

PERFORMA HARD MACHINING PADA AISI-01 ALLOY TOOL STEELSlamet Wiyono¹, Agus Pramono²¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan AgengTirtayasa²Jurusan Teknik Metalurgi, Universitas Sultan AgengTirtayasaEmail: slamet.wiyana@yahoo.co.id**Abstrak**

Pemesinan material keras atau lebih dikenal dengan *hard machining technology* merupakan teknologi pemesinan lanjut yang mampu memberikan keuntungan secara finansial karena mampu mereduksi biaya produksi hingga 15-25%. Salah satu keterbatasan yang menjadi permasalahan utama adalah terbentuknya *white layer* pada permukaan produk yang terjadi selama proses pemesinan disebabkan temperatur pemotongan yang tinggi. *White layer* merupakan lapisan struktur yang memiliki sifat mekanis yang keras sehingga mampu meningkatkan ketahanan aus. Namun demikian memiliki efek negatif terhadap *surface finish* dan kekuatan lelah produk. Karena sifatnya yang keras, *white layer* menyebabkan permukaan produk memiliki sifat getas dan berpotensi menyebabkan kegagalan retak dan pada akhirnya mengakibatkan kegagalan produk. Pada penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kecepatan potong yang tinggi terhadap terbentuknya *white layer* pada pemesinan akhir *AISI-01 alloy tool steel 59.06 HRC* menggunakan *polycrystalline cubic boron nitride*, dan indexable geometri perkakas potong yang digunakan adalah *CNGA-120408*. Metode pemesinan yang digunakan adalah *variable speed machining*, 80 m/menit dan 120 m/menit. *Scanning electron microscopes (SEM)* digunakan untuk memprediksi *surface topography* yang dapat menjelaskan fenomena *white layer* sedangkan komposisinya dilakukan pengujian dengan *EDX Ray*. Hasil pengamatan menggunakan SEM menunjukkan bahwa pada penerapan kecepatan potong yang lebih tinggi mampu mereduksi ketebalan *white layer*. Pada komposisi kimia material tidak mengalami perubahan yang signifikan. Sedangkan hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa proses ini juga tidak menyebabkan penurunan nilai kekerasan pada material secara berarti.

Kata kunci: white layer, hard machining, variable speed machining**Abstract**

Machining of hard materials is an advanced machining technology. It can provide financial benefits of being able to reduce production costs. One of the limitations that the main problems is the formation of a white layer on the surface of product, formed during the machining process at high cutting temperatures. White layer is the layer structure has mechanical properties that hard and can to improve the wear resistance but also has a negative effect on the surface finish and fatigue strength of products. Because of its hard, white layer potential to cause failure cracks that ultimately lead to failure of the product. In this study aim to determine the effect of high cutting speeds on formation of white layer of AISI-01 alloy tool hardened steel 59.06 HRC using polycrystalline cubic boron nitride and CNGA-120 408 indexable cutting tool geometri. The methode of machining is variable speed machining, 80 m / min and 120 m / min. Scanning electron microscopes (SEM) was used to predict the surface topography which can explain the phenomenon of the white layer, while the composition was examined by EDX Ray. SEM observations showed that the application of higher cutting speeds can reduce the thickness of the white layer. Chemical composition of the material did not change significantly. Whereas the hardness test results show that this process does not lead to a decrease in material hardness values significantly.

