

Pengaruh Variasi Waktu Pelapisan WN Menggunakan Teknik DC Reaktif Magnetron Sputtering Terhadap Sifat Mekanis dan Laju Korosi Pada Baja AISI 410

Tito Endramawan¹, Viktor Malau², Tjipto Sujitno³ dan Gaguk Jatisukamto⁴

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Indramayu

^{2,4}Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

³Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan BATAN Yogyakarta

¹Email: titoendramawan@gmail.com

²Email: malau@ugm.ac.id

³Email: tjiptosujitno@yahoo.co.id

⁴Email: gagukjtsk@yahoo.co.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pelapisan WN yang diperoleh dengan teknik DC reaktif magnetron sputtering terhadap sifat mekanis dan korosi pada baja tahan karat AISI 410. Penelitian ini menggunakan bahan pelapis tungsten dengan kemurnian 99,95%. Proses pelapisan menggunakan DC magnetron sputtering dengan variabel tetap berupa tegangan 0,4 kV, kuat arus 80 mA, rasio Ar:N₂ =11:2, tekanan chamber 4.10⁻² torr, serta jarak antara substrat-spesimen 15 mm. Variabel yang berubah berupa variasi waktu yaitu 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Uji kekerasan menggunakan mikro-vickers, uji kekasaran menggunakan surface roughness measuring instrument, uji keausan menggunakan ogoshi high speed universal wear testing machine dan uji korosi dengan metode galvanostat. Hasil penelitian menunjukkan waktu pelapisan optimum selama 40 menit. Nilai kekerasan mengalami peningkatan 51,57% dengan nilai kekerasan tertinggi 283,28 VHN. Nilai kekasaran yang terendah dicapai pada proses pelapisan selama 40 menit yaitu 0,093 µm. Nilai keausan abrasif menurun 15,49% dari logam yang tidak dilakukan proses pelapisan. Ketahanan korosi mengalami peningkatan 28,7% selama 50 menit dengan nilai korosi terendah 1,59 mmpy.

Kata kunci: DC Magnetron Sputtering, WN, AISI 410.

1. PENDAHULUAN

Baja tahan karat banyak digunakan untuk aplikasi medis berupa instrumen bedah dan instrumen dental karena ketahanan terhadap korosi dan keausan (Cahyanto, 2009). Salah satu baja tahan karat yang digunakan untuk alat kedokteran adalah baja tahan karat martensitik AISI 410 (Khrisna, 2009). Baja tahan karat merupakan material yang mempunyai sifat tahan korosi yang sangat baik, ini membuat baja tahan karat luas digunakan pada industri kimia dan makanan serta aplikasi untuk teknologi kedokteran (Mandl, dkk., 1998).

Cahyanto (2009) mengatakan bahwa karakteristik peralatan kedokteran dan kedokteran gigi harus memiliki komposisi kimia yang cocok untuk menghindari reaksi merugikan yang terjadi pada

jaringan tubuh, ketahanan korosi, modulus yang rendah dan ketahanan terhadap aus. Peralatan kedokteran dan kedokteran gigi yang digunakan sekarang paling banyak terbuat dari bahan baja karbon dan baja tahan karat. Material yang digunakan dalam peralatan medis harus cocok dengan perangkat tertentu, hal ini berkaitan dengan pembelajaran mengenai bagaimana sifat ini berubah dengan lingkungan biologis dan bagaimana material mempengaruhi tubuh (Cahyanto, 2009).

Peralatan kedokteran dan kedokteran gigi saat ini mempunyai kelemahan berupa peralatan yang mudah aus, umurnya pendek, dan mudah terkorosi pada saat disterilisasi. Peningkatan sifat permukaan material dapat dilakukan dengan salah satunya yaitu proses pelapisan untuk memperbaiki sifat permukaan seperti kekasaran, kekerasan dan

ketahanan terhadap korosi. Hasil dari pelapisan ini akan membentuk lapisan tipis yang berfungsi untuk melindungi logam dasar yang ada dibawahnya. Proses pelapisan tipis ini dilakukan dengan metode PVD (physical vapour deposition). PVD menghasilkan lapisan dengan ketahanan aus yang baik, koefisien gesek yang rendah, kekerasan yang tinggi, ketahanan oksidasi sampai suhu 7000C dan ketahanan korosi yang sangat baik (Choi, dkk., 2007).

