

Simulation and Experiment Temperature of Turning Process For Al 6061 and Al 6063

Yola Yulanda¹, Hendri Sukma¹ dan Wina Libyawati^{1*}

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jl. Raya Lenteng Agung No.56-80, RT.1/RW.3, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 12640

*Corresponding author: wina@univpancasila.ac.id

Abstract. In the manufacturing production process, Aluminum is widely used as an alternative to steel because it is lightweight, corrosion resistant, and has good formability. The serine formation process used is the machining process, one of the processes that is often used is the lathe process. The problem that occurs in the lathe process is the formation of a built-up edge on the tool and high machining temperatures that cause tool wear and thus reduce tool life and decrease the quality of machining results. The purpose of the study using finite element analysis is to model the machining process, especially cutting temperature by using Abaqus / Explicit 2018. The results of simulation and experimental are the higher the value of thermal conductivity and specific heat, the lower the temperature distribution of each point. And vice versa, the lower the thermal conductivity and specific heat value, the temperature distribution of each point increases. And the results of the analysis using standard deviation of Aluminum 6063 small deviations compared to Aluminum 6061 material.

Abstrak. Dalam proses produksi manufaktur, Alumunium banyak digunakan sebagai alternatif pengganti baja karena sifatnya ringan, tahan korosi, dan sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik. Proses pembentukan yang sering digunakan adalah proses pemesinan, salah satu proses yang sering digunakan yaitu proses bubut. Masalah yang terjadi pada proses bubut adalah terbentuknya *built up edge* pada *tool* dan temperatur pemesinan yang tinggi sehingga menyebabkan *tool wear* dan dengan demikian mengurangi umur pahat dan penurunan kualitas hasil pemesinan. Tujuan dari penelitian menggunakan analisis metode elemen hingga ini adalah memodelkan proses pemesinan khususnya *cutting temperature* dengan menggunakan Abaqus/Explicit 2018. Hasil dari simulasi dan eksperimental yaitu semakin tinggi nilai *thermal conductivity* dan *specific heat* maka distribusi temperatur semakin menurun. Dan begitupun sebaliknya, semakin rendah nilai *thermal conductivity* dan *specific heat* maka distribusi temperatur semakin meningkat. Dan hasil analisis menggunakan standar deviasi material Alumunium 6063 kecil penyimpangannya dibanding material Alumunium 6061.

Kata kunci: Metode elemen hingga, bubut, temperatur, kecepatan potong.
© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Meningkatkan produktivitas membutuhkan keterlibatan semua proses produksi, dan kemungkinan menggunakan teknologi untuk melengkapi atau mengaktifkan semua fasilitas manufaktur yang tersedia. Pada tahap urutan proses produksi banyak produk manufaktur membutuhkan pemesinan. Untuk keterlibatan semua proses teknologi, optimasi proses teknologi, memilih alat dan benda kerja dan menentukan parameter pemotongan dan geometri pahat harus dipertimbangkan [1].

Dalam beberapa tahun terakhir, metode elemen hingga (FEM) telah banyak digunakan dalam penelitian dan aplikasi industri karena kemajuan dalam efisiensi dan kecepatan komputasi. Penerapan metode elemen hingga dalam proses pemotongan logam sangat membantu para peneliti dalam penelitian pemotongan logam dan pembentukan chip. Simulasi numerik berguna

untuk mempelajari gaya pemotongan, pembentukan chip dan tingkat keausan pahat [1].

