

DISTRIBUSI TEMPERATUR AREA PEMOTONGAN PADA PROSES DRAY MACHINING BAJA AISI 1045

Slamet Wiyono^{1*}, Rina Lusiani², Ari Wibowo³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman KM 3 Cilegon 42435

*Email: slamet.wiyana@gmail.com

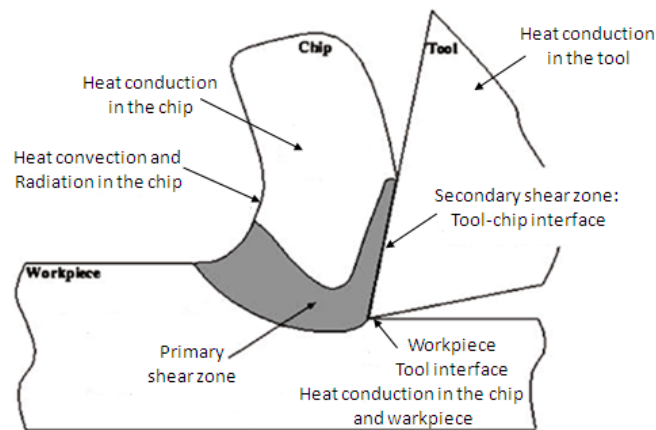
Abstrak

Temperatur pemotongan merupakan data pemesinan yang sangat penting dalam suatu proses pemotongan logam. Laju kenaikan temperatur pemotongan yang tinggi menyebabkan pendeknya umur pahat yang mengakibatkan proses pemesinan menjadi tidak ekonomis. Temperatur pada area kontak antar muka pahat dan benda kerja diprediksi melalui simulasi pemotongan untuk mengetahui distribusi temperatur pada pahat dan benda kerja sehingga dapat dijadikan pertimbangan dalam perencanaan proses pemesinan. Dalam penelitian ini dijelaskan simulasi proses pemotongan mekanik pada baja AISI 1045 menggunakan material pahat HSS. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi pengaruh variasi kedalaman pemotongan terhadap distribusi temperatur pada pahat dan benda kerja. Variasi kealaman pemotongan yang digunakan adalah 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm sedangkan parameter lainnya konstan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin tinggi kedalaman potong dan panjang pemotongan menghasilkan temperatur pemotongan yang semakin tinggi. Pemakaian kedalaman 1.5 mm dan panjang pemotongan 35 mm menghasilkan temperatur tertinggi mencapai 380,4 K pada area rekahan geram, 341,7 K pada permukaan benda kerja dan 345,7 K pada pahat. Validasi temperatur dilakukan melalui pengukuran temperatur secara langsung pada proses machining pada kondisi pemotongan yang sama dengan bantuan infrared thermometer. Tempertaur yang terukur adalah 315,13 K, 322,67 K dan 359,23 K.

Kata kunci: simulasi pemotongan mekanik, temperatur pemotongan

1. PENDAHULUAN

Proses merubah bentuk dengan cara membuang sebagian material dalam bentuk serpihan geram dengan melibatkan mesin perkakas industri merupakan teknik produksi yang dikenal sebagai proses pemesinan. Selama proses permesinan berlangsung terjadi interaksi antara pahat dengan benda kerja dimana benda kerja terpotong sedangkan pahat mengalami gesekan oleh geram yang mengalir dipermukaan pahat. Akibat gesekan ini pahat mengalami perubahan temperatur yang terus meningkat yang dapat menurunkan kemampuan fungsional pahat. Sedangkan material benda kerja akan mengalami proses-proses perubahan sifat fisik maupun sifat kimianya [Jaroslav Mackerle, 1999]. Karena itu perlu pengendalian laju kenaikan temperatur dengan cara penggunaan media pendingin (coolant) pada saat proses pemotongan. Pada kasus pemesinan tanpa menggunakan media pendingin, laju kenaikan temperatur pada area pemotongan dapat terjadi dengan sangat cepat. Jika terjadi konsentrasi panas pada satu daerah tertentu akan mengakibatkan panas yang berlebih yang dapat menyebabkan kegagalan proses [Wiyono, S, dan Lusiani, R, 2008]. Misalnya, jika panas hanya terkonsentrasi pada mata pahat, maka akan mempercepat proses keausannya. Demikian juga jika konsentrasi panas hanya terjadi pada benda kerja, maka benda kerja akan mengalami rekristalisasi. Untuk mengurangi resiko kegagalan proses pemesinan perlu diketahui konsentrasi dan distribusi temperatur yang terjadi pada daerah antar muka pahat dengan benda kerja, pada pahat maupun pada permukaan benda kerja. Area distribusi temperatur pada proses pemotongan terbagi menjadi tiga area, yaitu area geram, pahat dan benda kerja.