Keywords: white layer, hard machining, variable speed machining

PENDAHULUAN

Proses permesinan merupakan salah satu teknologi produksi yang sangat diperlukan hampir pada setiap produk yang dihasilkan melalui proses *casting*, *roling*, maupun *forming* yang mana selalu memerlukan proses pengerjaan akhir dengan cara di *machining*. Proses pemesinan sendiri mampu menghasilkan kekasaran permukaan yang baik sehingga proses ini dapat diaplikasikan untuk keperluan membuat berbagai komponen-komponen mesin yang menitikberatkan pada kehalusan permukaan dan akurasi dimensi produk^[8]. Seiring dengan perkembangan kebutuhan material dan kualitas produk permesinan, teknologi ini juga senantiasa dikembangkan baik dari segi teknis (kemampuan mesin dan perkakas potong), dampak proses terhadap mutu produk, maupun dari sisi pertimbangan ekonomik. Sejalan dengan kampanye *global warming* menuntut setiap Negara menerapkan regulasi tentang dampak lingkungan untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah industri, tak terkecuali penggunaan *cutting fluid* yang berdampak bagi kesehatan operator karena reaksi kimia yang terjadi dapat menimbulkan penyakit berbahaya, diantaranya adalah penyakit saluran pernapasan akibat timbulnya uap air atau oil yang beracun, permasalahan *dermatological*, dan pembiakan bakteri didalam pendingin itu. Dari segi ekonomik penggunaan *cutting fluid* menyerap biaya 15-25 % dari total biaya produksi, biaya tersebut terdiri atas biaya pembelian, penyimpanan dan penanganan limbahnya^[4]. Solusi yang dikembangkan darimasalah di atas adalah pemesinan tanpa *cutting fluid* yang dikenal dengan istilah *dry machining*. *Dry machining* adalah proses pemesinan tanpa menggunakan cairan pendingin dan umumnya dilakukan pada material yang keras sehingga dikenal juga dengan *hard machining technology*. Teknologi ini masih terus diteliti dari segi kemampuan perkakas potong untuk mendapatkan jenis material yang sesuai, rigiditas mesin, parameter *machining* yang sesuai maupun dampak terhadap mutu produk^[4,5]. *Hard machining* dinilai sangat menguntungkan untuk diaplikasikan, karena dapat mereduksi biaya pemakaian cairan pendingin, tetapi terdapat berbagai persoalan yang terjadi pada penerapan *hard machining technology* yaitu menghasilkan temperature pemotongan yang tinggi pada saat proses pemesinan yang menyebabkan pendeknya umur perkakas potong, akurasi dimensi yang rendah dan perubahan sifat mekanis permukaan produk^[9,6,7,3,1]. Untuk mempelajari lebih lanjut kemungkinan-kemungkinan timbulnya masalah tersebut, khususnya topografi permukaan

produk yang berkaitan dengan sifat mekanisnya maka dilakukan studi performa *dry machining* pada baja AISI-01 yang telah dikeraskan.

METODE PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan penelitian ini, dilakukan beberapa kali percobaan beberapa sampel. Pemilihan besaran parameter proses telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Beberapa parameter proses yang cukup signifikan untuk mempelajari dampak *hard machining* adalah kecepatan pemotongan, kedalaman pemotongan dan laju pemakanan (*feed rate*) dengan jenis material perkakas potong adalah *polycrystalline cubic boron nitride*^[4,9]. Untuk mengetahui performahard *machining*, percobaan dilakukan dengan menerapkan *variable speed machining* dengan beberapa parameter lainnya konstan dan dilakukan dalam beberapa percobaan.

Berdasarkan nilai parameter pemesinan diatas, dengan mempertimbangkan diameter sampel yang telah dipilih, secara matematis diperoleh putarans pindel mesin 1019 rpm dan 1528 rpm. Namun dalam prakteknya pengujian dilakukan pada putaran yang tersedia pada mesin yakni 1000 dan 1500 rpm. Material benda kerja yang digunakan adalah baja AISI 01 yang dikeraskan pada 59.06 HRC dengan dengan dimensi $\varnothing 25 \times 150$ mm. Material ini secara luas digunakan untuk komponen mesin, misalnya *gear*, *piston*, *nozzle*, *dies* dan *cams* serta untuk aplikasi perkakas pada proses pengerjaan dingin seperti *roll*, *punch* dan *forging*. Data teknik dari baja tersebut sebagaimana di tampilkan pada Tabel 2.1 dan 2.2. Jenis baja ini memiliki karakteristik^[2], kemampumesinan yang baik, stabilitas dimensi yang baik saat di *hardening*, dan kombinasi yang baik antara kekerasan dan *toughness* setelah di *heat treatment*.

