PENGARUH SPUTTERING TiN TERHADAP KEKASARAN, KEKERASAN PERMUKAAN MATERIAL AISI316L

Jemssy Ronald Rohi¹, Priyo Tri Iswanto¹, Tjipto Sujitno², Erich Umbu Kondi M.^{1,3}

¹Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta, 55281 Indonesia

²Pusat Sains dan Teknologi Akselerator, BATAN, Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 Ykbb, Yogyakarta 55281

³Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto Penfui No.85001, Lasiana, Klp. Lima,
Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur
e-mail : jemssyr@gmail.com

ABSTRACT

AISI 316L is widely used for implantation in orthopedic surgery due to its good corrosion resistance, mechanical properties and low cost. However, AISI 316L is not well suited for biocompatibility with the body, so implant material with AISI 316L can't be used for a long time. One way to improve the corrosion resistance and mechanical properties of AISI 316L is to perform a surface treatment such as sputtering. This study discusses the effect of deposition sputtering TiN of 60, 90, 120 and 150 minutes on roughness and surface hardness at a ratio of argon gas and nitrogen to 80% Ar:20% N₂. The results of the surface roughness value of the TiN sputtering layer deposited to AISI 316L for 60, 90, 120, and 150 minutes were 0.02 μm , 0.04 μm , 0.06 μm , and 0.04 μm respectively. This shows that the coating time of TiN in AISI 316L has no significant influence on value of surface roughness. Surface hardness results at 60, 90, 120, and 150 minutes were obtained with 268 HVN, 275 HVN, 278 HVN and 282 HVN. Increased hardness value, as the TiN thin layer has a higher hardness value compared to AISI 316L. The longer the deposition time, the more layers are formed and the layer becomes thicker. With the thickness of the layer, the density at the grain boundary increases. Because the higher density leads to grain growth, in which form micropores.

Key words : Sputtering TiN, Roughness, Hardness, AISI 316L

ABSTRAK

AISI 316L banyak digunakan untuk tujuan implantasi dalam operasi bedah ortopedis karena ketahanan korosi dan propertis mekanik yang baik serta harga yang murah, tetapi AISI 316L kurang baik sifat biokompatibilitasnya dengan tubuh sehingga untuk material implan dengan bahan AISI 316L tidak dapat digunakan untuk jangka waktu lama. Salah satu cara yang dilakukan untuk meningkatkan ketahanan korosi dan sifat mekanis dari AISI 316L adalah dengan cara melakukan perlakuan permukaan misalnya sputtering. Penelitian ini membahas efek dari durasi waktu deposisi Sputtering TiN dari 60, 90, 120, dan 150 menit terhadap kekasaran dan kekerasan permukaan dengan perbandingan gas argon dan nitrogen 80% Ar : 20% N₂. Hasil nilai kekasaran permukaan lapisan sputtering TiN yang dideposisikan pada AISI 316L selama 60, 90, 120, dan 150 menit berturut-turut yaitu 0,02 μm , 0,04 μm , 0,06 μm , dan 0,04 μm . Hal ini menunjukkan bahwa waktu pelapisan TiN pada AISI 316L tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan. Hasil kekerasan permukaan pada 60, 90, 120, dan 150 menit yang di peroleh masing-masing adalah 268 HVN, 275 HVN, 278 HVN, dan 282 HVN. Kenaikan nilai kekerasan karena lapisan tipis TiN memiliki nilai kekerasan yang lebih besar dibandingkan dengan AISI 316L. Semakin lama waktu deposisi berarti lapisan yang terbentuk akan semakin banyak dan lapisan semakin menjadi tebal, dengan semakin tebalnya lapisan, maka kerapatan batas butir menjadi semakin meningkat, karena kerapatan semakin tinggi menyebabkan terjadinya pertumbuhan butir yang disertai pembentukan pori-pori mikro.

