

## PENGARUH PERUBAHAN TEKANAN DAN WAKTU PROSES *PLASMA/ION NITRIDING* TERHADAP KEKERASAN PERMUKAAN PAHAT BUBUT HSS

Purnomo

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang.

### Abstrak

Pahat bubut jenis high speed steel (HSS) saat ini membanjiri pasar alat potong di Indonesia. Pahat jenis HSS ini permukaannya cepat aus. Peningkatan ketahanan aus pahat tersebut dilakukan dengan meningkatkan kekerasan permukaan bahan tersebut dengan menggunakan teknologi plasma/ion nitriding. Tujuan penelitian ini adalah menentukan tekanan dan waktu proses plasma/ion nitriding yang menghasilkan kekerasan tertinggi pada permukaan material pahat bubut tersebut. Proses plasma/ion nitriding dilakukan terhadap spesimen dari bahan pahat bubut HSS dengan variasi tekanan 1,2 mbar, 1,4 mbar, 1,6 mbar, 1,8 mbar dan 2 mbar pada variasi waktu 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Mikro Vickers pada beban 10 gf dengan lama indentasi 15 detik. Hasil pengujian kekerasan material yang dikenai plasma nitriding treatment dibandingkan terhadap nilai kekerasan material tanpa treatment untuk mengetahui besarnya peningkatan kekerasannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekerasan permukaan meningkat sebesar 535,8% dari kekerasan 288VHN menjadi 1834 VHN. Harga ini diperoleh melalui plasma/ion nitriding treatment pada tekanan 1,6 mbar selama 4 jam.

**Kata Kunci** : pahat bubut HSS, plasma/ion nitriding, tekanan, waktu, kekerasan

### Pendahuluan

Sejak ditemukan tahun 1898, penggunaan baja jenis *high speed steel* (HSS) terus mengalami perkembangan hingga pada akhirnya material ini banyak digunakan sebagai material potong (*cutting tool*). Pasar dunia tentang cutting tool, diestimasi oleh Valerius (1998) permintaannya mencapai \$US 10 billion tiap tahun. Untuk jenis *high speed steel* (HSS), Kwietniewski (2004) mengestimasi mencapai 35% dari total permintaan pasar.

Sejak pertengahan tahun 1999 Indonesia mulai dibanjiri oleh aneka produk alat potong yang dapat dibeli dengan harga 25 % sampai dengan 30 % dari harga pahat bubut HSS buatan Jepang dan Eropa yang sebelumnya mendominasi pasaran.

Dari sisi ekonomi, keadaan ini tentu menggembirakan kalangan pengguna pahat bubut yang memiliki modal usaha kecil karena dapat memenuhi kebutuhan pahat bubut dengan uang yang sedikit. Tetapi dari sisi efisiensi dan produktivitas kerja, penggunaan pahat bubut jenis ini kurang menguntungkan. Permukaan pahat HSS cepat aus sehingga ketajamannya cepat sekali menurun. Bila pahat bubut mulai menurun ketajamannya maka kualitas permukaan benda kerja dan ketepatan ukuran juga akan terpengaruh. Operator mesin bubut harus sering melakukan pengasahan ulang pada pahat bubut HSS yang digunakannya. Waktu yang digunakan operator untuk mengasah ulang pahat bubut tersebut tentu saja akan menambah panjang waktu pengerjaan setiap produk, sehingga baik produktivitas maupun efisiensi produksi akan menurun.

Untuk memperbaiki kualitas pahat bubut HSS ini dapat dilakukan dengan cara melakukan pengerasan permukaan pahat bubut tersebut. Berbagai teknologi rekayasa permukaan (*surface treatment*) telah dikembangkan untuk meningkatkan kekerasan, ketahanan terhadap aus serta ketahanan terhadap korosi disamping untuk memperindah tampilan permukaan. Teknologi rekayasa permukaan tersebut diantaranya adalah *Carburising*, *sputtering*, implantasi ion dan *plasma/ion nitriding*.

Dari teknologi perlakuan permukaan (*surface treatment*) yang ada tersebut, *plasma/ion nitriding* mempunyai banyak keunggulan/keuntungan dibandingkan lainnya diantaranya (Aizawa, 2003) : kemudahan pengontrolan dalam metalurgi dan ketebalan lapisan permukaan, proses pada temperatur rendah (450°C - 550°C) sehingga kemungkinan terjadi distorsi kecil serta tidak mencemari lingkungan.