Tabel 1. Komposisi kimia dan temperatur temper baja AISI 01^[2]

Komposisi kimia, %	Temperatur temper, °C	Kekerasan, HRC
0.9 C	200	61
0.50 Cr	300	57
0.10 V	500	44
0.50 W	550	40
1.20 Mn	600	36
0.30 Si	-	-

Tabel 2. Data fisis baja AISI 01^[2]

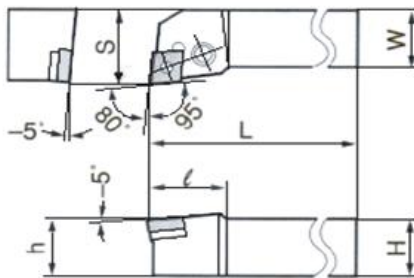
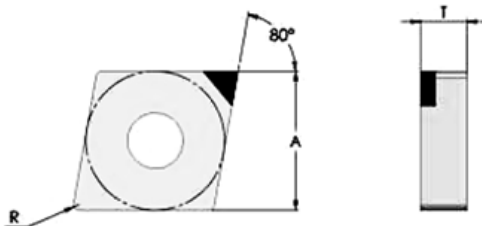
Temperatur, °C	20	200
Dnsitas, kg/m ³	7800	7750
Modulus young, kN/mm ²	190	185
Koef, ekspasni termal	-	11.7x10 ⁻⁶
Konduktivitas, W/m°C	32	33
Panas spesifik, J/kg°C	460	-

Setelah dilakukan proses *heat treatment* dan pengujian kekerasan, sampel kemudian dilakukan pemesinan akhir dengan menerapkan parameter-parameter pemesinan sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 3. Parameter percobaan

Material hardness	59.6 HRC
Feed rate, F	0.072 mm/rev
Depth of cut, DOC	0.15 mm
Cutting speed, CS	80 dan 120 m/min

Perkakas potong yang digunakan adalah *polycrystalline cubic boron nitride CNGA-120408*[9] dengan spesifikasi geometri seperti ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.

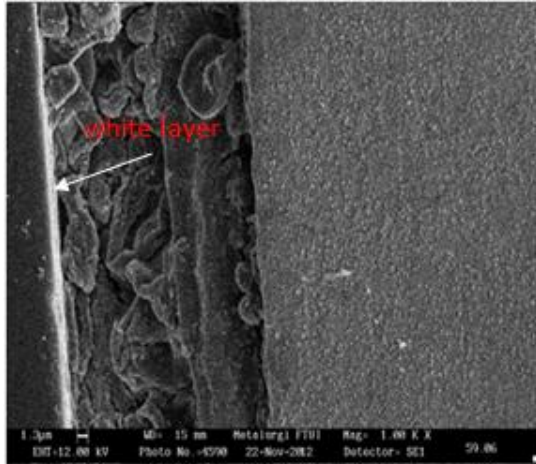
**Geometri tool holder****b) Geometri pahat****Gambar 1. Spesifikasi geometri perkakas potong^[5]****a) Proses hard turning****b) Sampel akhir****Gambar 2. Proses hard machining**

Penelitian ini dilakukan di beberapa lokasi mengacu pada ketersediaan peralatan percobaan. Proses perlakuan panas dan uji kekerasan dilakukan di laboratorium Metalografi Jurusan Teknik Metalurgi FT Untirta. Sedangkan pengujian topografi permukaan menggunakan Scanning Electron Microscopes (SEM) dan EDX Ray dilakukan di laboratorium Metalurgi, Departemen Metalurgi dan Material FT UI Depok.

