

Pengaruh Dimensi Atom Target *D.C. Magnetron Sputtering* Terhadap Sifat Mekanis Baja AISI 410

Gaguk Jatisukanto^{1*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan 37, Jember

*Email Penulis: gagukjt@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 29/06/2018

Naskah Direvisi 29/06/2018

Naskah Disetujui 29/06/2018

Naskah Online 30/06/2018

ABSTRAK

Micro machining technology uses AISI 410 steel as tools and surgical equipment. AISI 410 steel is hardenable so it is relatively easy to repair its mechanical properties. The weakness of heat treatment in AISI 410 steel for small dimensioned components causes distortion. Therefore, in this research, an effort to improve the mechanical properties of AISI 410 steel using physical vapor deposition (PVD) technique. The method of this research is to deposition Ti-N, Cr-N, W-N and Al-N with D.C magnetron sputtering technique. The sputtering process is carried out at room temperature by bombarding the target material (coating) with Argon gas, so that the bombed atoms will be deposited on the surface of the substrate (coated material). The results showed that the film layer deposition properties on the surface of AISI 410 steel were influenced by the characteristics of the formed nitride layer and the size of the atoms that struck the surface of AISI 410 steel.

Keywords: AISI 410, mikro machining D.C magnetron sputtering, kekerasan, keausan

1. PENDAHULUAN

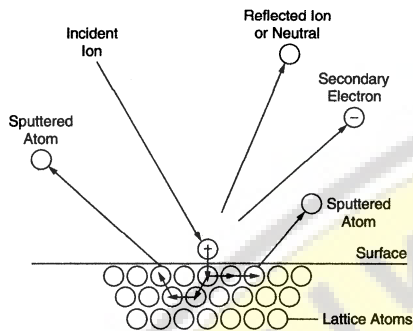
Baja AISI 410 termasuk baja tahan karat martensitik banyak digunakan sebagai material *turbin blade*, *tools*, *bearings*, peralatan bedah, dan peralatan bedah ortopedi. Baja martensitik mudah diberi perlakuan panas dan nitriding untuk memperbaiki sifat mekanisnya [1]. Perlakuan permukaan dilakukan dengan temperatur dibawah 400 °C dilakukan untuk menghindari distorsi. Perlakuan panas dengan temperatur diatas 400 °C menyebabkan mobilisasi atom-atom Cr aktif bergerak, kekerasan permukaan bertambah, akan tetapi ketahanan korosinya menurun karena terjadi Cr *depletion* dalam larutan padat. Teknologi *micromachining* adalah teknologi manufaktur dengan tingkat ketelitian dalam skala mikron. Peralatan bedah memerlukan tingkat ketelitian tinggi, karena ketidakakuratan yang disebabkan penggunaan peralatan bisa mempengaruhi hasil postoperatif selama proses pemotongan. Efek panas yang ditimbulkan alat selama proses pembedahan harus dihindari agar tidak terjadi nekrosis sel-sel tulang dan saraf [2].

Perbaikan sifat mekanis material dapat dilakukan pada suhu rendah, salah satunya dengan teknologi *Physical Vapour Deposition* (PVD). Deposisi lapisan PVD dengan metode *Pulsed D.C sputtering* AlN pada substrat Si menunjukkan bahwa perubahan tegangan sisa lapisan permukaan dari *compression residual stress* menjadi *tension*

residual stress pada tekanan 2 mTorr. Ion-ion material target semakin efektif membombardir permukaan substrat jika tekanan tekanan di dalam *chamber* semakin rendah. Jika tekanan sputtering semakin tinggi, maka akan menyebabkan tumbukan antara sesama atom yang terlepas dari permukaan target, sehingga lapisan film AlN menjadi sulit terbentuk [3], [4]. Deposisi atom target Ni pada permukaan substrat Cu berhasil dilakukan dalam interval energi *impact* diantara 50-200 eV. Deposisi lapisan dipengaruhi dimensi atom sputtering, hal ini ditunjukkan saat bombardir permukaan target dengan menggunakan atom Xe yang menghasilkan deposisi lapisan film yang lebih baik jika dibandingkan dengan menggunakan atom Ar. Energi *impact* yang semakin besar akan menghasilkan kekasaran permukaan (*roughness*) yang semakin besar juga [5]. Deposisi lapisan PVD dengan metode *reaktif magnetron sputtering* menghasilkan kecenderungan grafik yang sama antara kekerasan dengan *compression residual stress* pada lapisan film. Senyawa logam transisi golongan IVB, VB dan VIB seperti titanium, krom, tungsten dan lainnya sering digunakan sebagai material target sputtering karena menghasilkan lapisan film nitrida yang memiliki sifat mekanis yang baik [6].

