

PENGARUH IMPLANTASI ION NITROGEN TERHADAP KEKERASAN PERMUKAAN STAINLESS STEEL 316L UNTUK APLIKASI SENDI LUTUT TIRUAN

Darmanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim (UNWAHAS) Semarang
Telp. (024) 70417379, E-mail : darmanto_uwh@yahoo.co.id

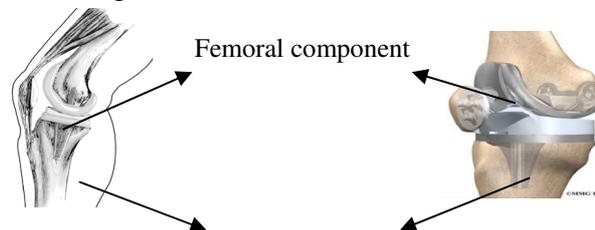
Abstrak

SS 316L merupakan biomaterial yang memiliki ketahanan korosi, *bio-compatibility* yang baik dan harganya murah. Perlakuan permukaan dengan implantasi ion nitrogen terhadap permukaannya dimaksudkan untuk meningkatkan kekerasan permukaan, sehingga ketahanan uas terhadap gesekan meningkat. SS 316L diimplantasi dengan ion nitrogen dengan energi 100 KeV, arus 100 μ A, dengan memvariasi waktu 30, 45, 60, 75, 90 dan 120 menit untuk mendapatkan hasil kekerasan yang optimal. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu optimal implantasi 90 menit, dengan kenaikan kekerasan 80% (kekerasan awal 350 HVN menjadi 631 HVN), dan dosis ion implantasi 1.8656×10^{17} ion/cm².

Kata Kunci : SS 316L, Implantasi Ion Nitrogen, Kekerasan

PENDAHULUAN

Stainless Steel (SS) 316L merupakan biomaterial yang digunakan sebagai bahan sendi lutut tiruan untuk menggantikan fungsi femoral bone (tulang rawan) sebagai penahan beban tubuh saat berjalan. Beban maksimum yang diterima sendi lutut bisa mencapai 3,9 kali berat tubuh pada saat berjalan normal, dan 8 kali berat tubuh pada saat berjalan pada kondisi medan yang berat, sedangkan pada saat berdiri diam menerima beban sama dengan berat tubuh (Kuster dkk,1997)



Gambar 1. Anatomi TKR (medical multimediagroup.com)

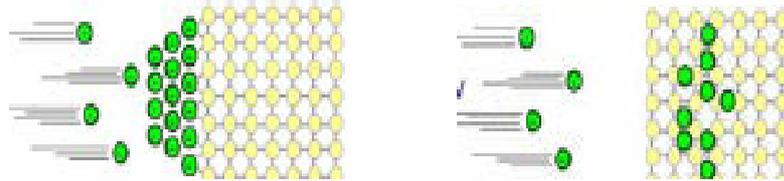
Kerusakan femoral bone sebagian besar dikarenakan degenerasi tulang rawan (*osteoarthritis/OA*) dan berhubungan dengan usia lanjut, hal ini menyebabkan terjadinya kontak antar tulang dan menyebabkan rasa sakit. Jumlah kasus pemakaian sendi lutut truan rata-rata pertahun diseluruh dunia mencapai lebih dari 1.000.000 kasus (Kompas, 2007).

Telah banyak riset yang sudah dilakukan dengan menggunakan biomaterial sebagai pengganti sendi lutut antara lain *titanium alloy*, *cobalt alloy*, *ceramic*, *stainless steel* untuk komponen *femoral*, sedangkan *UHMWPE* sebagai komponen *tibial* (bantalan).

Pemakaian bahan sebagai komponen *femoral* harus memiliki sifat *wear resistance*, *corrosion resistance*, *bio-compatibility*, *bio-adhesion (bone in growths)*, *bio-functionality* (sifat mekanis material terutama *fatigue strength* dan *youngs modulus* mendekati sifat tulang manusia), *process-ability* dan *availability* (De'Jesus dkk, 2004). Stainless Steel jenis 316L (SS 316L) selain memiliki persyaratan di atas juga lebih mudah dibentuk dan harganya lebih murah jika dibandingkan dengan yang lain dan

mudah didapat di Indonesia, material ini sering dipakai untuk alat kedokteran, peralatan masak dan industri makanan.