Gambar 1. Disipasi panas panas pada area pemotongan

Gambar 1 menunjukkan tiga area yang menyebabkan kenaikan temperatur selama proses pemotongan berlangsung, yaitu *primary shear zone*, *secondary shear zone*, *workpiece-tool interface*. Pada zona geser dimana deformasi plastis utama terjadi, energi geser akan meningkatkan temperatur geram (chip). Panas yang dihasilkan pada area ini mencapai 80-85% dari panas total yang dihasilkan selama proses pemotongan. Panas ini terbawa oleh geram ketika bergerak ke atas di sepanjang permukaan pahat. Pada zona *tool-chips interface*, terjadi deformasi plastis sekunder karena gesekan antara geram dan pahat. Hal ini menyebabkan kenaikan temperatur pada permukaan pahat. 15-20% dari total panas selama proses pemesinan dihasilkan dari zona ini. Sedangkan sisanya dihasilkan dari *workpiece-tool interface* [Jaroslav Mackerle, 1999]. Panas yang dihasilkan selanjutnya terserap oleh geram mencapai 60%, 10-30% terserap oleh pahat dan sisanya 10% terserap oleh benda kerja [Groover, 2002].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi pengaruh variasi kedalaman pemotongan terhadap distribusi temperatur pada area antar muka pahat, permukaan mata pahat dan benda kerja dengan pendekatan simulasi komputer. Beberapa perangkat lunak yang paling umum digunakan untuk analisa dengan pendekatan ini adalah DEFORM-3D and ANSYS 13.0. Dalam metode analisis ini, area bidang potong didefinisikan sebagai sebuah kontinum yang didiskritkan dalam bentuk geometris sederhana yang disebut elemen hingga. Benda kerja dimodelkan sebagai termo elastik-plastik, sedangkan tegangan alir dianggap sebagai fungsi dari regangan, sedangkan laju regangan dan temperatur mewakili *real behavior* pemotongan. Gesekan antara pahat dan geram merupakan tipe *coulomb friction* (μ) dengan nilai 0,5 [W. Grzesik, dkk., 2005, Stolaraski, T.N. dan Y. Yoshimoto S, 2006]. Material uji yang digunakan adalah baja AISI 1045 dan pahat HSS. Untuk memperoleh tujuan tersebut, dilakukan simulasi pemotongan mekanik dengan bantuan komputer dengan data input dari perencanaan proses pemesinan yang telah ditetapkan sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Sifat fisis material

| Parameter | AISI 1045 | HSS |
|---------------------------|------------------------|------------------------|
| Konduktifitas termal | 53 w/mK | 20.7 w/mK |
| Panas spesifik | 505 J/kg.K | 459 J/kg.K |
| Densitas | 7900 kg/m ³ | 8760 kg/m ³ |
| Temperatur rekristalisasi | 620.2 K | 867.2 K |
| Melting point | 1771 K | 1703 K |

Tabel 2. Parameter percobaan

| Kedalaman pemotongan | Kecepatan potong | Feed rate |
|----------------------|------------------|---------------|
| 0,5 mm | 89 m/min | 0,056 mm/rev. |
| 1,0 mm | | |
| 1,5 mm | | |

Hasil simulasi divalidasi melalui *insitu machining* pada mesin bubut dengan parameter yang sama. Pengujian *insitu machining* dilakukan tanpa menggunakan media pendingin (coolant). Sedangkan pengukuran temperatur pada area pemotongan dilakukan dengan bantuan *Infrared Thermometer*.