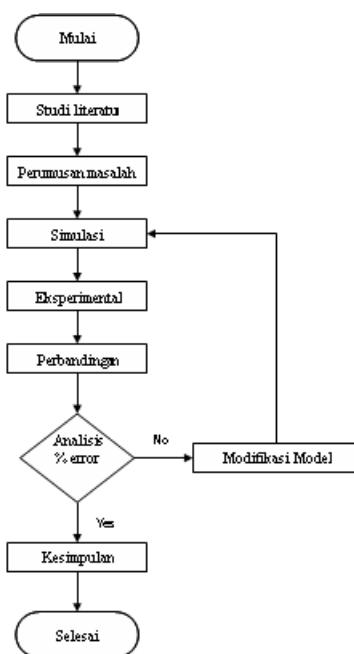
Dalam industri manufaktur, material aluminium banyak digunakan sebagai alternatif pengganti material baja karena sifatnya ringan, tahan korosi, dan sifat mampu bentuk (*formability*) yang baik. Proses pembentukan yang sering digunakan adalah proses pemesinan, salah satu proses yang sering dilakukan yaitu proses bubut. Di Indonesia, proses yang dilakukan lebih banyak pada proses dry cutting, dikarenakan mahalnya harga *cooling* untuk proses ini [2].

Masalah yang terjadi saat proses bubut adalah terbentuknya *built up edge* pada *tool* dan temperatur pemesinan yang tinggi sehingga menyebabkan *tool wear* dan dengan demikian mengurangi umur pahat dan penurunan kualitas hasil pemesinan. *Built up edge* pada *tool* dapat dikurangi dengan menaikkan kecepatan potong (*cutting speed*), mengurangi kecepatan pemakanan (*feeding*), dan gunakan pendingin yang

cukup. Ada beberapa parameter yang dapat mempengaruhi besarnya gaya potong yaitu, kecepatan pemotongan (V), kecepatan pemakanan (fr), kedalaman pemotongan (DOC), radius alat potong atau pahat, radius material benda kerja, dan cara pendinginan benda kerja [2].

Dalam 20 tahun terakhir, metode elemen hingga telah diterapkan untuk mempelajari dan mensimulasikan proses pemotongan logam dan telah dikembangkan teknik simulasi elemen hingga yang berbeda. Salah satu model elemen hingga oleh Shet dan Deng telah secara ekstensif mempelajari pemesinan baja AISI 4340 dengan cara simulasi menggunakan Abaqus dan hasilnya memberikan banyak pengetahuan tentang gaya pemotongan yang menyebabkan pembentukan chip. Mesh elemen hingga terdiri dari 1160 elemen regangan empat-simpul bidang dengan 1308 simpul. Proses ini terdiri dari empat tahap, yaitu kondisi tetap, pemindahan pahat, penghapusan batas, dan tahap pendinginan. Usama J. Naeem dan Caihua Xiong [1] dengan melakukan simulasi gaya dan temperature pada proses bubut dengan material AISI 1040. Parameter simulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *cutting speed* (70-300 m/min), *feed rate* (0.2 mm/putaran), DOC (0.75-1.5mm) dan *rake angle* (0-20°). Dan hasil dari simulasi ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan potong mengarah ke penurunan kekuatan pemotongan, sementara itu telah meningkatkan temperatur, dan *heat rate*. Dan peningkatan kedalaman pemotongan yang terkait hanya meningkatkan gaya potong. Herda Agus, Purwadi Joko Widodo dan Muhammad Nizam melakukan eksperimental pemesinan bubut (*dry cutting*) Alumunium dengan parameter kecepatan potong, kedalam potong dan DOC untuk mengetahui pengaruh BUE, dan menghasilkan temperatur dengan kisaran 34°C – 39°C dan kesimpulannya yaitu temperatur tidak berpengaruh besar terhadap munculnya BUE [2].

Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Prosedur penelitian:

1. Mencari literatur mengenai bubut dan metode elemen hingga.
2. Merumuskan masalah.
3. Melakukan simulasi bubut menggunakan *software* abaqus.
4. Menganalisis jika terjadi kesalahan pada proses simulasi, dan jika sudah berhasil dibuat kesimpulan.
5. Memeriksa kondisi mesin bubut yang akan digunakan.
6. Menyiapkan material yang akan digunakan pada eksperimental.
7. Memasang benda kerja pada *spindle* dan pahat pada *toolpost*.
8. Memulai proses bubut.
9. Melakukan pengukuran suhu pada benda kerja dengan menggunakan *infrared thermometer*.
10. Membandingkan hasil simulasi dan eksperimental, kemudian membuat kesimpulan.