Perlakuan permukaan telah banyak dikembangkan pada *biomaterial* seperti *plasma nitriding*, *sputtering*, *carburizing*, implantasi ion dan lain-lain. Perlakuan permukaan dimaksudkan untuk meningkatkan ketahanan permukaan material terhadap aus (*wear*) dari gesekan.



Gambar 2. Modifikasi permukaan;
a) pelapisan permukaan, b) difusi elemen ke dalam substrat

Perlakuan permukaan secara umum dilakukan dengan cara ; pertama melapisi permukaan dengan bahan lain yang lebih tahan aus atau sering disebut dengan *coating*, kedua mengubah komposisi permukaan dengan mendifusikan elemen lain kedalam permukaan tersebut sehingga terbentuk struktur baru (Gambar 2.). Pada proses ke dua terjadi penambahan unsur asing (ion nitrogen) kedalam permukaan material sasaran (*SS 316L*) dengan cara pengionan atom asing tersebut, pemercepatan dalam tabung akselerator/pemercepat oleh medan listrik, pemfokusan dalam medan elektromagnet kemudian menembakkannya ke permukaan material target (Sujitno, 2003).

Hasil penelitian Widayat (2005) menunjukkan, perlakuan permukaan dengan metode implantasi ion Nitrogen terhadap (*SS 316L*) kekerasannya meningkat 100% dan lebih tahan aus dibandingkan metode *sputtering* dan *plasma*. Oleh karena itu metode implantasi ion nitrogen digunakan dalam penelitian ini.

Keberhasilan implantasi dipengaruhi oleh energi, arus dan waktu implantasi. Dosis ion dapat dihitung dengan persamaan :

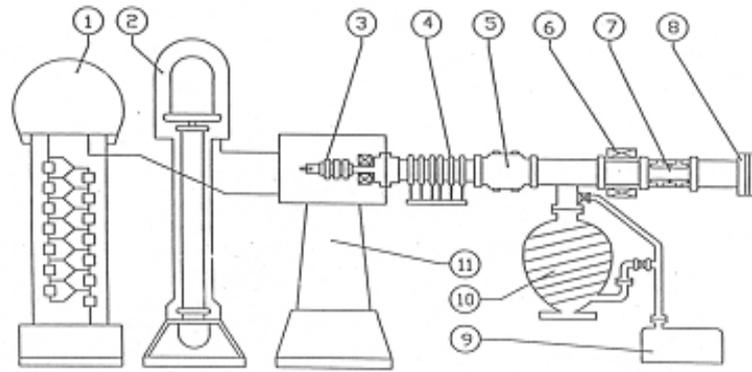
$$D = \frac{It}{qA} \text{ ion / cm}^2$$

I = Arus berkas ion (ampere)

t = Lamanya proses implantasi (detik)

A = Luasan berkas (cm²)

E = Muatan keunsuran elektron ($1,602 \times 10^{-19}$ coulomb)



Keterangan :

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Sumber tegangan tinggi Cockroft Walton | 7. Penyapu berkas |
| 2. Sumber daya | 8. Target |
| 3. Sumber ion tipe penning | 9. Pompa rotari |
| 4. Tabung akselerator | 10. pompa difusi |
| 5. Lensa kuadripal | 11. Penyangga terisolasi |
| 6. Magnet analisator | |

