

## Pengaruh Tebal Potong terhadap Umur Pahat Bubut HSS yang Dilapisi Titanium dan Nitrogen dengan Teknik *Sputtering* DC

Gusri Akhyar Ibrahim

Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung

Email : gusri@unila.ac.id

### Abstract

To increase performance of tool life, it can be done by superhard coating on surface of cutting tool by using sputtering method. The research aim was to deposit titanium and nitrogen thin film on high speed steel surface, and to investigate the effect of depth of cut on tool. Thin film deposition was done by sputtering in vacuum chamber and flowed argon and nitrogen simultaneously. Formed thin film at 27 specimens were tested by micro hardness Vickers of 10 gf. Optimal condition of temperatures, times and gas ratio  $N_2:Ar$  of sputtering were used to coat 54 tools. Testing of tool life were done by cutting medium carbon steel by cutting depth 0,5; 1,0; 1,5 mm, feeding 0,084; 0,090; 0,112 mm/rotation and cutting speed 23; 28; 32; 36; 42 and 48 m/min. The results show that the optimal depth of cut of coated and uncoated tools were 1 mm, tool life and removal material were after coated titanium and nitrogen increased at 17% dan 40,3%, respectively.

**Keywords** : sputtering, tool life, tebal tatal, titanium and nitrogen.

### PENDAHULUAN

Teknologi rekayasa telah memberikan kontribusi besar terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama di bidang rekayasa permukaan bahan [1]. Baja kecepatan tinggi (*high speed steel*) banyak digunakan, terutama untuk mesin perkakas. Satu faktor yang sangat penting dalam merencanakan pahat bubut adalah bagaimana merencanakan umur pahat yang panjang. Material titanium nitrida memiliki sifat-sifat sangat keras, tahan terhadap suhu tinggi, dan koefisien gesek yang rendah [2]. Metode *sputtering* adalah teknik rekayasa bahan dengan cara penembakan atom-atom berenergi tinggi ke permukaan target, sehingga atom-atom target terlepas dari permukaannya, dan kemudian diarahkan ke permukaan *substrat* [3]

Proses *sputtering* diawali dengan proses ionisasi gas-gas *sputter* seperti: Argon (Ar), Neon (Ne) maupun Helium (He). Karena pengaruh medan listrik diantara elektroda 1-3 kV [4] maka ion-ion gas *sputter* akan bergerak dengan energi yang cukup menuju katoda/target. Interaksi berkas ion gas *sputter*

seperti pada Gambar 1.\* Ion gas *sputter* terpantul dan menjadi netral dengan menangkap electron. Auger. [5] mendeposisikan lapisan tipis TiN pada *substrat* silicon dengan metode *Energetic Cluster Impact Deposition* (ECID). Tebalnya lapisan yang terdepresiasi 360 nm, warna lapisan keemasan (*gold*) dengan tekanan operasi  $10^{-2} - 10^{-4}$  Pa. Fwu Lii dkk [6] telah membentuk lapisan TiAlN pada baja kecepatan tinggi, yang sebelumnya di-*annealing* (860 °C), di-*quenching* dari 1220 °C dan kemudian di-*tempering* pada suhu 550 °C, dengan teknik *sputtering* DC. Pada suhu 350 °C, tekanan 0,8 Pa, aliran gas 20 liter/min. Lapisan yang terbentuk adalah 4  $\mu$ m. Keausan pahat disebabkan oleh beban yang bekerja pada pahat, dan temperatur [7,8]. Tahapan terbentuknya keausan dibedakan menjadi dua yaitu Keausan bagian muka pahat yang ditandai dengan pembentukan kawah/lekukan (*crater*) akibat gesekan serpihan (*chip*) sepanjang muka pahat dan Keausan pada bagian sisi *flank* akibat gesekan benda kerja yang bergerak.