Material pahat bubut HSS merupakan bagian baja/logam yang mempunyai ketidakaturan susunan atom pada permukaannya. Melalui mekanisme difusi baik difusi intertisi maupun difusi vakansi sangat memungkinkan untuk mendeposisikan atom N pada susunan atom-atom pada permukaan HSS dengan menggunakan teknologi *plasma/ion nitriding*. Namun demikian belum diketahui tekanan dan waktu proses *plasma/ion nitriding* yang optimum serta sampai berapa besar nilai kekerasan yang dapat di hasilkan.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan tekanan dan waktu proses *plasma/ion nitriding* yang optimum yang menghasilkan peningkatan nilai kekerasan maksimum pada material pahat bubut Hss (*as receive*). Kekerasan maksimum dari pemilihan parameter (tekanan dan waktu) yang tepat diharapkan mampu meningkatkan ketahanan aus permukaan pahat Hss. Meningkatnya ketahanan aus permukaan pahat tersebut akan meningkatkan umur pakai. Meningkatnya umur pakai pahat akan meningkatkan efisiensi dan produktifitas kerja.

Berbagai penelitian tentang pengerasan permukaan HSS banyak dilakukan dengan pelapisan. Ibrahim (2004) berhasil meningkatkan kekerasan HSS sebesar 61,6% dan umur pemakaiannya meningkat 17% melalui pelapisan TiN dengan teknik *sputtering*. Dengan teknik yang sama, dilakukan pelapisan HSS dengan TiN/AlN oleh Supriyanto (2005) dan berhasil meningkatkan kekerasan sebesar 107% dan meningkatkan umur pahat 80 – 100%.

Aplikasi teknologi *plasma nitriding* dalam meningkatkan nilai kekerasan dan ketahanan aus permukaan logam telah dilakukan oleh Supriyanto (2007) dan berhasil meningkatkan kekerasan baja poros sebesar 143% dari kekerasan awal dengan menggunakan teknologi *plasma/ion nitriding* selama 3 jam pada tekanan 1,2 mbar. Sedangkan Oliveira (2002) telah meneliti transformasi fasa  $\alpha'$  ke  $\gamma'$  pada baja karbon rendah setelah dilakukan proses *plasma/ion nitriding*.

## Metodologi

Langkah awal dalam penelitian ini adalah menyiapkan bahan penelitian. Bahan yang digunakan yaitu pahat bubut *high speed steel* (HSS) buatan China *as receive*, yang dipotong-potong menjadi spesimen uji dengan ukuran 10 x 10 x 20 mm. Permukaan spesimen ini diratakan dan dihaluskan dengan menggunakan amplas dan kemudian dilakukan *polishing* sehingga pada permukaan spesimen menjadi rata, halus dan bersih mengkilat.

Langkah selanjutnya adalah melakukan nitridasi *plasma/ion (plasma/ion nitriding)* pada spesimen yang telah disiapkan sebelumnya. Proses *plasma/ion nitriding* dilakukan dengan variasi tekanan 1,2 mbar, 1,4 mbar, 1,6 mbar, 1,8 mbar dan 2 mbar pada variasi waktu 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam. Dengan demikian terdapat 25 variasi tekanan dan waktu proses *plasma/ion nitriding*. Temperatur proses *plasma/ion nitriding* dijaga tetap 500°C pada beda tegangan anoda dan katoda sebesar 800 V. Proses *plasma/ion nitriding* dilakukan di Laboratorium Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, Badan Tenaga Atom Nasional (PTAPB – BATAN), Yogyakarta.

Setelah spesimen mendapat perlakuan *plasma/ion nitriding* sebanyak 25 variasi tersebut, selanjutnya pada spesimen dilakukan pengujian kekerasan. Pengujian yang dimaksud adalah pengujian kekerasan mikro specimen HSS non *treatment* dan specimen HSS dengan *treatment*. Tiap specimen uji dilakukan uji kekerasan mikro di 6 titik yang berbeda supaya nilai kekerasan yang diperoleh valid. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Mikro Vickers pada beban 10 gf dengan lama indentasi 15 detik. Pengujian kekerasan ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Universitas Gadjah Mada.

Hasil pengujian kekerasan material dengan parameter proses yang berbeda dicatat dan dibandingkan satu dengan yang lainnya. Parameter proses *plasma/ion nitriding* yang optimum akan menghasilkan kekerasan material yang tertinggi. Untuk mengetahui besarnya peningkatan kekerasan, Hasil pengujian kekerasan material yang dikenai *plasma nitriding treatment* dibandingkan terhadap nilai kekerasan material tanpa *treatment*.