Kata kunci: Sputtering TiN, Kekasaran, Kekerasan, AISI 316L

PENDAHULUAN

Material untuk bahan endoprestik atau material *implant* harus memenuhi 2

persyaratan yaitu *biocompatible* (dapat diterima oleh tubuh) dan sifat mekanik yang sesuai dengan kondisi tubuh manusia [1]. Syarat mendasar dari

biomaterial berbasis logam adalah sifat tahan karat yang tinggi. Sifat utama yang harus dimiliki oleh *biomaterial* berbasis logam adalah kesesuaian dengan sel hidup (*excellent biocompatibility*). *Stainless steel* adalah material yang sudah sangat lama dikenal dan paling disukai untuk piranti *ortopedik* fiksasi internal karena ketahanan korosi yang tinggi, sifat mekaniknya yang baik, harganya tidak mahal dibandingkan dengan *kobalt-khrom*, titanium dan paduannya, serta *biokompatibel* [4]. AISI 316L banyak digunakan untuk tujuan implantasi dalam operasi bedah *ortopedis* karena ketahanan korosi dan *propertis* mekanik yang baik serta harga yang murah, tetapi AISI 316L kurang baik sifat *biokompatibilitasnya* dengan tubuh sehingga untuk material implan dengan bahan AISI 316L tidak dapat digunakan untuk jangka waktu lama karena pada lingkungan cairan tubuh (*body fluid*) terjadi korosi lokal serta adanya peristiwa pelepasan ion menuju jaringan disekitar implan sehingga dapat menimbulkan ancaman baru bagi pasien [9].

Khrom dan nikel dikenal *karosinogen*, dan mereka tidak hanya ditemukan dalam jaringan sekitar piranti cangkuk, tetapi juga dalam sampel darah dan urin, sering pada tingkat lebih tinggi dari pada individu profesional yang terkena logam ini. Salah satu cara yang dilakukan untuk meningkatkan ketahanan korosi dan sifat mekanis dari AISI 316L adalah dengan cara melakukan perlakuan permukaan (*surface treatment*) misalnya *sputtering*. *Sputtering* merupakan proses penyisipan atom target (bahan pelapis) pada permukaan substrat dengan cara menembakkan ion-ion berenergi tinggi pada permukaan target yang menyebabkan atom-atom permukaan target terurai dan menyisip pada permukaan substrat. Adanya perbedaan potensial dengan substrat, atom-atom

yang terurai tersebut mengarah dan terdepositasi pada permukaan substrat. Depositasi lapisan tipis *Titanium Nitrida* (TiN) memiliki sifat keras, tahan korosi, tahan abrasi, tahan suhu tinggi, koefisien gesek rendah, *biokompatibel* dan memiliki sifat mekanis yang baik [11].

Proses *sputtering* termasuk salah satu metode PVD (*Physical Vapor Deposition*), sering disebut sebagai *ion plating* (IP) atau *vacum plating*. PVD adalah teknologi pelapisan atau depositasi uap fisik untuk memindahkan bahan lapisan ke substrat dalam kondisi vakum. PVD telah terbukti mampu meningkatkan kekerasan permukaan baik itu bahan logam, non logam, keramik maupun polimer. *Sputtering* adalah proses pengeluaran atom dari permukaan suatu material yang dihasilkan dari benturan antar partikel dengan energi yang besar. Atom-atom dari permukaan target dapat terlepas akibat ion yang dipercepat menumbuk permukaan target melalui proses transfer momentum.

Metode *Sputtering* ini dapat diterapkan pada hampir semua material seperti logam, bukan logam, jenis paduan, oksida, karbida, nitride, dan polimer [2]. Penelitian tentang *Sputtering* [5] telah diteliti oleh Wen dkk, 2010 menunjukkan bahwa depositasi lapisan tipis sebesar 1,8 μm pada permukaan sehingga menghasilkan perubahan tegangan sisa tekan atau tarik, kekasaran permukaan, peningkatan kekerasan, penurunan laju keausan dan laju korosi pada permukaan substrat. Hal tersebut dipengaruhi juga oleh konfigurasi lapisan, struktur mikro dan ukuran butir depositasi lapisan tipis. Peningkatan kekerasan terjadi apabila ada perubahan tegangan sisa tekan yang dapat menghambat pergerakan dislokasi [8,10]

Dari uraian di atas serta penelitian yang relevan dan pernah dilakukan, maka penelitian ini bertujuan untuk

mempelajari pengaruh perlakuan permukaan *sputtering* TiN dengan variasi waktu 60, 90, 120, dan 150 menit agar dapat memperoleh data parameter proses waktu *sputtering* yang optimum dengan perbandingan gas argon 80% Ar : 20% N₂ terhadap kekasaran permukaan dengan target angka kelas kekasarannya adalah N1 dengan harga kekasarannya 0,025 µm dan kekerasan permukaannya. untuk aplikasi bahan *biomaterial* alternatif. material AISI 316L dengan perlakuan *Sputtering* TiN diharapkan dapat diaplikasikan pada biomedis.