Pelapisan dengan menggunakan tungsten nitride (WN) sebagai pelapis tipis akan dapat meningkatkan sifat material seperti kekerasan, ketahanan erosi, kekuatan yang tinggi, densitas tinggi, keuletan yang sangat baik, konduktivitas termal yang bagus dan ketahanan terhadap korosi. Tungsten nitride sebagai bahan pelapis merupakan salah satu material yang banyak dipakai dalam peralatan kedokteran karena bioerodible metal (Weber, 2010).

Teknik PVD yang diambil pada penelitian ini berupa sputtering dengan material substrat baja tahan karat martensitik AISI 410 yang cocok untuk digunakan peralatan kedokteran bedah. Penelitian ini diharapkan mampu memperbaiki sifat peralatan kedokteran yang ada sekarang sehingga penggunaannya akan lebih optimal. Metode sputtering ini dapat diterapkan pada hampir semua material seperti logam, nonlogam, jenis paduan, oksida, karbida, nitrida, dan polimer. Bentuk dan ukuran target dari plat logam dengan panjang beberapa meter dibentuk berupa piringan, cincin, silinder, dan sebagainya (Grainger, 1989). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pelapisan WN yang diperoleh dengan teknik magnetron sputtering terhadap sifat kekerasan, kekasaran serta ketahanan korosi pada baja tahan karat AISI 410.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut data dari PT. Tirta Austenit, bahwa baja tahan karat martensitik AISI 410 mempunyai karakteristik komposisi kimia sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi baja tahan karat AISI 410

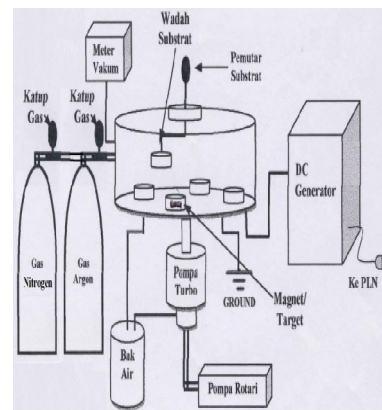
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
0,15	1	1	0,04	0,03	11,5	0,75

Pelapisan dengan menggunakan *tungsten nitride* (WN) sebagai pelapis tipis akan dapat meningkatkan sifat material seperti kekerasan,

ketahanan erosi, kekuatan yang tinggi, densitas tinggi, keuletan yang sangat baik, konduktivitas termal yang bagus dan ketahanan terhadap korosi. Ketahanan erosi diperoleh melalui lapisan W/W-N pseudolayer dengan ketebalan 5 μm yang terbukti sebagai yang paling bersifat melindungi (Gachon, 1999). Menurut Lee (1998) tungsten menghasilkan sifat mekanis dan suhu yang unik, seperti kekuatan yang tinggi, densitas tinggi, keuletan yang sangat baik, dan konduktivitas termal yang bagus. Bothra, dkk., (1999) meneliti tentang kegagalan mekanis oleh korosi pada tungsten dalam proses plug tungsten. Kegagalan mekanisme ini berkaitan dengan korosi elektrokimia yang dihasilkan oleh hubungan logam selama proses etsa logam plasma dan proses pelepasan bahan pelarut.