Sputtering adalah deposisi permukaan material (substrat) dengan cara membombardir material pelapis (target) dengan atom-atom *inert* biasanya atom Ar dengan Xe, sehingga

atom-atom target terlepas dan terdeposisi pada permukaan substrat. Proses sputtering merupakan transfer momentum dimana hasil bombardir ion-ion pada permukaan target akan melepaskan atom-atomnya sehingga akan terdeposisi pada permukaan substrat. Parameter proses sputtering tergantung pada energi ion, sudut tembak, energi ikatan atom dan massa atom. Prinsip sputtering diilustrasikan dalam pada Gambar 1 [7]. Tujuan penelitian ini adalah mencari pengaruh dimensi atom-atom Ti, Cr, Al dan W sebagai material target *d.c magnetron sputtering* terhadap sifat mekanis baja AISI 410.



Gambar 1. Prinsip proses sputtering

2. METODE PENELITIAN

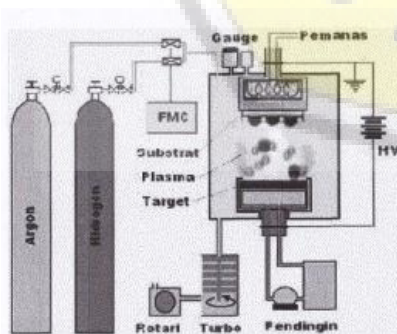
2.1 Proses D.C Magnetron Sputtering

Proses *D.C Magnetron sputtering* dilaksanakan di P3TM BATAN, Yogyakarta. Deposisi lapisan nitrida menggunakan target masing-masing adalah Ti, Al, Cr, W dalam tekanan atmosfer gas nitrogen agar terbentuk lapisan nitrida TiN, AlN, CrN, dan WN. Tabel 1 menampilkan radius atom yang akan dideposisikan dengan teknik sputtering [8].

Tabel 1. Radius atom deposisi sputtering

Nama Atom	Ti	Cr	W	Al	N
Jari-Jari Atom (nm)	0,147	0,128	0,141	0,143	0,071

Dimensi bahan target masing-masing berdiameter 50 mm dengan tebal 3 mm. Proses sputtering dilakukan dengan cara: material target ditempatkan di dalam wadah vakum dengan tekanan $1,3 \times 10^{-5}$ torr, selanjutnya dibombardir dengan ion-ion Ar dan dialirkan gas nitrogen di dalamnya.



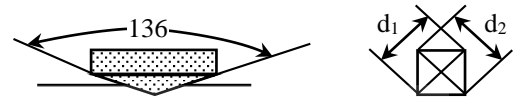
Gambar 2. Peralatan *d.c. magnetron sputtering* (PTAPB-BATAN, Yogyakarta)

Parameter proses sputtering: tegangan 0,4 kV, arus 80 mA, jarak target dengan substrat 12 mm; temperatur 250 °C; tekanan kerja 4×10^{-2} torr; variasi waktu 40, 50 dan 60 menit.

Perbandingan aliran gas Ar : N₂ = 4 : 1. Peralatan untuk proses sputtering dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

2.2 Uji Kekerasan

Uji kekerasan Vickers menggunakan indenter intan berbentuk piramida dengan beban indentasi berkisar antara 10 g dalam waktu indentasi 10 detik seperti ditunjukkan pada Gambar 3 [8].



Gambar 3. Indentasi uji kekerasan Vickers

Perhitungan kekerasan menggunakan rumus Vickers [9]:

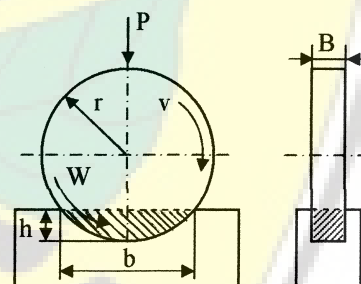
$$VHN = \frac{1,854P}{(d_{in})^2} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad (1)$$

dengan:

- P = beban (kg)
- d_{in} = diagonal rata-rata indentasi (mm)

2.3. Uji Keausan

Uji aus menggunakan mesin uji aus abrasi merk Ogoshi dan bekas indentasi pengausan diamati dengan menggunakan mikroskop optik. Keausan spesifik dihitung berdasarkan volume bekas indentasi yang hilang. Prinsip kerja mesin uji aus Ogoshi seperti ditunjukkan pada Gambar 4 [10].