Alat dan bahan:

1. AS Alumunium seri 6061 dan 6063 dengan dimensi Ø30mm x L=200mm
2. Pahat HSS dengan dimensi 10x10x100
3. Komputer Dell
4. Mesin bubut
5. Alat ukur temperatur (*infrared thermometer*)

Eksperimental

Saat Eksperimental menggunakan mesin bubut setelah dilakukan proses bubut kemudian di ukur temperurnya meggunakan *infrared thermometer*.

Simulasi

Saat Simulasi properties yang diperlukan yaitu:

- a. *Tool*
 - *Conductivity*
 - *Johnson Cook Damage*
 - *Density*
 - *Elastic*
 - *Spesific heat*
- b. *Workpiece*
 - *Conductivity*
 - *Johnson Cook Damage*
 - *Density*
 - *Elastic*
 - *Expansion*
 - *Plastic*
 - *Spesific heat*

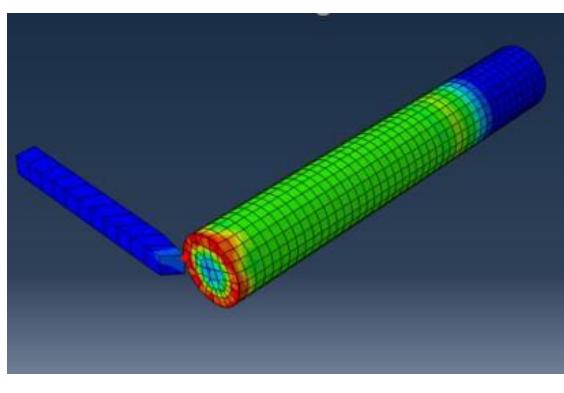
Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Kecepatan potong yang digunakan saat eksperimental dan simulasi

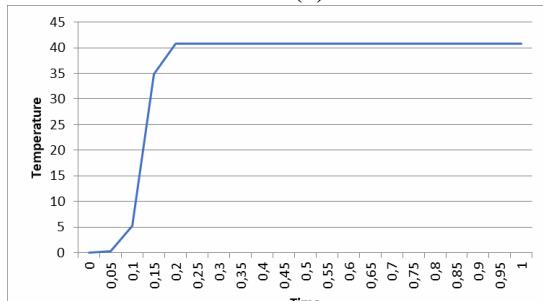
RPM	V (mm/menit)
290	29,15
450	45,23
730	73,38
1150	115,61

Kecepatan potong didapatkan dari perhitungan berdasarkan persamaan yang ada.

Dari data kecepatan potong diatas maka dapat kita lihat hasil simulasi terhadap rambatan temperatur yang terjadi. Dengan mengambil 1 titik atau 1 *node* sebagai sampel yang sudah terkena pahat, temperatur yang dihasilkan yaitu dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



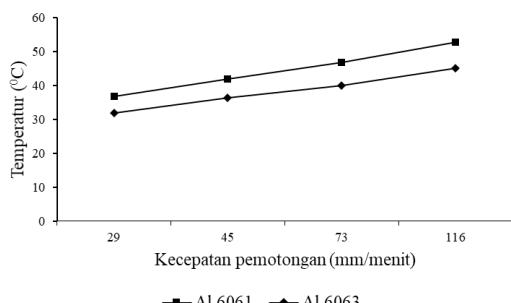
(a)



(b)

Gambar 2. (a) pemilihan *node* pada benda kerja, (b) grafik temperatur yang dihasilkan