METODE PENELITIAN

Preparasi Spesimen

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *stainless steel* 316L berbentuk plat dengan tebal 3 mm kemudian di potong secara manual dengan ukuran 2×2 cm masing-masing sebanyak yang dibutuhkan, selanjutnya permukaan dihaluskan dengan kertas amplas dibantu alat *orbital sander* dengan *grade* amplas 400, 600, 800, 1000, 2000 dan 3000. Setelah di haluskan dengan amplas, selanjutnya spesimen di *finishing* menggunakan autosol metal *polish* untuk menghilangkan goresan dan membuat permukaan spesimen lebihhalus atau menyamakan kekasaran mula-mula dan menkilap. Adapun target kekasaran permukaan yang diharapkan dari pemolesan adalah 0,05 µm - 0,1µm sebelum di lakukan proses *sputtering*.

Spesimen yang sudah halus dan mengkilap dicuci dalam cairan alkohol dan digetarkan dalam ultra *sonic cleaner* selama kurang lebih 10 menit selanjutnya dikeringkan. Spesimen yang sudah dipreparasi disimpan dengan dibalut tisu pada wadah yang kedap udara agar terhindar dari proses oksidasi dan siap untuk dilakukan *Sputtering*.

Perlakuan Spesimen

Spesimen yang sudah dipreparasi permukaannya di berikan perlakuan dengan proses *sputtering* TiN dengan durasi waktu masing-masing spesimen yaitu 60, 90, 120, dan 150 menit dengan perbandingan gas argon dan nitrogen 80% Ar : 20% N₂. Alat *sputtering* terdiri dari tabung reaktor dari *stainless steel* yang dilengkapi dengan sebuah jendela kaca, pemegang target dan pemegang substrat, catu daya arus searah, alat ukur arus, tegangan dan vakum, pompa vakum (turbo), pemanas substrat dan pendingin target. Target diletakkan pada katoda, sedangkan substrat diletakkan pada anoda. Tabung reaktor divakumkan dengan pompa difusi hingga tekanan $2,4 \times 10^{-3}$ mbar. Setelah pompa vakum difusi mencapai tekanan yang dikehendaki, kemudian gas argon sebagai gas *sputter* dan gas nitrogen sebagai gas reaktif dialirkan melalui kran, sehingga tekanan gas di dalam tabung *reactor* akan naik menjadi $7,9 \times 10^{-2}$ mbar. Setelah itu menghidupkan penyedia daya tegangan tinggi DC dengan tegangan 5 kV dan arus yang digunakan yaitu 10 mA.

Pengujian

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan dengan alat *contact stylus profilometer* (Surfcom 120 A, Advanced Metrology system, UK) yang diambil 1 titik pada tiap permukaan spesimen. Parameter yang digunakan dalam pengambilan data kekasaran yaitu *cut off* 0,800 mm, *length* 8 mm dan *meas-mag* 2000. Data nilai kekasaran yang diperoleh yaitu nilai kekasaran rata rata (Ra) yang diperoleh dari tiap spesimen.

Pengujian kekerasan akan dilakukan dengan metode uji kekerasan mikro vicker dan menggunakan indentor berbentuk piramida yang terbuat intan dan dasarnya berbentuk bujur sangkar. Pengujian menggunakan standar ASTM E384 dengan pemberian beban 100 gram selama 10 detik. Data diambil sebanyak 3 kali setiap permukaannya.