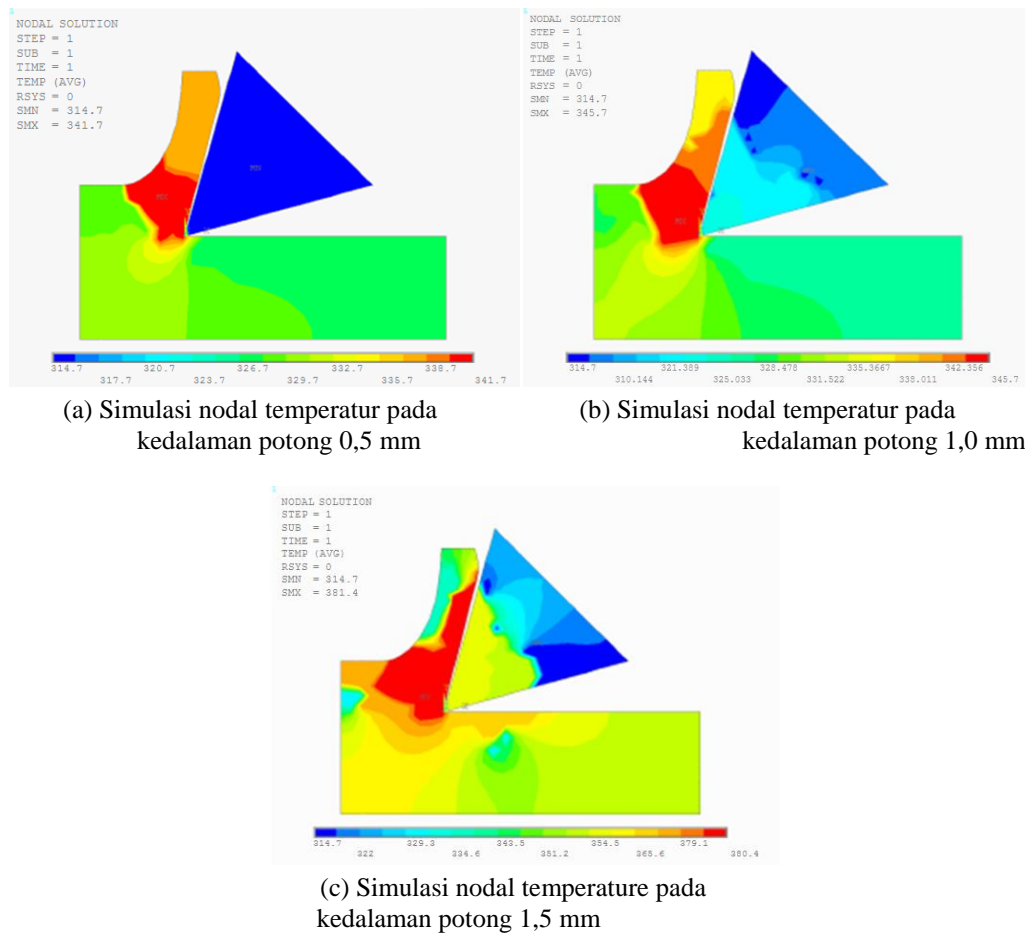
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 merupakan hasil simulasi nodal temperatur pada panjang pemotongan 35 mm. Secara umum, distribusi temperatur terbagi dalam tiga zona, yaitu zona pahat, benda kerja dan geram. Jika diurutkan, temperatur tertinggi terjadi pada pemakaian kedalaman pemotongan 1,5 mm, 1,0 mm dan 0,5 mm sebagaimana dirangkum pada table 3.

Tabel 3. Hasil simulasi temperatur pada tiga area

| Kedalaman pemotongan | Temperatur geram | Temperatur pahat | Temperatur benda kerja |
|----------------------|------------------|------------------|------------------------|
| 0,5 mm | 341,7 K | 315,8 K | 329,4 K |
| 1,0 mm | 345,7 K | 324,0 K | 331,9 K |
| 1,5 mm | 380,4 K | 360,9 K | 371,7 K |

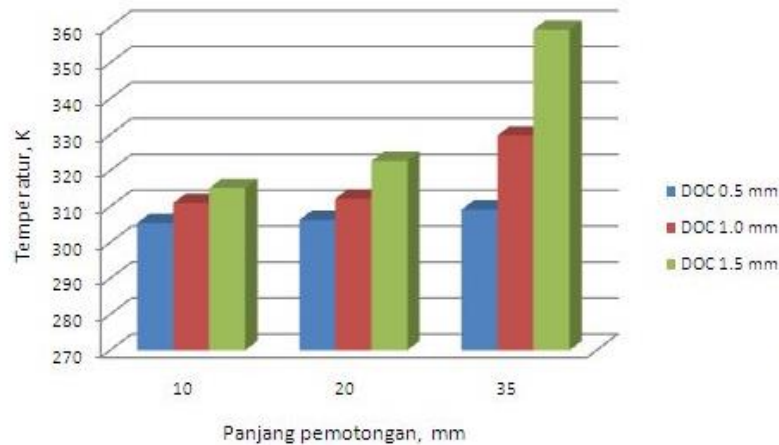
Dari tiga variasi kedalaman pemotongan 0,5 mm, 1,0 mm dan 1,5 mm, hasil simulasi menunjukkan bahwa temperatur tertinggi terjadi pada area rekahan geram, masing-masing adalah 341,7 K, 345,7 K dan 380,4 K sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Tingginya temperatur ini disebabkan karena pada daerah ini material benda kerja mengalami pergeseran akibat penetrasi dari pahat. Karena penetrasi pahat terjadi pada kondisi bergerak yang disertai dengan gesekan sehingga menyebabkan kenaikan temperatur area geser. Temperatur yang berasal dari area geser ini selanjutnya didistribusikan pada benda kerja dan pahat sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 di atas. Tingginya temperatur yang dihasilkan dari proses pemotongan, khususnya yang terdistribusi ke benda kerja, jika dibandingkan dengan sifat baja AISI 1045 yang memiliki temperatur rekristalisasi pada 620.2 K dan melting point pada temperatur 1771 K, maka benda kerja tidak mengalami perubahan struktur ikatan atom (rekristalisasi) karena temperatur benda kerja masih di bawah temperatur rekristalisasinya. Demikian juga distribusi temperatur pada pahat tidak menyebabkan rekristalisasi.