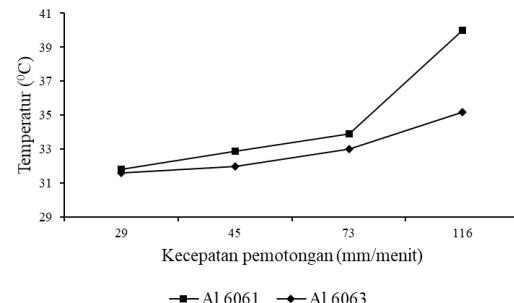
a. Simulasi



Gambar 4. Grafik hubungan kecepatan dan temperatur pada simulasi untuk material Alumunium 6061 dan 6063

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa saat kecepatan menurun didapatkan hasil temperatur rendah, dan ketika kecepatan naik hasil temperatur nya pun ikut meningkat. Dengan persentase kenaikan 43% untuk material Alumunium 6061, dan 41% untuk material Alumunium 6063.

b. Eksperimental

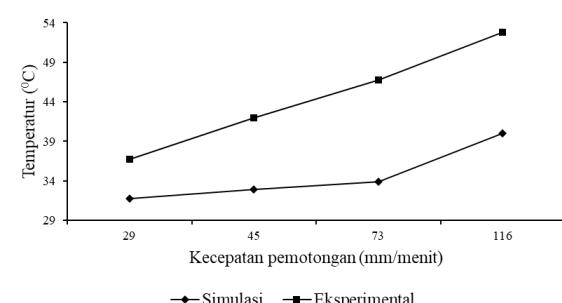


Gambar 5. Grafik hubungan kecepatan dan temperatur pada eksperimental untuk material Alumunium 6061 dan 6063

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa saat kecepatan menurun didapatkan hasil temperatur rendah, dan ketika kecepatan naik hasil temperatur nya pun ikut meningkat. Dengan persentase kenaikan 25% untuk material Alumunium 6061, dan 11% untuk material Alumunium 6063.

Perbandingan

a. Alumunium 6061



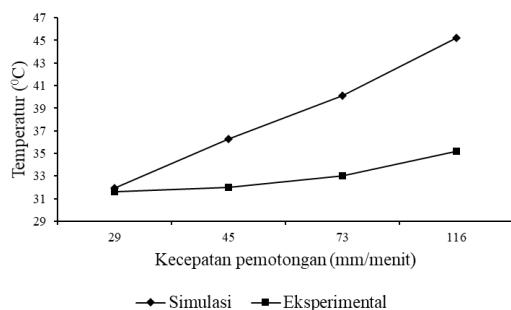
Gambar 6. Grafik perbandingan temperatur pada eksperimental dan simulasi untuk material Alumunium 6061

Adapun persentase perbedaan kenaikan disetiap kecepatan dapat dilihat ditabel dibawah ini:

Tabel 2. Persentase perbedaan kecepatan pemotongan antara simulasi dan eksperimental untuk material Al 6061

Kecepatan Pemotongan (mm/menit)	Al 6061		
	Simulasi (°C)	Eksperimental (°C)	Persentase perbedaan (%)
29,15	36,73	31,80	16%
45,23	41,97	32,90	28%
73,38	46,80	33,90	38%
115,61	52,77	40	32%

b. Alumunium 6063



Gambar 7. Grafik perbandingan temperatur pada eksperimental dan simulasi untuk material Alumunium 6063

Adapun persentase perbedaan kenaikan disetiap kecepatan dapat dilihat ditabel dibawah ini:

Tabel 3. Persentase perbedaan kecepatan pemotongan antara simulasi dan eksperimental untuk material Al 6063

Kecepatan Pemotongan (mm/menit)	Al 6063		
	Simulasi (°C)	Eksperimental (°C)	Persentase perbedaan (%)
29,15	31,96	31,60	1%
45,23	36,30	32	13%
73,38	40,11	33	22%
115,61	45,19	35,20	28%

Dapat diketahui bahwa dengan semakin besar kecepatan maka semakin besar gaya pemotongan, yang menyebabkan daya pemotongannya semakin meningkat. Hal ini terjadi karena hampir seluruh daya pemotongan ini diubah menjadi panas melalui proses gesekan antara pahat dengan geram dan geram dengan benda kerja. Panas ini sebagian besar terbawa oleh geram, sebagian merambat melalui pahat, dan sisanya melalui benda kerja menuju ke sekeliling daerah pemotongan. Jika gaya pemotongan semakin besar maka panas akan semakin naik yang menyebabkan temperatur pada pahat ikut naik. Dengan temperatur yang semakin tinggi akan menyebabkan umur pahat semakin pendek.