3. METODOLOGI PENELITIAN

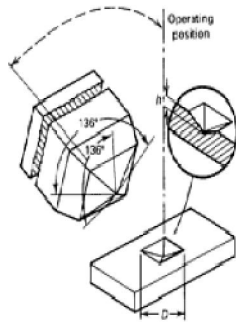
Penelitian ini menggunakan material substrat berupa baja tahan karat martensitik AISI 410 dengan material pelapis tungsten kemurnian 99,95%. Ukuran specimen untuk penelitian dengan diameter 14 mm dan tebal 2 mm. Pelapisan tungsten nitride (WN) pada material dasar dilakukan dengan menggunakan teknik magnetron sputtering. Sebelum dilakukan proses pelapisan, specimen dilakukan pengamplasan menggunakan amplas kekasaran 240, 400, 800, dan 1000. Kemudian diautosol untuk menghilangkan goresan lalu dibersihkan menggunakan alkohol 70% untuk menghilangkan lemak dan kotoran yang menempel pada permukaan specimen. Specimen yang telah bersih dan bebas lemak siap untuk dilakukan proses pelapisan menggunakan DC magnetron sputtering, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema DC Magnetron Sputtering

Proses deposisi WN menggunakan variabel tetap berupa tegangan 0,4 kv, kuat arus 80 mA, rasio Ar:N₂ =11:2, tekanan chamber 4.10⁻² torr, serta jarak antara substrat-specimen 15 mm. Variabel

yang berubah yaitu berupa waktu dengan variasi 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit. Pengujian kekerasan menggunakan mikrovickers dengan pembebanan 10 gram dan waktu indentasi 10 detik. Metoda uji mikrohardness menurut ASTM E-384 menetapkan indenter intan dengan sudut antara permukaan yang saling berhadapan adalah 136° seperti Gambar 2.

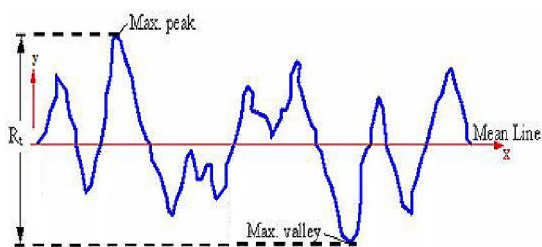


Gambar 2. Pengujian kekerasan Vickers (ASM Metals Handbook, 2000)

Setelah gaya dihilangkan kemudian diukur diagonalnya, sehingga kekerasan vickers dapat dirumuskan dengan persamaan:

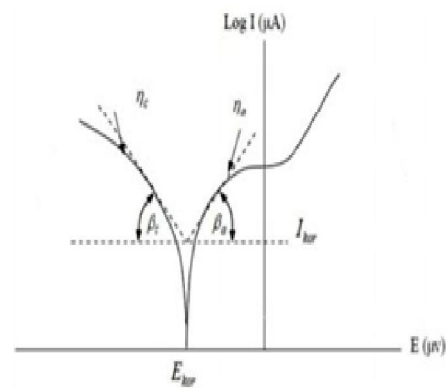
$$HV = \frac{1,854 P}{d^2}$$

Pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan stylus profilometer. Pengukuran yang banyak dipakai untuk kekasaran permukaan yaitu dengan mengambil rata-rata dari penyimpangan permukaan (R_a). R_a ini dapat dilihat seperti Gambar 3 (Hutchings 1992).



Gambar 3. Profil ketinggian permukaan benda.

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Treathewey, 1991). Uji korosi dilakukan dengan menggunakan larutan elektrolit berupa larutan 0,9% NaCl. Bila logam kontak dengan lingkungan yang mengandung air maka akan terjadi reaksi elektrokimia yang karakteristik pada antarmuka antara logam dengan larutan (Haidir, dkk., 2007). Hasil dari pengujian yaitu berupa grafik hubungan beda potensial dan arus korosi seperti pada Gambar 4.