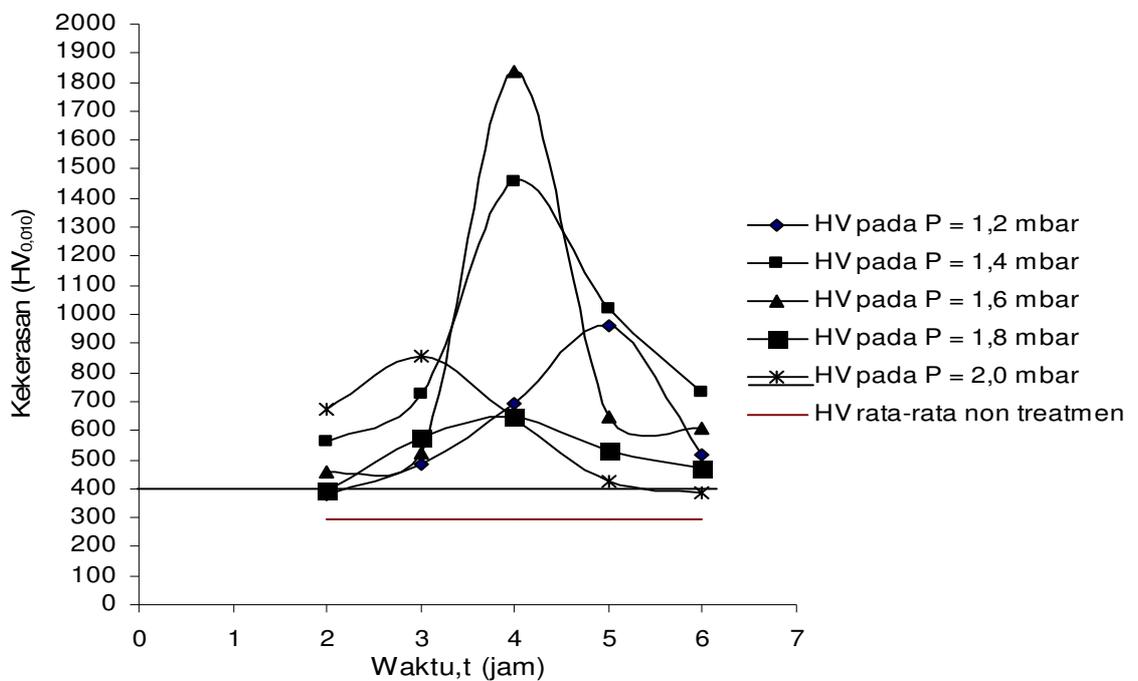
**Hasil dan Pembahasan**

Komposisi material pahat bubut HSS *as recieve* dalam penelitian disajikan pada tabel I berikut ini.