Dari grafik diatas ini dapat diketahui hasil temperatur terendah yaitu pada kecepatan 29,15 mm/min.

Standar Deviasi

Standar deviasi dimanfaatkan untuk menentukan seberapa dekat titik data individu ke mean atau rata-rata nilai yang diperoleh.

Berdasarkan persamaan 2.9, maka kita dapat menghitung standar deviasi dengan nilai sampel yaitu temperatur eksperimental dan simulasi. Dengan jumlah data (n) = 8 dan $(n-1) = 7$

Tabel 4. Nilai temperatur pada eksperimental dan simulasi untuk material Alumunium 6063

i	x_i	x_i^2
1	31,60	998,56
2	32	1024
3	33	1089
4	35,20	1239,04
5	31,96	1021,442
6	36,30	1317,69
7	40,11	1608,812
8	45,19	2042,136
Σ	285,36	10340,68

$$(\sum_{i=1}^n x_i)^2 = 285,36^2 = 81430,32$$

$$s = \sqrt{\frac{(8) \cdot (10340,68) - (81430,32)}{8 \cdot 7}}$$

$$s = \sqrt{\frac{1295,12}{56}}$$

$$s = \sqrt{23,12}$$

$$s = 4,80$$

Hasil standar deviasi untuk material Alumunium 6063 adalah 4,80.

Maka penyimpangan nilai data individu ke rata-rata nilainya yaitu 4,80.

Tabel 5. Nilai temperatur pada eksperimental dan simulasi untuk material Alumunium 6061

i	x_i	x_i^2
1	31,80	1011,24
2	32,90	1082,41
3	33,90	1149,21
4	40	1600
5	36,73	1349,09
6	41,97	1761,48
7	46,8	2190,24
8	52,77	2784,67
Σ	316,87	12928,3

$$(\sum_{i=1}^n x_i)^2 = 316,87^2 = 100406,59$$

$$s = \sqrt{\frac{(8) \cdot (12928,3) - (100406,59)}{8 \cdot 7}}$$

$$s = \sqrt{\frac{3019,81}{56}}$$

$$s = \sqrt{53,92}$$

$$s = 7,34$$

Hasil standar deviasi untuk material Alumunium 6063 adalah 7,34.

Maka penyimpangan nilai data individu ke rata-rata nilainya yaitu 7,34.

Pembahasan

Berdasarkan data yang telah disajikan berupa grafik dari masing-masing kecepatan dan temperatur yang diperoleh, fenomena yang terjadi saat proses pemesinan dengan trend parameter kecepatan meningkat, material Alumunium 6061 dengan Alumunium 6063 adalah temperatur hasil pemesinan dan simulasi semakin meningkat, akan tetapi kenaikan yang signifikan terdapat pada material Alumunium 6061 dibandingkan material Alumunium 6063. Hal tersebut memungkinkan terjadi karena nilai *thermal conductivity* dan *specific heat* Alumunium 6061 rendah maka nilai temperatur yang didapatkan tinggi. Begitupun sebaliknya, jika nilai konduktivitas termal dan spesific heat nya tinggi maka nilai tempertur yang didapatkan rendah.