HASIL dan PEMBAHASAN

Kekasaran Permukaan

Hasil uji kekasaran rata-rata pada baja AISI 316L yang telah dilapisi titanium nitrida, disajikan pada Gambar 4. Nilai kekasaran lapisan sputtering TiN yang dideposisikan ke baja AISI 316L selama 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit berturut-turut yaitu $0.02\text{ }\mu\text{m}$, $0.04\text{ }\mu\text{m}$, $0.06\text{ }\mu\text{m}$, dan $0.04\text{ }\mu\text{m}$. Sedangkan nilai kekasaran permukaan baja AISI 316L tanpa perlakuan yaitu $0.05\text{ }\mu\text{m}$. Dari hasil pengujian kekerasan diperoleh bahwa nilai kekasaran terendah diperoleh pada waktu pelapisan selama 60 menit. Namun, jika dibandingkan dengan nilai kekasaran yang lain, perbedaan nilai kekasaran yang diperoleh tidak besar. Perbedaan terbesar antara nilai kekasaran rata-rata tertinggi dan terendah yaitu $0.04\text{ }\mu\text{m}$. Hal ini menunjukkan bahwa waktu pelapisan titanium nitrida pada baja AISI 316L tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan. Hal ini terjadi karena lapisan titanium yang dideposisikan pada proses sputtering sangatlah tipis yaitu $4,5\text{ }\mu\text{m}$, dengan ukuran jari-jari atom titanium sebesar 140 pm dan jari-jari atom nitrogen sebesar 65 pm , kecenderungan atom-atom titanium dan nitrogen akan membentuk profil permukaan yang sesuai dengan profil permukaan baja AISI 316L. Secara sederhana, nilai kekasaran rata-rata pada permukaan hasil lapisan sangat dipengaruhi oleh kehalusan permukaan baja AISI 316L ketika preparasi spesimen uji [7].

Kekerasan Permukaan

Pengujian dilakukan dengan metode vickers dengan perbandingan nilai durasi sputtering TiN pada waktu 60, 90, 120, dan 150 menit. Hasil pengujian kekerasan diambil rata-rata dari 3 kali pengujian kekerasan dan disajikan dalam grafik Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan bahwa adanya pengaruh

perlakuan sputtering TiN meningkatkan kekerasan pada permukaan. Nilai kekerasan tertinggi teletak pada durasi waktu 150 menit sebesar 282 HVN. Nilai kekerasan tersebut menunjukkan bahwa adanya peningkatan kekerasan permukaan dengan penambahan durasi sputtering TiN pada material 316L. Peningkatan nilai kekerasan baja tahan karat AISI 316L yang dilapisi titanium nitrida selama 60, 90, 120 dan 150 menit secara berturut-turut yaitu 5,67 %, 8,1 %, 9,1 %, dan 10,35 %.

Peningkatan nilai kekerasan tertinggi didapat dengan waktu deposisi selama 150 menit, dengan kenaikan nilai kekerasan sebesar 10,35 % dari material 316L yang belum diberi perlakuan sputtering TiN.

Kenaikan nilai kekerasan baja AISI 316L yang telah dilapisi karena lapisan tipis titanium nitrida memiliki nilai kekerasan yang lebih besar dibandingkan dengan baja AISI 316L, dikarenakan proses sputtering TiN maka terbentuk lapisan Titanium nitrida yang mampu memperbaiki sifat mekanis material berupa kekerasan yang disebabkan oleh adanya tegangan sisa yang terbentuk pada lapisan. Kekerasan meningkat seiring dengan berkurangnya ukuran butiran dan fraksi volume yang lebih tinggi pada batas butir [3]. Hal ini yang ditandai dengan adanya perubahan warna pada permukaan lapisan yang diberi perlakuan.

Semakin lama waktu deposisi berarti lapisan yang terbentuk akan semakin banyak dan lapisan semakin menjadi tebal. Dengan semakin tebalnya lapisan, maka kerapatan pada batas butir menjadi semakin meningkat. Karena kerapatan semakin tinggi akan menyebabkan terjadinya pertumbuhan butir yang disertai pembentukan kekosongan dan pori-pori mikro [6].