Tabel I. Komposisi kimia material *non treatment* pahat HSS *as recieve*

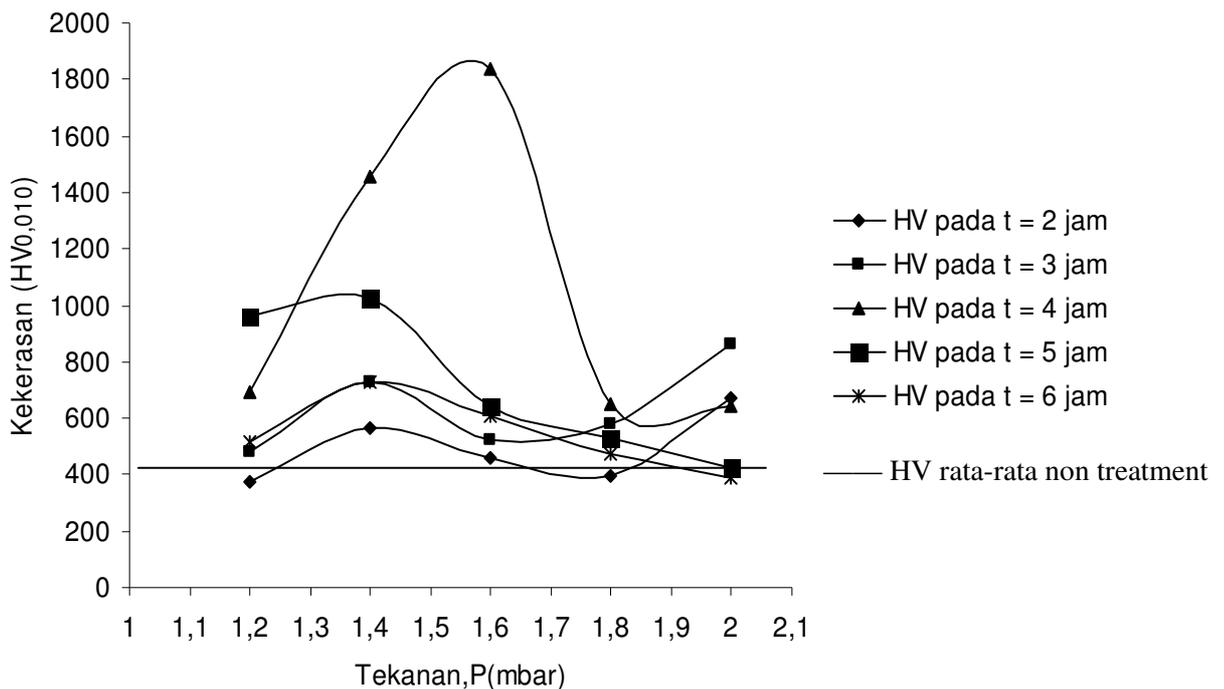
No	Unsur	%	No	Unsur	%	No	Unsur	%
1	C	0,64	7	Si	0,62	13	Al	0,1493
2	Mn	0,281	8	P	0,0179	14	Pb	0,0094
3	W	0,7854	9	Cu	0,0816	15	Ca	0,0083
4	Mo	0,2255	10	S	0,0041	16	Zn	0,0265
5	Cr	1,1762	11	Ti	0,007	17	Fe	95,75
6	Ni	0,2072	12	Sn	0,0069			

Kondisi kekerasan permukaan akibat adanya perubahan parameter proses *plasma/ion nitriding* ditunjukkan pada gambar 1 dan gambar 2 di bawah ini. Pada tekanan konstan proses *plasma/ion nitriding*, mula-mula kekerasan meningkat oleh meningkatnya waktu proses. Setelah melewati batas waktu tertentu, kekerasannya menurun. Semakin besar tekanan proses, waktunya cenderung semakin pendek untuk mencapai kekerasan maksimum bahan. Kondisi ini dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Harga kekerasan pahat HSS pada tekanan konstan, lama indentasi 15 detik

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada waktu konstan proses *plasma/ion nitriding*, secara umum kekerasan meningkat oleh meningkatnya tekanan proses hingga batas tekanan tertentu, setelah itu kekerasan menurun. Pada tekanan yang konstan 1,2 mbar, kenaikan waktu proses *plasma/ion nitriding* hingga 5 jam menyebabkan kekerasan bahan meningkat. Tetapi pada tekanan di atas 1,2 mbar hingga 1,8 mbar, terjadi peningkatan kekerasan bahan ketika waktu proses *plasma/ion nitriding* hingga 4 jam, di atas 4 jam nilai kekerasan bahan menurun. Diatas tekanan 1,8 mbar, peningkatan waktu proses *plasma/ion nitriding* menyebabkan penurunan kekerasan bahan.



Gambar 2. Harga kekerasan pahat HSS pada waktu (t) konstan, lama indentasi 15 detik

Secara umum, kekerasan bahan pahat bubuk HSS *as receive* mengalami peningkatan. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan, bahwa kekerasan awal rata-rata material pahat bubuk HSS *as receive* yang diteliti adalah 295,3 HV0,010. Perlakuan *plasma/ion nitriding* pada material berhasil meningkatkan nilai kekerasan permukaannya hingga mencapai 535,8%. Peningkatan kekerasan sebesar ini dicapai setelah material pahat bubuk HSS diberi perlakuan *plasma/ion nitriding* pada tekanan 1,6 mbar selama 4 jam. Besarnya peningkatan kekerasan setelah material diberi perlakuan *plasma/ion nitriding* disajikan pada tabel II dibawah ini.