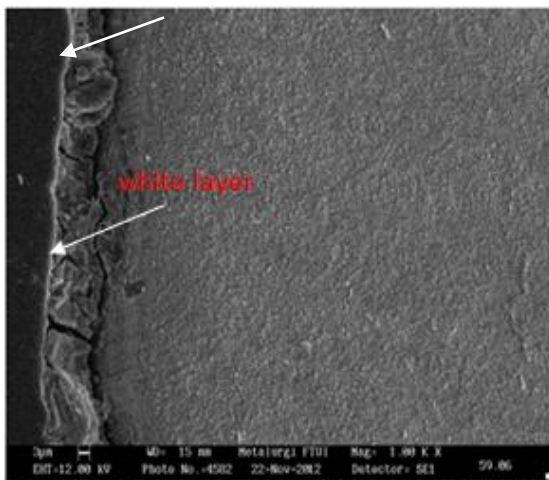
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses pemesinan, panas yang dihasilkan selama proses pemotongan mengalir pada geram (*chip*), pada pahat, dan selebihnya pada benda kerja. Prosentasi terbesar, panas terserap oleh geram kemudian pahat dan benda kerja. Jika tahanan panas (*heat resistance*) pada pahat meningkat, temperatur permukaan benda kerja juga akan meningkat. Untuk itu perlu dipilih material pahat yang memiliki resistansi panas yang rendah dan *polycrystalline cubic boron nitride* yang dapat memenuhi persyaratan tersebut. Mengacu pada Gambar 3, proses *hard machining* pada baja AISI 01 yang

dikeraskan terbukti menyebabkan timbulnya lapisan berwarna putih pada permukaan sampel (*white layer*). Berdasarkan kajian metalografi, adanya *white layer* sebagai akibat tingginya temperatur pada area pemotongan yang melebihi temperatur austenizing material sehingga menyebabkan penghalusan butir selama proses *hard machining* berlangsung.



a) SEM untuk $V = 80$ m/menit

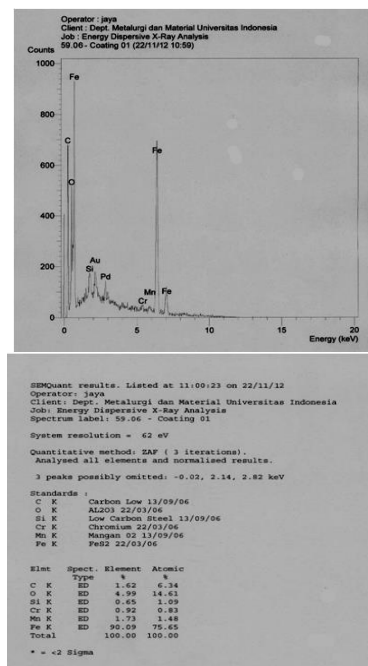


b) SEM untuk $V = 120$ m/menit

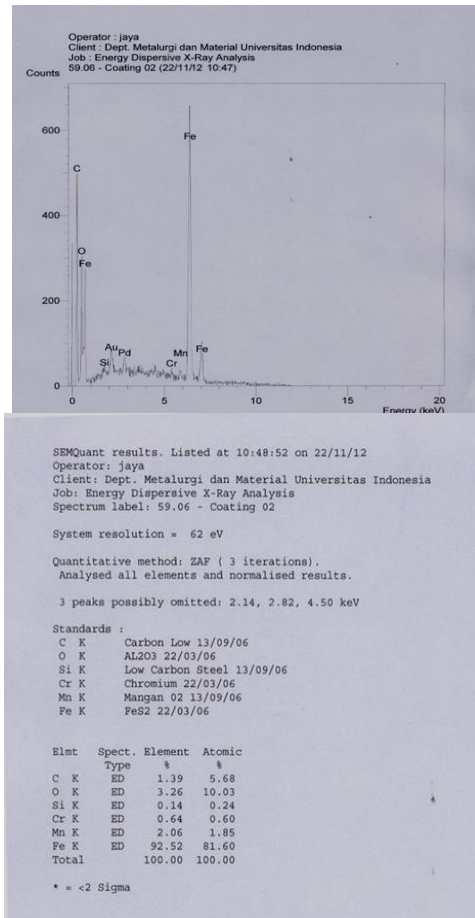
Gambar 3. Foto topografi permukaan sampel menggunakan SEM