Metodologi

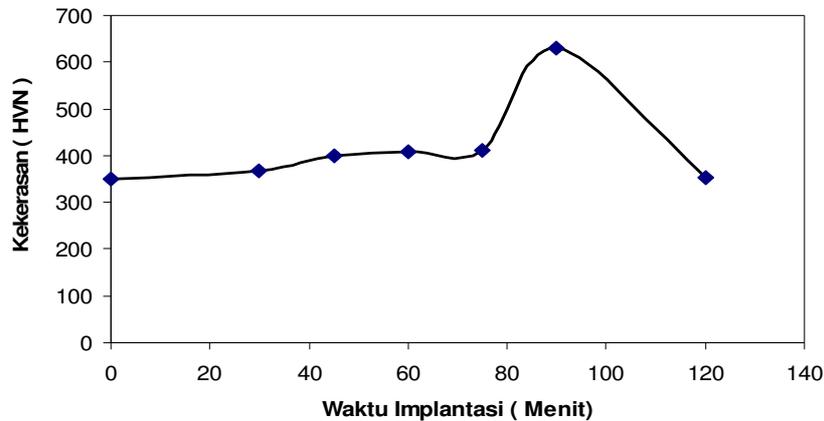
Penelitian ini menggunakan bahan plat *SS 316L* berukuran lebar 13 mm, panjang 55 mm dan tebal 2 mm. Sebelum diimplantasi plat *SS 316L* dipolish untuk mendapatkan permukaan yang rata. Gambar 3. Mesin implantor ion (Sujitno, 2003) kemudian dilakukan fotomikro untuk mengetahui morfologi permukaan sebelum dan sesudah diimplantasi dengan alat *microvickers hardness tester* dengan beban 10 gram dan waktu indentasi 15 detik mengacu pada standar *ASTM E92-82*. Nilai kekerasan diukur dari diagonal bekas injakan, dan dimasukkan dalam persamaan :

$$VHN = \frac{1.854 P}{d^2}$$

- VHN = Vickers Hardness Number (kg/mm²)
 P = Beban yang diberikan (kg)
 d = Diagonal injakan (mm)

Plat ini kemudian diimplantasi dengan ion berbasis nitrogen (N₂) dengan energi penyinaran 100 KeV, arus ion 100 μA, dan waktu penyinaran 30, 45, 60, 75, 90 dan 120 menit. Foto *SEM* dilakukan untuk mengetahui permukaan difusi setelah diimplantasi.