Suprijanto [4] melapiskan nitrogen ke permukaan pahat bubut HSS menggunakan

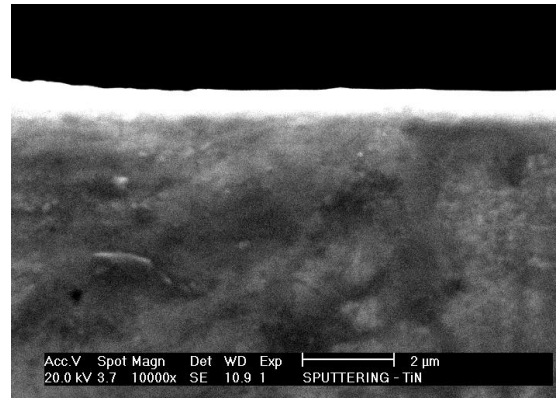
teknik implantasi ion. Hasil penelitiannya dapat meningkatkan kekerasan permukaan mencapai 80 %, meningkatkan umur pahat maksimum 86 % dengan kecepatan potong 44 meter/menit, pemakanan (*feeding*) 0,09 mm/putaran dan tebal potong 1,5 mm. Tebal lapisan yang terdeposisi pada permukaan pahat adalah 3  $\mu\text{m}$ . Mudjijana [9] deposisi titanium nitrida pada aluminium dengan *sputtering* meningkatkan kekerasan 25 %, ketahanan aus 43%, ketahanan korosi 89%, dengan tebal lapisan mencapai 0,6  $\mu\text{m}$ . Tujuan penelitian adalah mendeposisikan lapisan tipis titanium dan nitrogen pada permukaan baja kecepatan tinggi dengan menggunakan metode *sputtering DC* dan menyelidiki pengaruh tebal potong terhadap umur pahat bubut yang telah dilapisi titanium dan nitrogen.

#### CARA PENELITIAN

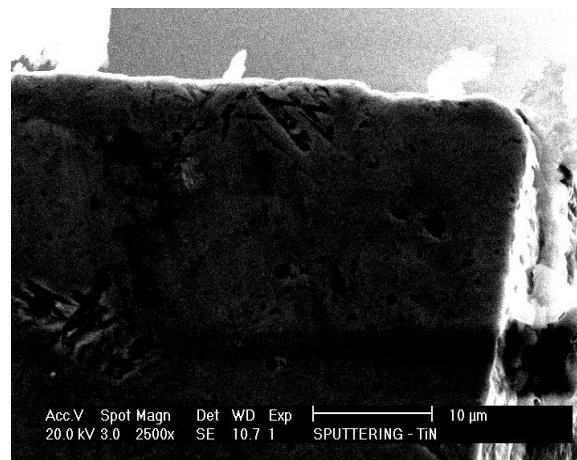
Buat spesimen awal dari Baja kecepatan tinggi dengan ukuran panjang 9,4 mm, lebar 9,4 mm, dan tinggi 11 mm dan secara bertahap dihaluskan permukaannya dengan kertas ampelas dari grit 300 s/d 1500 dan terakhir dipoles dengan *outosol* di atas kain wol yang berputar. Kemudian pemeriksaan struktur mikro dengan mikroskop optik, uji komposisi kimia dengan *energy dispersive spectrometer* dan uji kekerasan permukaan dengan *Vicker's Hardness tester* beban 10 gram. Sebelum di masukan ke dalam ruang vakum spesimen di-*ultrasonic* dalam alkohol teknis selama 15 menit. Selanjutnya spesimen ditempatkan pada anoda dan titanium berupa pelat pada katoda. Gas nitrogen juga dialirkan secara bersamaan ke tabung plasma hingga terbentuk lapisan titanium dan nitrogen pada *substrat*. Proses pendeposisian ini berlangsung pada tekanan sekitar  $10^{-2}$  -  $10^{-1}$  torr dengan 6 variasi suhu, 3 variasi waktu dan 5 variasi perbandingan jumlah aliran gas. Kondisi optimalisasi variasi digunakan untuk pelapisan sisi potong pahat bubut. Pahat bubut yang dilapisi dan tidak dilapisi diujicobakan untuk membubut bahan baja karbon medium. Umur pahat bubut yang dilapisi dan tidak dilapisi, ditentukan berdasarkan pengamatan lebar keausan sisi potong (*flank*)  $VB = 0,3$  mm

#### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tebal lapisan titanium dan nitrogen yang terdeposisi selama proses *sputtering* ditentukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2. Tebalnya lapisan tipis rata-rata di sepanjang bagian lurus dan ujung pahat adalah 0,6  $\mu\text{m}$ .