Gambar 2. Simulasi nodal temperatur pada area pemotongan

Untuk mengetahui kondisi temperatur sebenarnya pada area geser, dilakukan proses insitu machining dan pengukuran temperatur dengan cara menembakkan sinar infrared thermometer pada area geser. Rekam data dilakukan beberapa kali untuk panjang pemotongan yang berbeda sesuai dengan pengaturan parameter pada proses simulasi. Hasil pembacaan infrared thermometer ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini. Pada pemakaian kedalaman pemotongan 0.5 mm, temperatur area geser pada tiga titik sepanjang pemotongan 10 mm, 20 mm dan 35 mm adalah 305,43 K, 306,27 K dan 309,13 K. Temperatur terukur pemakaian kedalaman pemotongan 1,0 mm adalah 310,97 K, 312,20 K dan 329,77 K. Sedangkan temperatur terukur pada pemakaian kedalaman pemotongan 1,5 mm adalah 315,13 K, 322,67 K dan 359,23 K. Tren temperatur pemotongan pada area geser cenderung meningkat seiring dengan lamanya waktu kontak antara pahat dan benda kerja yang diwakili oleh panjang pemotongan. Temperatur tertinggi pada area geser terjadi pada pemakaian kedalaman pemotongan 1,5 mm yang mencapai 359,23 K dengan total panjang pemesinan 35 mm.

Jika dibandingkan dengan hasil simulasi, temperatur tertinggi yang terukur dari variasi pemakaian kedalaman pemotongan terdapat selisih rata-rata diatas 20% lebih tinggi dari deviasi standar yang dipersyaratkan pada umumnya tidak lebih dari 13% (Stolaraski, T.N. dan Y. Yoshimoto S, 2006).



Gambar 3. Suhu terukur pada eksperimen validasi

Selisih nilai temperatur ini dapat disebabkan karena metode pengukurannya dan pengaruh temperatur lingkungan pada saat pengukuran langsung. Namun demikian, secara umum temperatur hasil simulasi maupun temperatur hasil pengukuran langsung pada proses pemesinan akhir baja AISI 1045 pada panjang pemotongan 35 mm masih dapat diterapkan karena temperatur yang dihasilkan masih dibawah temperatur rekristalisasi dari benda kerja maupun pahat sehingga tidak menyebabkan perubahan sifat mekanisnya.

4. KESIMPULAN

1. Temperatur tertinggi hasil simulasi maupun temperatur hasil pengukuran masih dalam batas aman untuk diterapkan pada proses pemesinan akhir baja AISI 1045.
2. Semakin tinggi kedalaman pemotongan dan panjang pemotongannya, temperatur yang dihasilkan pada zona utama juga semakin tinggi.
3. Temperatur paling tinggi terjadi pada rekahan geram dan terbawa oleh geram yang terlepas dari logam induk.

DAFTAR PUSTAKA

- Groover, (2002). *Fundamentals of Modern Manufacturing; Materials Processing and system*, John Wiley and Sons, New York.
- Jaroslav Mackerle, (1999), *Finite element analysis and simulation of machining: a bibliography*, *Journal of Materials Processing Technology*, pp. 17-24
- Stolaraski, T.N. dan Y. Yoshimoto S., (2006), *Engineering Analysis with Ansys Software*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Wiyono, S, dan Lusiani, R, (2008), *Pengaruh Pemesinan tanpa Cutting Fluid terhadap Kualitas Baja AISI 01 yang Dikeraskan. Prosiding SNTTM 7, Manado.*
- W. Grzesik, M. Bartoszuk and P. Nieslony, (2005), *Finite Element Modeling of Temperature Distribution in the Cutting Zone in Turning Processes with Differently Coated Tools.*, 13th international scientific conference, Ireland, pp. 1-4.
- Tira Austenite Steell, PT., Jakarta, (2011), *Katalog Material Baja AISI 1045.*