Tabel II. Peningkatan kekerasan permukaan setelah perlakuan *plasma/ion nitriding*

No	Parameter Proses		Peningkatan (%)	No	Parameter proses		Peningkatan (%)
	P(mbar)	t (jam)			P(mbar)	t (jam)	
1	1,2	2	27,9	14	1,6	5	117,7
2	1,2	3	71,4	15	1,6	6	105,9
3	1,2	4	143,6	16	1,8	2	31,3
4	1,2	5	226,3	17	1,8	3	97,1
5	1,2	6	80,4	18	1,8	4	123,8
6	1,4	2	87,1	19	1,8	5	77,9
7	1,4	3	145,3	20	1,8	6	56,3
8	1,4	4	381,9	21	2	2	126,3
9	1,4	5	251,8	22	2	3	199,5
10	1,4	6	140,5	23	2	4	120,7
11	1,6	2	63,1	24	2	5	47,2
12	1,6	3	86,5	25	2	6	29,1
13	1,6	4	535,8				

### Simpulan

Proses *plasma/ion nitriding* pada tekanan 1,6 mbar selama 4 jam adalah proses yang paling tepat untuk menghasilkan kekerasan permukaan yang maksimum pada material pahat bubut Hss *as receive*. Perlakuan permukaan dengan proses *plasma/ion nitriding* pada tekanan dan waktu tersebut menghasilkan peningkatan kekerasan permukaan pahat HSS sebesar 535,8% dari kekerasan 288 VHN menjadi 1834 VHN. Kekerasan maksimum dari pemilihan parameter (tekanan dan waktu) yang tepat diharapkan mampu meningkatkan ketahanan aus permukaan pahat Hss *as receive*. Meningkatnya ketahanan aus permukaan pahat tersebut akan meningkatkan umur pakai sehingga akan meningkat pula efisiensi dan produktifitas kerja.

### Daftar Pustaka

- Aizawa,T., Kuwahara, H., 2003, *Plasma Nitriding As An Environmentally Benign Surface Structuring Process*, Materials transactions - JIM ISSN 0916-1821., vol. 44 , Japan Institute of Metals, Sendai, JAPON
- Boothoyd.G., 1975, *Fundamental of Metal Machining and Machine Tool*, International Student Edition, McGraw-Hill, Tokyo, Japan.
- Borsa,D.M., 2004., *Nitride-Based Insulating and Magnetic Thin Films And Multilayers*, Submitted the project was supported by the Dutch Foundation for Fundamental Research on Matter (FOM). Drukkerij Regenboog, Groningen
- Zhao,B., Sun.J., Wu. J.S., Z.X. Yuan, 2002, *Scripta Materialia*, 46, p581.
- Burakowski,T., Wierzchon.T, 1999, *Surface Enggineering of Metal : Principles, Equipment, Technologies*, CRC Press, Boca Raton London, New York
- Callister,WD., 2001, *Fundamentals of material science and Engineering*. McGraw-Hill, New York
- Childs,T., Maekawa, k., Obikawa, T., and Yamane., 2000, *Metal Machining Theory and Applications*, John Willy & Sons Inc, Toronto, New york.
- Gerling,1974, *All About Machine Tools*, Wiley Earstern Privated Limited, New Delhi
- Hogmark, 2003, *Wear Mechanism of HSS Cutting Tool*, Upsala university, The Angstrom Laboratory, Mikael Olsson, Dalarna University, Sweden
- Ibrahim, AG., 2004, *Pengaruh Tebal Potong terhadap Laju Keausan Pahat Bubut HSS Yang Dilapisi Titanium Nitride dengan Teknik sputtering*, Thesis, Jurusan teknik mesin UGM.
- Konuma, M., 1992, *Film Deposition by Plasma Techniques*, Springer-Verlag, Berlin
- Kwietniewski,C., Fontana,W., Moraes, C., Roscha,A., Hirsch,T., and Reguly,A., 2004, *Surf. Cote. Techno*, 179,p27

- Oliveira, S.D., Pinedo, C.E., Tschiptschin, A.P., 2002, *On the  $\alpha''$  to  $\gamma'$  Nitride Transformation After Plasma Nitriding and Aging a Low Carbon Steel*, Kluwer Academic Publisher
- Sinha, 2003, *Physical Metallurgy Handbook*, McGraw-Hill, New York
- Supriyanto, D., 2007, *Pengerasan Permukaan Baja Poros Menggunakan Teknik Nitridasi Ion*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Sujitno, B.A., 2003, *Aplikasi Plasma dan teknologi Sputtering untuk Surface Treatment*, Makalah Workshop Sputtering untuk rekayasa Permukaan Bahan, P3TM-BATAN, Yogyakarta.
- Valerius, E., 1998, *Gorham Advanced Material Conference*, Florida
- Yu, Z., Dharmasena, K.P., Hass, D.D., Wadley, H.N.G., 2006, *Surface and Coatings Technology*, in press