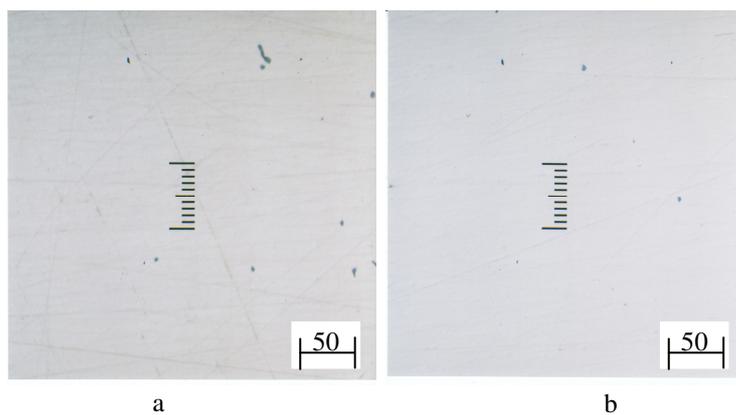
Hasil dan Pembahasan



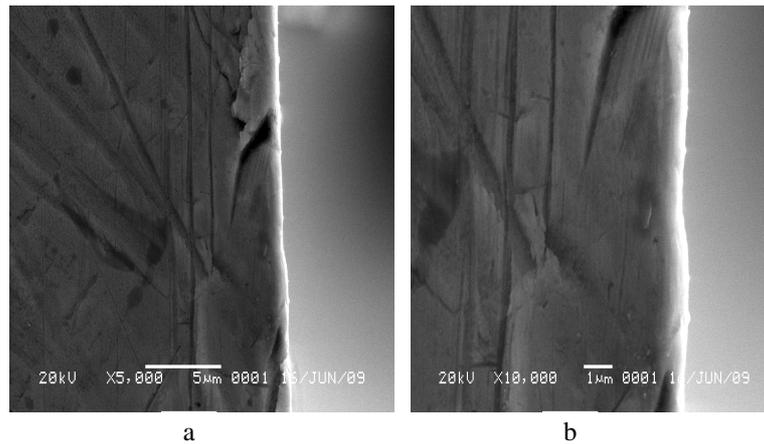
Gambar 4. Kekerasan permukaan *SS 316L*

Kekerasan optimal diperoleh dengan waktu implantasi 90 menit (Gambar4), kekerasan yang dihasilkan 631 HVN. Sedangkan kekerasan sebelum diimplantasi 350 HVN, berarti ada peningkatan sebesar 80%. Dosis ion implantasi pada kekerasan optimal ($t = 90$ menit) 1.8656×10^{17} ion/cm². Waktu implantasi lebih dari 90 menit akan terjadi kejenuhan sehingga terjadi penambahan volume pada substrat, sehingga kekerasannya menurun. Peningkatan kekerasan diakibatkan karena terdifusinya atom *dopan* (Nitrogen) ke dalam atom *substrat*, sehingga terbentuk struktur baru pada permukaan. Hasil ini sesuai dengan penelitiannya Widayat (2005), Wahyudianto (2006) dan Bale (2008).

Permukaan plat *SS 316 L* yang telah diimplantasi dengan ion nitrogen kelihatan lebih buram (Gambar 5.). Garis – garis pada permukaan plat sebelum diimplantasi kelihatan jelas, setelah diimplantasi menjadi tidak jelas (kabur), seperti ada lapisan tipis pada plat tersebut. Hal tersebut diperjelas dari foto *SEM* (Gambar 6.). Lapisan putih (*white layer*) menunjukkan struktur baru akibat masuknya ion *dopan* (Nitrogen) ke dalam substrat (*SS 316L*).



Gambar 5. Permukaan plat *SS 316 L* sebelum uji keausan ;
(a) tanpa implantasi (b) implantasi ion nitrogen



Gambar 6. Foto SEM ketebalan implantasi ion nitrogen;
a) perbesaran 5000X, b) perbesaran 10000X

Kesimpulan

1. Implantasi ion nitrogen menaikkan kekerasan permukaan SS 316L sampai 80%.
2. Waktu optimal implantasi ion nitrogen terhadap SS 316L adalah 90 menit, dan dosis ion implantasi 1.8656×10^{17} ion/cm².

Daftar pustaka

- ASTM : E92-82, "Metal Test Methods and Analytical Procedures", vol. 03.01, American Society for Testing and Materials, 2006
- Bale J.S., 2008, "Pengaruh pembebanan dan kecepatan gesekan terhadap sifat keausan die draw GUR 1120 UHMPE dan ion implantasi berbasis nitrogen pada cobalt chrome alloy untuk aplikasi sendi lutut tiruan", thesis, UGM, Jogjakarta
- De'Jesus, Echevaria, Rodriguez, Vargas, 2004, "Biomechanics of Elbow Prostheses", Application of Engineering Mechanics in Medicine, GED, University of Puerto Rico.
- Kuster S.M., Wood A.G., Stachowiak W.G., Gachter A., 1997, "Joint load considerations in total knee replacement", J Bone Joint Surg (Br); 79-B:109-13.
- Kristianta FX., 2008, "Pengaruh pelumasan terhadap sifat keausan die draw ultra heigh molecular weight polyethelene (UHMWPE) dan Cobalt Chrome alloy yang diimplantasi ion berbasis nitrogen untuk aplikasi sendi lutut", Thesis, UGM, Jogjakarta
- Sujitno T., 2006, "Aplikasi Akselerator Ion", Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Maju Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jogjakarta, Indonesia
- Widayat W., 2005, "Pengaruh modifikasi permukaan stainless steel 316L terhadap keausan die drawn UHMWPE", Thesis, UGM, Jogjakarta
- Wahyudianto A.FX., 2006, "Pengaruh implantasi ion berbasis nitrogen pada cobalt chrome alloy terhadap sifat keausan die draw gur 1120 UHMWPE", thesis, UGM, Jogjakarta.
- www.medicalmultimedigroup.com, "Total knee Replacemen", diakses Desember 2008