KESIMPULAN

Sputtering TiN dapat membuat kekerasan permukaan Aisi 316L meningkat. Semakin lama durasi *sputtering* TiN lapisan yang terbentuk akan semakin banyak dan lapisan semakin menjadi tebal. Dengan semakin tebalnya lapisan, maka kerapatan pada batas butir menjadi semakin meningkat. Pengaruh *sputtering* TiN paling optimum berada pada durasi 60 menit sebesar 268 HVN sedangkan kekerasan paling maksimum berada pada 150 menit sebesar 282 HVN. Waktu pelapisan *sputtering* TiN pada baja AISI 316L tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pemberi dana penelitian PDUPT UGM dan penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PSTA-BATAN dan laboratorium bahan teknik departemen teknik mesin dan industri UGM yang telah memfasilitasi penulis dalam melakukan perlakuan *sputtering* TiN dan pengujiannya terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyanto, Arief. 2009. *Makalah, Universitas Padjajaran*, Bandung.
- [2] Grainger, S., Blunt, J., 1999. *Engineering Coatings—Design and Application*, 2nd ed., Ed., Woodhead Publishing Ltd.
- [3] Hetal, S., Vipin, C., Jayagantha, Davinder, K. 2010. *Microstructural Characterizations and Hardness Evaluatinof DC Reactive Sputtered CrN Thin Films on stinless Steel Substrate*. Indisn acamedyof Sciences 103-110.
- [4] Yeung, K.W.K. R.W.Y. Poon, P.K. Chu, C.Y. Chung, X.Y. Liu, W.W. Lu, D. Chan, S.C.W. Chan, K.D.K. Luk, K.M.C. Cheung. 2007. *Journal of Biomedical Materials Research Part A* DOI 10.1002/jbm.a, 403-414
- [5] Wen, M. Q. N. W. X. Meng, W. T. Yu, S. X. Zheng, Mao, M. J. Hua. 2010. *Growth Stress and Hardness of Reactively Sputtered Tungsten Nitride Thin Films, Surface and Coating Technology* 205. pp.1953-1961,
- [6] Ohring, M. 1992. *The Materials Science of Thin Films*. Academic Press, New Jersey.
- [7] Salahudin. Xander, 2014. *Analisis Sifat Fisik Lapisan Tipis Titanium Nitrida Pada Baja AISI 410 Yang Dilapis Dengan Metode Sputtering*. Prosiding SNST ke-5 Tahun 2014, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. ISBN 978-602-99334-3-7
- [8] Shah, H. N., Chawla, V., Jayaganthan, R., and Kaur, D., 2010. *Microstructural Characterization and Hardness Evaltio of D.c. Reactive Magnetron Sputtered CrN Thin Film of Stainless steel Substrate*, Bulletin Materials Science, Vol. 33, No. 2, pp. 103-110.
- [9] Sridhar, T. M., Mudali, Kamachi, U., Subbaiyan, M. 2003. *Corrosion Science*, 45 237-252.
- [10] Stueber, M., Holleck, H., Leiste, H., Seemann, K., Ulrich, S., and Ziebert, C. 2009. *Concept for the Design of Advance Nanoscale PVD Multiplayer Protective Thin Films*, Journal of Alloysand Compounds483, pp. 321-333.
- [11] Wang, L., Su, J. F., Nie, X., 2010. *Corrosion and Tribological properties and impact Fatigue Behaviors of TiN and DLC Coated Stainless Steel in simulated Body Fluid Environment. Surface & Coatings Technology* 205, pp.1599-1605.
- [12] Wirjoadi, Siswanto, B., Sudjatmoko. 2009. *Analisis Sifat Mikro Lapisan Tipis TiN Pada*

Substrat AL Hasil Plasma
Sputtering. Buku I Prosiding PPI –
PDIPTN Pusat Teknologi

Akselerator dan Proses Bahan –
BATAN Yogyakarta, 14 Juli 2009.

Gambar 1. Diagram alir penelitian

Gambar 2. Skema peralatan plasma *sputtering* DC [12].

Gambar 3. Permukaan spesimen AISI 316L setelah perlakuan *sputtering* TiN dengan variasi waktu deposisi (a) 60 menit, (b) 90 menit, (c) 120 Menit, (d) 150 menit

Gambar 4. Grafik pengaruh waktu pelapisan *sputtering* TiN terhadap nilai kekasaran permukaan

Gambar 5. Grafik pengaruh waktu pelapisan *sputtering* TiN terhadap nilai kekasaran permukaan