Gambar 1. Hasil SEM penampang membujur sisi potong lurus dan ujung pahat bubut HSS yang di-*sputtering* dengan perbesaran 2500x



Gambar 2. Hasil SEM penampang membujur sisi potong lurus pahat bubut HSS yang di-*sputtering* dengan perbesaran 10000x

Komposisi unsur dari lapisan titanium dan nitrogen yang terdeposisi ditentukan dengan metode *Energy Dispersive Spectrometer* (EDS) seperti yang disajikan pada Tabel 1. Lapisan tipis yang terbentuk mengandung Ti dan N masing-masing sebesar 17,61% dan 31,88%. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan

kekerasan pahat dari hasil pengujian betul-betul disebabkan oleh lapisan yang terdeposisi setebal 0,6  $\mu\text{m}$ .

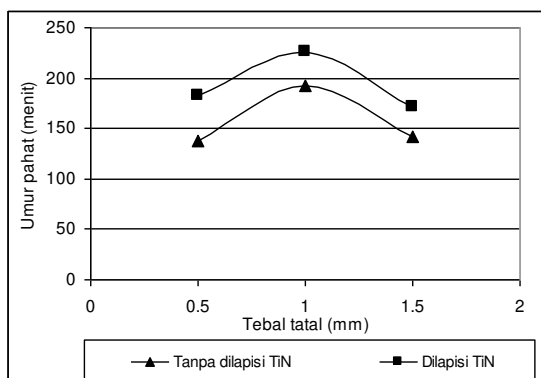
Tabel 1. Hasil uji komposisi bahan pahat baja kecepatan tinggi

Unsur	Komposisi (% elemen)			Rata-rata
	1	2	3	
Ti	17,35	18,44	17,05	17,61
N	31,25	31,49	32,91	31,88

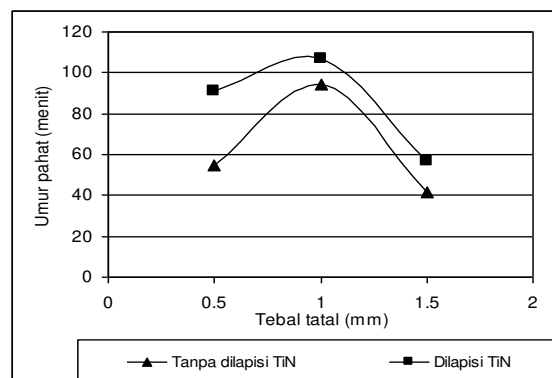
Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian pahat perkakas menggunakan mesin bubut untuk berbagai keadaan pemotongan. Daripada hasil pengujian ini kemudian diplotkan menjadi beberapa graf antara dalam pemotongan dan umur pahat sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3 – 7.

Tabel 2. Data hasil pengujian keausan pahat tanpa dan dilapisi Ti dan N

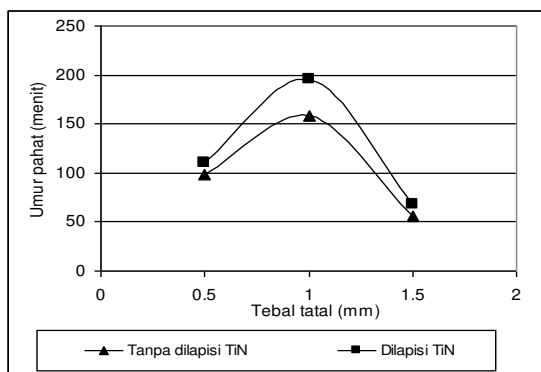
Pahat tanpa dilapisi Ti dan N				Pahat dilapisi Ti dan N			
Kec.potong	Feeds	Tebal total	Umur	Kec.potong	Feeds	Tebal total	Umur
(V), m/min	mm/put	mm	(T) menit	(V), m/min	mm/put	mm	(T) menit
23,51	0,084	0,5	137,86	22,63	0,084	0,5	182,24
23,41	0,084	1,0	193,10	22,21	0,084	1,0	225,64
23,00	0,084	1,5	141,62	23,00	0,084	1,5	171,60
36,17	0,09	0,5	54,86	35,35	0,090	0,5	91,00
43,52	0,09	0,5	40,30	42,00	0,090	0,5	73,88
35,24	0,09	1,0	94,04	37,28	0,090	1,0	107,13
43,01	0,09	1,0	38,92	41,80	0,090	1,0	85,04
35,17	0,09	1,5	41,21	36,00	0,090	1,5	56,96
42,42	0,09	1,5	5,35	42,14	0,090	1,5	17,05
29,74	0,112	0,5	98,37	27,32	0,112	0,5	109,75
48,00	0,112	0,5	37,96	46,28	0,112	0,5	90,21
29,04	0,112	1,0	158,90	48,23	0,112	1,0	196,12
49,74	0,112	1,0	6,84	26,21	0,112	1,5	44,10
29,96	0,112	1,5	55,56	22,96	0,112	1,0	68,12