Antara ke dua material tersebut memiliki nilai temperatur akibat pemesinan dengan kisaran 31°C - 45°C untuk simulasi dan 31°C - 52°C untuk eksperimental, dikarenakan properti material pada ke dua material tersebut yang membedakan hanya nilai *specific heat* dan *thermal conductivity*. Sehingga dapat dilihat bahwa material Alumunium 6061 temperaturnya lebih tinggi, itu dikarenakan nilai *thermal conductivity* dan *specific heat* nya lebih rendah. Untuk secara teori dapat dilihat pada persamaan 2.8 bahwa yang mempengaruhi temperatur yaitu *thermal conductivity* dan *specific heat*. Hasil perbandingan eksperimental dan simulasi didapatkan nilai standar deviasi untuk material Alumunium 6063 adalah 4,80 dan untuk material Alumunium 6061 adalah 7,34. Karena nilai standar deviasi Alumunium 6063 lebih kecil dibanding Alumunium 6061 dapat dikatakan penyimpangan nya pun semakin kecil. Sehingga standar deviasi yang baik yaitu pada material Alumunium 6063.

Kesimpulan

Hasil penelitian dan pengolahan data, dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin besar kecepatan potong, maka semakin panas temperatur yang terjadi pada benda kerja. Dan semakin tinggi nilai *thermal conductivity* dan *specific heat* maka distribusi temperatur semakin menurun, dan sebaliknya.
2. Perbedaan antara hasil simulasi dan eksperimnetal untuk temperatur saat proses bubut, yang diperlukan bagi material Alumunium 6061 dan Alumuniun 6063 pada penelitian ini dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif yaitu standar deviasi. Dan

dapat diketahui dari hasil analisi Standar deviasi ini, penyimpangan yang terkecil yaitu pada Alumunium 6063.

Referensi

- [1] A. A. Abdullah, U. J. Naeem, and C. H. Xiong, "Cutting Tool Geometry and Parameters Effects on the Force and Temperature in Turning Steel 1040 Using Finite Element Analysis," *Adv. Mater. Res.*, vol. 548, pp. 465–470, 2012.
- [2] P. Herdaagus, P. J. Widodo, and M. Nizam, "Pengaruh Parameter Permesinan Bubut Terhadap Munculnya Built Up Edge (Bue) Dalam Proses Pembubutan Aluminium," *Mekanika*, vol. 10, no. 1, pp. 41–44, 2011.
- [3] A. M. Zul, "Pengukuran Gaya dan Perhitungan Daya Pemotongan pada Proses Bubut Material Baja St 37," *Diploma Thesis, Unand*, 2015.
- [4] C. Shet and X. Deng, "Finite element analysis of the orthogonal metal cutting process," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 105, no. 1–2, pp. 95–109, Sep. 2000.
- [5] J. S. Strenkowski and K.-J. Moon, "Finite Element Prediction of Chip Geometry and Tool/Workpiece Temperature Distributions in Orthogonal Metal Cutting," *J. Eng. Ind.*, vol. 112, no. 4, p. 313, Jun. 2008.
- [6] E. Usui and T. Shirakashi, "Mechanics of Machining - from 'Descriptive' to 'Predictive' Theory," *ASME Publ.*, vol. 7, pp. 13–35, 1982.
- [7] J. T. Carroll and J. S. Strenkowski, "Finite element models of orthogonal cutting with application to single point diamond turning," *Int. J. Mech. Sci.*, vol. 30, no. 12, pp. 899–920, Jan. 1988.
- [8] J. S. Strenkowski and J. T. Carroll, "A Finite Element Model of Orthogonal Metal Cutting," *J. Eng. Ind.*, vol. 107, no. 4, p. 349, Jul. 2009.
- [9] K. Komvopoulos and S. A. Erpenbeck, "Finite Element Modeling of Orthogonal Metal Cutting," *J. Eng. Ind.*, vol. 113, no. 3, p. 253, Nov. 2011.
- [10] J. T. Black and R. A. Kohser, *DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing Tenth Edition*. 2003.
- [11] T. Rochim, "Teori dan teknologi proses pemesinan," *Bandung Penerbit Lab. Tek. Produksi Permesinan, Jur. Tek. Mesin, FTI-ITB*, 1993.
- [12] H. A.-G. El-Hofy, *Fundamentals of machining processes: conventional and nonconventional processes*. 2013.