Gambar 4. Prinsip uji aus mesin Ogoshi

Keausan spesifik dihitung berdasarkan Persamaan 2 [11]

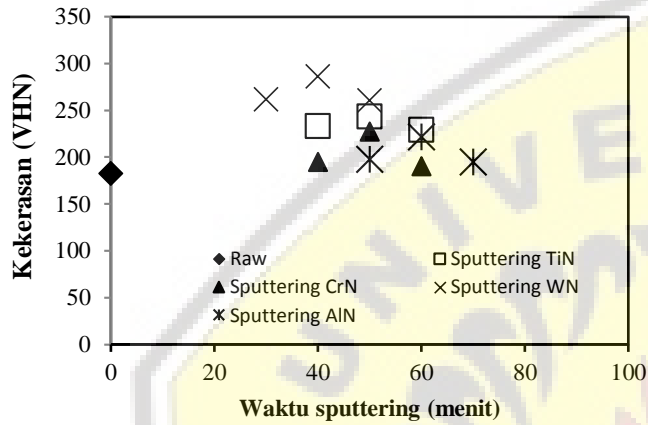
$$W_s = \frac{1,5W_0}{P_0l_0} \text{ (mm}^3\text{/kgf. m)} \quad (2)$$

dengan:

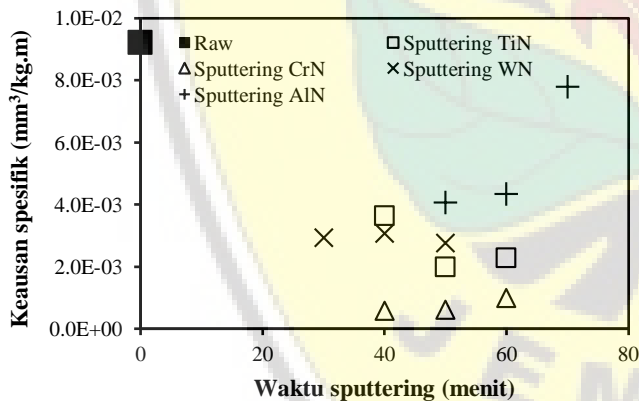
- W_s = keausan spesifik (mm³/kgf. m)
- W₀ = volume terauskan (mm³)
- P₀ = beban (kgf)
- l₀ = jarak sliding (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 5 menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi dicapai oleh sampel dengan perlakuan *d.c. magnetron sputtering* W-N. Analisis SEM-EDX pada Gambar 7 menginformasikan bahwa atom-atom target terdeposisi pada permukaan substrat baja AISI 410. Senyawa paling besar diperoleh senyawa O_8W_3 dibandingkan membentuk W-N. Ion-ion N sulit berdifusi ke dalam lapisan W disebabkan karena keterbatasan peralatan dimana tekanan vakum masih relative tinggi, sehingga W rentan teroksidasi. Nitrogen menjadi sulit berikatan dengan tungsten, karena nitrogen memiliki elektronegatifitas lebih rendah dibandingkan oksigen (12 Wen, dkk., 2007, 13 Olsson dan Macak, 2000).

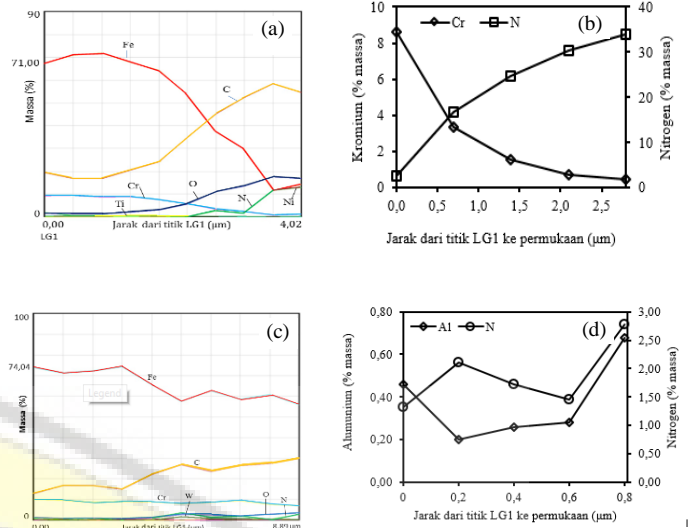


Gambar 5. Hubungan antara waktu sputtering atau implantasi ion dengan kekerasan permukaan



Gambar 6. Hubungan antara waktu sputtering atau implantasi ion dengan keausan spesifik

Gambar 6 menunjukkan korelasi antara waktu sputtering dengan laju aus spesifik. Lapisan film dengan kekerasan semakin tinggi cenderung memiliki laju keausan semakin rendah. Kekerasan tertinggi terdapat pada lapisan W-N, akan tetapi laju keausan terendah terdapat pada sputtering Cr-N. Ketahanan aus juga dipengaruhi oleh koefisien gesek dan mikrostruktur permukaan kontak [14]. Komponen-komponen seperti butiran, densitas, porositas bahan pelapis yang digunakan berpengaruh besar terhadap laju keausan permukaan kontak. Butiran *asperities* dapat juga berfungsi sebagai pelumas padat jika mengalami hidrasi, sehingga laju keausan deposisi Cr-N paling rendah [15].