White layer memiliki sifat mekanis yang keras, dengan demikian *white layer* meningkatkan kemampuan sampel terhadap beban gesek (keausan) dan memperlambat proses terjadinya korosi, akan tetapi disisi lain *white layer* menurun kanketahanan lelah material yang akhirnya dapat menyebabkan kegagalan produk. Dari hasil foto SEM diperoleh data ketebalan *white layer* pada kecepatan potong 80

m/menit adalah $3 \mu\text{m}$ sedangkan pada kecepatan potong 120 m/menit menghasilkan $1.3 \mu\text{m}$. Semakin tinggi kecepatan potong, ukuran *white layer* yang dihasilkan semakin tipis. Karena itu dengan menerapkan kecepatan potong yang tinggi (*high cutting speed*) pada *hard machining* dapat meminimalisir terbentuknya *white layer* pada permukaan produk. Sedangkan dari data uji EDX Ray diperoleh data sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini. Pada Gambar 3a dan 3b, komposisi carbon-nya adalah 1,62% dan 1.39% yang berarti masuk dalam kategori baja karbon tinggi. *Peak* unsur yang lainnya adalah Mn yang merupakan unsure deoksidasi untuk mengikat sulfur sehingga baja tidak mengalami penggetasan, Cr dan Si sebagai unsur paduan matriknya. Si merupa kansebagai promote karbida yang akan membentuk kekuatan dan ketangguhan pada baja, sedangkan Cr akan membentuk butiran baja menjadi halus sehingga memperbaiki kekerasan dan kekuatan baja sehingga baja memiliki ketahanan aus yang baik. Sedangkan hasil uji kekerasan setelah proses pemesinan, kekerasan baja tidak mengalami penurunan kekerasan yang signifikan.



a) Foto EDX Ray, sample $V=80$ m/menit



b) Foto EDX Ray, sampel V = 120 m/menit

Gambar 3. Foto EDX Ray

KESIMPULAN

Di tinjau dari kondisi kualitas permukaan, *hard machining* mampu menghasilkan *mirror surface* sebagaimana proses *grinding* akan tetapi lebih ekonomis karena *material removal rate*-nya jauh lebih tinggi dibandingkan proses *grinding*. Tingginya temperatur pemotongan menyebabkan terbentuknya *white layer* pada permukaan sampel yang dapat berpengaruh negatif pada ketahanan lelah material. *White layer* dapat diminimalisir bahkan dihilangkan dengan menerapkan kecepatan potong yang tinggi (*high cutting speed*) dan penggunaan perkakas potong yang memiliki resistensi panas yang rendah. Sedangkan hasil uji komposisi, tidak terjadi perubahan komposisi unsur yang berarti dan masih dalam batas standar. Oleh karena properties baja masih sesuai dengan spek teknis yang bisa diaplikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aramcharoen, P. T. Mativenga. White Layer Formation and Hardening Effects in Hard Turning of H13 Tool Steel with CrTiAlN and CrTiAlN/MoST-Coated Carbide Tools. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. March 2008, Volume 36, Issue 7-8, pp 650-657.
- [2] Assab Steel Indonesia Inc., 2004. Tool Steel for Engineering Purpose Catalogue.
- [3] Domenico Umbrello. Analysis of the White Layers Formed during Machining of Hardened AISI 52100 Steel under Dry and Cryogenic Cooling Conditions. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. February 2013, Volume 64, Issue 5-8, pp. 633-642.
- [4] Kiswanto Gandjar, Wiyono Slamet, AS Danardono. Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Kualitas Permukaan Baja DF-3 yang Dikeraskan. Jurnal Teknologi Universitas Indonesia, Edisi No. 3, Tahun XIX, September 2005, 179 – 265.
- [5] Kyocera, Inc.2012. Ceratip Lathe Tooling Catalogue
- [6] Shefelbine Wendy and Dornfeld A. David. The Effect of Dry Machining on Burr Size, the Journal of Consortium on Deburring and Edge Finishing. University of California, Berkeley. 2004.
- [7] S.S. Bosheh, P.T. Mativenga. White Layer Formation in Hard Turning of H13 Tool Steel at High Cutting Speeds using CBN Tooling. International Journal of Machine Tools and Manufacture Volume 46, Issue 2, February 2006, Pages 225–233.
- [8] Wiyono Slamet. Review Hard Turning Technology. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jurusan Teknik Mesin. 2010.
- [9] Wiyono Slamet dan Rina Lusiani. Dampak Pemesinan Tanpa Pendingin pada Baja AISI 01 yang dikeraskan. Prosiding SNNTM 7, Universitas Samratulagi, Manado, 2008.