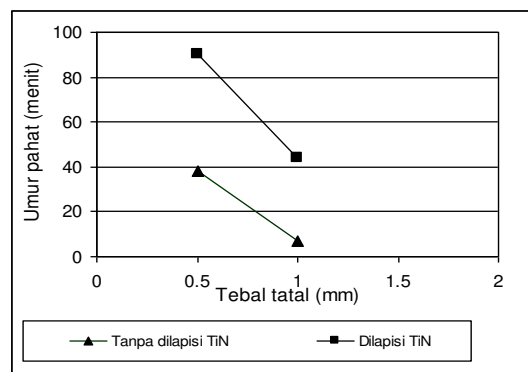
Gambar 3. Grafik tebal tatal vs umur pahat, dilapisi dan tanpa dilapisi, kecepatan potong 23 m/min, laju pemakanan 0.084 mm/put



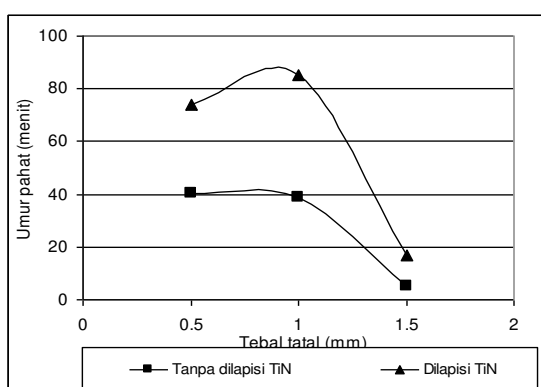
Gambar 6. Grafik tebal tatal vs umur pahat, dilapisi dan tanpa dilapisi kecepatan potong 42 m/min, laju pemakanan 0.090 mm/put



Gambar 4. Grafik tebal tatal vs umur pahat, dilapisi dan tanpa dilapisi kecepatan potong 28 m/min, laju pemakanan 0.112 mm/put



Gambar 7. Grafik tebal tatal vs umur pahat, dilapisi dan tanpa dilapisi TiN kecepatan potong 48 m/min, laju pemakanan 0.112 mm/put



Gambar 5. Grafik tebal tatal vs umur pahat, dilapisi dan tanpa dilapisi kecepatan potong 36 m/min, laju pemakanan 0.090 mm/put

Pada Gambar 3 s/d 7. di atas dapat dilihat bahwa untuk masing-masing variasi kecepatan potong, variasi laju pemakanan dan variasi tebal potong, umur pahat bubut HSS yang dilapisi titanium nitrida relatif lebih lama (meningkat) bila dibandingkan dengan pahat yang tidak dilapisi. Peningkatan ini jelas disebabkan oleh lapisan Ti dan N yang terdeposisi lebih keras dan tahan pada suhu tinggi. Peningkatan umur pahat bubut untuk tebal potong 1 mm adalah 15 % sampai dengan 55 %, ini terdapat pada kecepatan potong 23, 28 dan 32 m/min, sedangkan untuk kecepatan potong yang lebih tinggi (36 dan 42 m/min), peningkatan umur pahat relatif lebih rendah berkisar antara 15 % hingga 30 %. Hal ini disebabkan oleh bahwa makin tinggi kecepatan potong maka pahat akan cepat panas dan keausan juga akan cepat terjadinya. Keadaan

yang sama juga dikemukakan oleh beberapa peneliti sebelumnya, antaranya adalah Shaw [1], Trent [8] dan Kalpakjian dan Schmid [7]. Untuk kecepatan potong 23 m/min hingga 42 m/min dengan tebal potong 1 mm adalah tebal potong yang memberikan umur pahat maksimal. Untuk tebal potong 0,5 mm umur pahat relatif rendah kemudian meningkat seiring dengan penambahan tebal potong menjadi 1 mm selanjutnya menurun lagi pada tebal potong 1,5 mm.