Gambar 7. Observasi SEM/EDX: a). Sputtering Ti-N; b). Sputtering CrN; c). Sputtering W-N; d). Sputtering Al-N

Gambar 7 menggambarkan distribusi unsur Ti dan N pada penampang melintang sampel. Distribusi unsur masing-masing diambil pada penampang melintang dari permukaan menuju logam induk. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa atom-atom Ti, Cr, W dan Al dapat dideposisikan pada permukaan baja AISI 410. Atom-atom N cenderung melakukan intersisi diantara atom-atom, karena memiliki jari-jari atom yang sangat kecil jika dibandingkan atom-atom lainnya.

4. KESIMPULAN

Deposisi lapisan Ti-N, Cr-N, W-N dan Al-N dengan teknik *D.C magnetron sputtering* akan dipengaruhi oleh radius atom yang akan dideposisikan. Dimensi atom-atom sputtering memberikan *efek shoot peening* pada permukaan substrat sehingga menghasilkan *compression residual stress* yang dapat memperbaiki sifat mekanis permukaan. Sputtering unsur-unsur logam golongan transisi dengan menggunakan atmosfer gas nitrogen akan menghasilkan senyawa nitrida yang memiliki sifat mekanis baik

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Kim., S. K., Yoo, J. S., Priest, J. M., Fewel, M. P., 2003., *Characteristics of martensitic stainless steel nitrided in a low-pressure RF plasma.*, Surface and Coatings Technology, 163-164, pp. 380-385

[2] Shin, S, H., M. W. Kim, M. C. Kang, K. H. Kim, D. H. Kwon, J. S. Kim, (2008), *Cutting Performance of CrN and Cr-Si-N Coated End-Mill Deposited by Hybrid Coating Sistem for Ultra-High Speed Micro Machining.* Surface & Coating Technology 202, pp. 5613-5616

[3] Iriarte, G. F., Rodriguez, J. G., Calle, F. *“Effect of Substrate-Target Distance and Sputtering Pressure in the Synthesis of AlN Thin Films”*, Veeco, Metrology Inc, Santa Barbara, USA

[4] Chawla, V. Jayaganthan, R. Chawla. A. K. Chandra, R. 2009, *Microstructural characterizations of magnetron sputtered Ti films on glass substrate,*

- Journal of Materials Processing Technology 209 (2009), pp. 3444–3451
- [5] Zhou, X. W. Zou, W. Wadley, H. N. G. 2000, Energetic Inert Gas Atom Impact Effects During Ion Beam Multilayer Deposition, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* Vol. 616, Materials Research Society
- [6] Stueber, M., H. Holleck, H. Leiste, K. Seemann, S. Ulrich, C. Ziebert, 2009, Concept for the Design of Advanced Nanoscale PVD Multilayer Protective Thin Films, *Journal of Alloys and Compounds* 483, pp. 321-333
- [7] Aufderheide, B.E., 2006, *Coatings Technology Handbook*, 3rd edition, Taylor & Francis Group, LLC
- [8] Smith, W. F., dan J. Hashemi, 2006, *Foundation of Materials Science and Engineering*, 4th Edition, McGraw Hill, Boston
- [9] Kalpakjian, S., 1985, *Manufacturing Processes for Engineering materials*, Addison-Wesley Publishing Company
- [10] Manual Book of Ogoshi, High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U), Tokyo Testing Machine MFG Co Ltd
- [11] Sohi, M.H., M. Ebrahimi, A. H. Raouf, F. Mahboubi, 2010, Effect of Plasma Nitrocarburizing Temperature on the Wear Behavior of AISI 4140 Steel, *Surface and Coatings Technology* 205, pp. S84-S89
- [12] Wen, F. L., Y. L. Lo, Y.C. Yu, 2007, Surface Modification of SKD-61 Steel by Ion Implantation Technique, *JVST A*, Vol. 25, No. 4, pp 1137-1142
- [13] Olsson, M. K., dan K. Macak, 2000, Mechanisms for Reactive DC Magnetron Sputtering of Elements with Different Atomic Masses: Large Area Coatings of Al Oxide and W Oxide, *Thin Solid Films* 371, pp. 86-94.
- [14] Su, Y.L., Yao, S.H., Wei, C.S., Wu, C.T., Kao, W.H., 1998, "Evaluation on the Wear, Tension and Fatigue Behavior of Various PVD Coated Materials", *Materials Letters* 35 pp 255-260
- [15] Mellor, B. G., 2006, *Surface Coatings for Protection Against Wear*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.