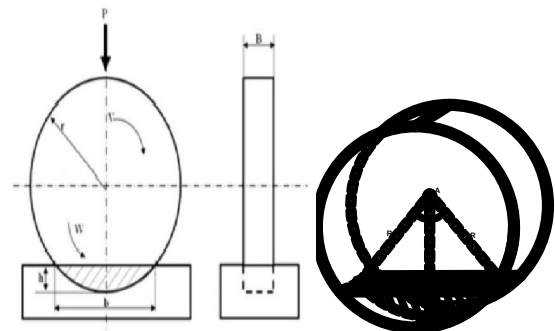


Gambar 4. Hubungan beda potensial dan arus korosi

Perhitungan laju korosi dengan menggunakan metode polarisasi untuk mencari arus korosinya (i_{corr}). Setelah itu proses perhitungan laju korosinya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$r = 0,00327 \frac{i_{corr}(EW)}{D} \text{ (mmpy)}$$

Proses pengujian keausan dilakukan dengan menggunakan Ogoshi high speed universal wear testing machine (type OAT-U). Pengujian ini menggunakan beban 2,12 kg, kecepatan relatif antara plate dan disc yaitu 0,244 m/s dan waktu pengujian selama 10 detik.



Gambar 5. Skema uji keausan

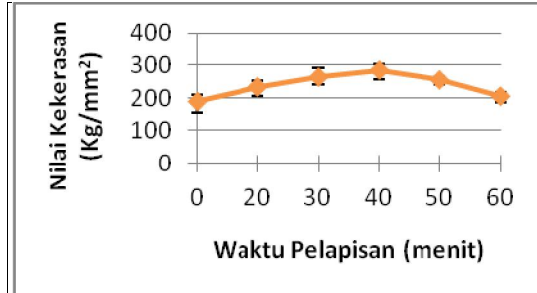
Keausan adhesif dapat diukur dengan menghitung luas permukaan yang telah diuji keausan berupa menghitung volume material yang hilang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W_s = \frac{1,5 W_0}{P \cdot l_0} \left(\frac{\text{mm}^3}{\text{kg} \cdot \text{m}} \right)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kekerasan

Hasil uji kekerasan baja tahan karat martensitik AISI 410 yang belum dilapis dengan yang telah dilapis WN dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah.

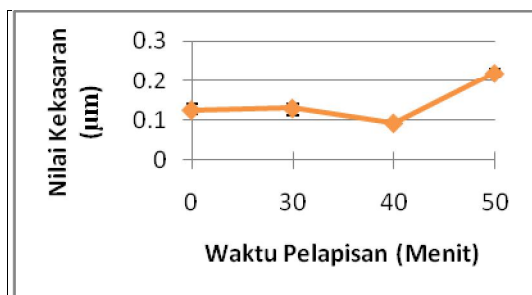


Gambar 6. Nilai kekerasan WN terhadap waktu

Gambar di atas memperlihatkan bahwa setelah proses perlakuan permukaan berupa DC magnetron sputtering dengan bahan pelapis WN dapat meningkatkan sifat keras dari material jika dibandingkan dengan yang tanpa pelapisan. Nilai kekerasan mencapai puncak kekerasan tertinggi sebesar pada pelapisan WN selama 40 menit yaitu sebesar 283,904 VHN. Kekerasan meningkat seiring dengan berkurangnya ukuran butiran dan fraksi volume yang lebih tinggi pada batas butir (Hetal, dkk., 2010). Akan tetapi setelah pelapisan 40 menit, seiring bertambahnya waktu pelapisan maka terjadi penurunan tingkat kekerasan lapisan, hal ini terjadi karena pada logam yang telah dilapis dengan wolfram, umumnya akan terjadi cekungan kedalam substrat atau batas antara lapisan dan substratnya sehingga mengurangi kekerasannya (Ferreira, dkk., 1997).

4.2 Kekasaran

Hasil deposisi lapisan tipis WN terhadap kekasaran terdapat pada Gambar 7.