Peningkatan umur pahat dari tebal potong 0,5 mm ke 1 mm ini, disebabkan oleh pola keausan (VB) yang terbentuk antara keduanya tidak sama. Pada tebal potong 0,5 mm pola keausan yang terbentuk pada bagian *creater* lebih pendek dan pertumbuhannya lambat. Hal ini menyebabkan pertumbuhan keausan ke bagian *flank* lebih cepat sehingga menyebabkan pahat cepat aus, sedangkan pola keausan untuk tebal potong 1 mm relatif standar. Untuk tebal potong 1,5 mm, umur pahat kembali menurun dan ini disebabkan oleh tebal potong yang lebih tebal akan memberikan beban yang lebih besar dan permukaan kontak yang luas sehingga menimbulkan cepat aus [10]. Beban yang lebih besar akan menyebabkan gesekan yang lebih besar diantara dua bidang yang saling kontak [1]. Untuk kecepatan potong 42 m/min dan 48 m/min umur pahat jauh lebih rendah dibandingkan umur pahat pada kecepatan lebih rendah (23 m/min s/d 36 m/min). Untuk kecepatan tinggi umur pahat maksimum adalah 104 menit dengan tebal potong 0,5 mm dan kecepatan 42 m/min. Sedangkan umur pahat maksimum pada kecepatan rendah adalah sebesar 225 menit dengan tebal potong 1 mm dan kecepatan potong 23 m/min.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Tebal potong optimal untuk pahat tanpa dan dilapisi titanium dan nitrogen adalah sama yaitu 1 mm. Umur pahat maksimum tanpa lapisan 193,10 menit dan sesudah dilapisi titanium dan nitrogen menjadi 225,64 menit, atau meningkat sebesar 17%. Kekerasan permukaan baja kecepatan tinggi setelah dilapisi titanium dan nitrogen meningkat sebesar 61,6%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shaw, C.M., 1984, *Metal cutting principles*, Clarendon Press, Oxport.
- [2] Wasa, K and Hayakawa, S., 1992, *Handbook of Sputter Deposition Technolog*, Noyes Publication, USA
- [3] Grainger, S., 1989, *Engineering Coating Aplication and Desig*, Woodhead Publishing Ltd. Abington Publishing, Cambrige, London.
- [4] Sujitno, B.A., 2002, Sputtering untuk Rekayasa Permukaan Bahan. *Diktat Kuliah Workshop*. P3TM-BATAN, Indonesia.
- [5] Guoging, Y. dan Jingsheng, C., 1998, "Formation of Titanium Nitride Film by Energetic Cluster Impact Deposition Thin Solid Film", Vol.355, 59–63, Elsevier Journal.
- [6] Fung Lii, D. and Lai Huang, 1998, "Modeling of Reactively Sputtered TiAlN Film Thin Solid Film", Vol. 355, 122–126, Elsevier Journal.
- [7] Kalpakjian, S., Rchmid, S.R., 2001, *Manufacturing Engineering and Technology Fourth Edition*. USA, Prentice Hall.
- [8] Trent, E.M., 1995, *Metal Cutting Thirth Edition*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- [9] Mudjijana. Sudjatmoko. Sujitno. dan Susanto, 2001, "Deposisi Lapisan Tipis Titanium Nitrida pada Substrat Aluminium dengan Teknik Sputtering DC", *Proseding Seminar Nasional Pengembangan Keramik, Teknologi dan Aplikasinya*. Serpong, Indonesia.
- [10] Boothroyd, G., 1995, *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools*. International Student Edition, Mac Graw Hill, Tokyo, Japan.