Kec. potong	Laju penghasi- lan geram	Daya pemotongan	Daya mesin
(rpm)	(mm/det)	(mm ³ /det)	(watt)	(watt)
70	147	11	99	141
120	251	19	170	242
210	440	33	297	424
320	670	50	452	646
700	1465	110	989	1413

DATA MASUKAN		
Gerak makan	0.10	mm/put
Kedalaman potong	1.50	mm
Diameter benda kerja	40.00	mm
Sudut potong utama	30	derajad
Tebal geram sblm terpotong	0.05	mm
Gaya Potong spesifik	6.00	J/mm ³

HASIL SIMULASI				
Putaran	Kec. potong	Laju penghasi- lan geram	Daya pemotongan	Daya mesin
(rpm)	(mm/det)	(mm ³ /det)	(watt)	(watt)
70	147	22	132	188
120	251	38	226	323
210	440	66	396	565
320	670	100	603	861
700	1465	220	1319	1884

Lampiran 3.

Hasil simulasi untuk sudut potong utama pahat 60°, gerak makan 0.05 mm/put dan 0.1 mm/put

DATA MASUKAN				
Gerak makan	0.05	mm/put		
Kedalaman potong	1.50	mm		
Diameter benda kerja	40.00	mm		
Sudut potong utama	60	derajad		
Tebal geram sblm terpotong	0.04	mm		
Gaya Potong spesifik	7.00	J/mm ³		
HASIL SIMULASI				
Putaran	Kec. potong	Laju penghasi- lan geram	Daya pemotongan	Daya mesin
(rpm)	(mm/det)	(mm ³ /det)	(watt)	(watt)
70	147	11	77	110
120	251	19	132	188
210	440	33	231	330
320	670	50	352	502
700	1465	110	769	1099

DATA MASUKAN		
Gerak makan	0.10	mm/put
Kedalaman potong	1.50	mm
Diameter benda kerja	40.00	mm
Sudut potong utama	60	derajad
Tebal geram sblm terpotong	0.09	mm
Gaya Potong spesifik	4.20	J/mm ³

HASIL SIMULASI				
Putaran	Kec. potong	Laju penghasi- lan geram	Daya pemotongan	Daya mesin
(rpm)	(mm/det)	(mm ³ /det)	(watt)	(watt)
70	147	22	92	132
120	251	38	158	226
210	440	66	277	396
320	670	100	422	603
700	1465	220	923	1319

Lampiran 4.
Hasil simulasi untuk sudut potong utama pahat 90°, gerak makan 0.05 mm/put dan 0.1 mm/put

DATA MASUKAN				
Gerak makan	0.05	mm/put		
Kedalaman potong	1.50	mm		
Diameter benda kerja	40.00	mm		
Sudut potong utama	90	derajad		
Tebal geram sblm terpotong	0.05	mm		
Gaya Potong spesifik	6.00	J/mm ³		
HASIL SIMULASI				
Putaran (rpm)	Kec. potong (mm/det)	Laju penghasilan geram (mm ³ /det)	Daya pemotongan (watt)	Daya mesin (watt)
70	147	11	66	94
120	251	19	113	161
210	440	33	198	283
320	670	50	301	431
700	1465	110	659	942

DATA MASUKAN				
Gerak makan	0.10	mm/put		
Kedalaman potong	1.50	mm		
Diameter benda kerja	40.00	mm		
Sudut potong utama	90	derajad		
Tebal geram sblm terpotong	0.10	mm		
Gaya Potong spesifik	4.00	J/mm ³		
HASIL SIMULASI				
Putaran (rpm)	Kec. potong (mm/det)	Laju penghasilan geram (mm ³ /det)	Daya pemotongan (watt)	Daya mesin (watt)
70	147	22	88	126
120	251	38	151	215
210	440	66	264	377
320	670	100	402	574
700	1465	220	879	1256