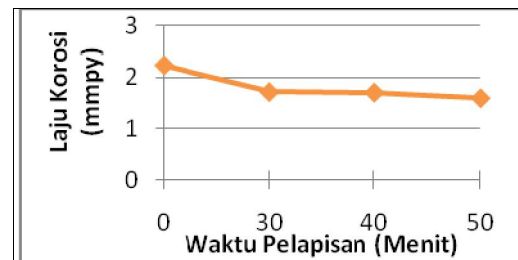
Gambar 7. Pengaruh waktu sputtering terhadap kekasaran permukaan WN

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat nilai kekasaran pada permukaan logam AISI 410 yang

telah dilapis WN dengan variasi waktu menunjukkan bahwa pada logam yang telah dilapis dengan WN mengalami tingkat kekasaran yang berbeda jika dibandingkan dengan yang tidak dilakukan proses pelapisan. Nilai kekasaran yang terendah dicapai pada proses pelapisan selama 40 menit yaitu sebesar 0,093 µm, setelah itu akan mengalami peningkatan kekasaran lagi. Peningkatan kekasaran setelah 40 menit ini dikarenakan adanya crack pada lapisan wolfram yang terjadi pada permukaan lapisan (Ferreira, dkk., 1997).

4.3 Korosi

Hasil deposisi lapisan tipis WN terhadap kekasaran terdapat pada Gambar 8.

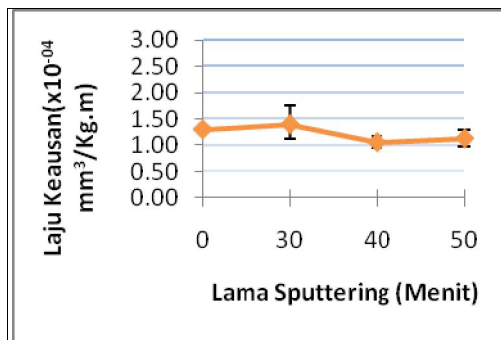


Gambar 8. Laju korosi terhadap penambahan waktu

Gambar di atas menunjukkan bahwa laju korosi pada material AISI 410 sebesar 2,23 mmpy kemudian mengalami penurunan dengan adanya proses pelapisan selama 30, 40, dan 50 menit masing-masing 1,71 mmpy, 1,70 mmpy, dan 1,59 mmpy. Penurunan terendah dicapai pada pelapisan 50 menit yaitu sebesar 28,7% dibandingkan dengan AISI 410 yang belum dilakukan proses pelapisan dengan teknik sputtering. Penurunan terhadap laju korosi ini dikarenakan adanya lapisan WN (tungsten nitrida) yang bersifat meningkatkan ketahanan sifat korosi.

4.4 Keausan

Hasil deposisi proses pelapisan WN pada substrat AISI 410 terhadap laju keausan dapat dilihat pada gambar 9 di bawah. Gambar 9 menunjukkan bahwa keausan abrasi pada lapisan yang telah dideposisi WN selama 40 menit memiliki nilai laju keausan terendah yaitu sebesar 15,49% dibandingkan dengan material yang belum dilapis.



Gambar 9. Keausan spesifik WN terhadap waktu pelapisan

Nilai keausan pelapisan 40 menit ini sejalan dengan nilai kekerasan yang didapat pada waktu pelapisan WN selama 40 menit. Menurut Tan dkk., mengungkapkan bahwa keausan abrasi memiliki hubungan yang sangat erat dengan nilai kekerasan. Kreiness dkk., (2004) mengungkapkan bahwa kekasaran permukaan material yang rendah akan menghasilkan gaya gesek yang kecil.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Proses pelapisan dengan menggunakan bahan pelapis WN untuk aplikasi peralatan kedokteran diperoleh waktu pelapisan optimum selama 40 menit untuk menghasilkan sifat material yang baik.
2. Pelapisan WN dapat meningkatkan sifat mekanis material baja tahan karat martensitik AISI 410 untuk peralatan kedokteran, seperti:
 - Ø Nilai kekerasan mengalami peningkatan sebesar 33,45% dibandingkan dengan bahan yang belum dilapis dengan nilai kekerasan tertinggi sebesar 283,904 VHN yang dicapai pada proses pelapisan selama 40 menit.
 - Ø Nilai kekasaran mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu dan kekasaran terendah dicapai pada proses pelapisan selama 40 menit yaitu sebesar 0,093 μ m.
 - Ø Laju korosi mengalami penurunan dengan bertambahnya waktu pelapisan dan nilai korosi terendah dicapai pada pelapisan 50 menit yaitu sebesar 28,7% dibandingkan dengan AISI 410 yang belum dilakukan proses pelapisan dengan teknik sputtering.
 - Ø Nilai laju keausan terendah dicapai pada pelapisan 40 menit dengan penurunan laju keausan 15,49% dari logam yang tidak dilapis.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian diatas yaitu:

1. Perlu adanya pengujian korosi lanjut dengan penambahan waktu pelapisan untuk mendapatkan hasil laju korosi yang optimum.
2. Untuk industri peralatan kedokteran agar mendapatkan sifat kekerasan, kekasaran, dan keausan yang optimum dapat dilakukan dengan pelapisan WN selama 40 menit.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. ASM Committee (2000), "ASM Handbook Volume 8-Mechanical Testing and Evaluation", ASM International.
2. Bothra, S., H. Sur, V. Liang., (1999) "A new failure mechanism by corrosion of tungsten in a tungsten plug process", Microelectronics Reliability 39 59-68.
3. Cahyanto, A., (2009) "Biomaterial", Bandung.
4. Choi, E. Y., Myung C. K., Dong H. K., Dong W. S., Kwang H. K., (2007) "Comparative studies on microstructure and mechanical properties of CrN, Cr-C-N and Cr-Mo-N coatings", Journal of Materials Processing Technology 187-188.
5. Ferreira, J.A.M., Costa, J.D.M., Lapat. (1997) "Fatigue Behaviour of 42Cr Mo4 Steel with PVD Coating", Int. J. Fatigue Vol. 19, No. 4, pp. 293-299.
6. Gachon, Y., Ienny, P., Forner, A., Farges, G., Sainte Catherine, M.C., Vannes, A.B., (1999) "Erosion by Solid Particles of W/W-N Multilayer Coatings Obtained by PVD Process", Surface and Coatings Technology 140-148.
7. Grainger, S., (1989) "Engineering Coating-design and application", Abington Publishing, Cambridge.
8. Haidir, A., Husna Al Hasa., Yatno Dwi Agus., (2007) "Aplikasi Metode Elektrokimia Untuk Pengukuran Laju Korosi Paduan Alfeni", Bidang Bahan Bakar Nuklir PTBN-BATAN.
9. Hetal, S., Vipin, C., Jayaganthan, Davinder, K., (2010) "Microstructural Characterizations and Hardness Evaluation of DC Reactive Sputtered CrN Thin Films on Stainless Steel Substrate", Indian Academy of Sciences 103-110.
10. Hutchings, I.M., "Tribology friction and wear of engineering Materials (1992)" London, Sydney, Auckland.
11. Khrisna, V.B., Amit Bandyopadhyay,

- (2009) "Surface Modification of AISI 410 Stainless Steel Using Laser Engineered Net Shaping (LENS)", *Journal of Material and Design* 1490-1496.
12. Kreines, L., Halperin, G., Etsion, I., Varenberg, M., Hoffman, A., Akhvlediani, R., (2004) "Fretting Wear of Thin Films Deposited on Steel Substrates".
 13. Lee, W.S., Chi, F. L., Sen, T. C., (2000) "Plastic Flow of Tungsten-Based Composite Under Hot Compression", *Journal of Materials Processing Technology* 123-130.
 14. Mandl, S., Gunzel, R., Moller, W., (1998) "Nitriding of Austenitic Stainless Steels Using Plasma Immersion Ion Implantation", *Surface and Coatings Technology* 100-101 371-376.
 15. Trethewey, K.R., Chamberlain, J., (1991) "Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa", PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
 16. Weber, Jan., (2010), "Medical Implant".