



The Wear Effect of Ion Implantation and Die Drawing Processes on 316L and Ultra High Molecular Weight Polyethylene.

Achmad Hata

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga, Bandung, Telp dan Fax (022) 2013789 dan 2013788

e-mail: hattaachmad@gmail.com

Abstrak

Total Knee Joint Replacement is a replacement of human knee joint prosthesis with artificial materials totally. Bio-materials used for TKR should have an ability to interact with human body cells without any harm. In TKR, the end parts of tibial and femoral are replaced with 316L material and an UHMWPE material in between. The aim of this research is to study the effect of ion implantation process 316L and die drawing on wear of these materials. 50x15x3mm 316L plate and 8mm diameter UHMWPE pin were used on this research, with ion implantation nitrogen based and draw drawing process on these materials respectively. A Uni-directional Reciprocating Pin on Plate Wear testing machine was used for this research. The wear test was carried out using various parameters such as: mating variation of 316L and UHMWPE with and without ion implantation and die drawing process. Phosphate Buffered Saline (PBS) was used in this wear test with sliding distance of 15km and 30km with pin force of 180N. The results of this wear test is wear factor and; $10,85 \times 10^{-6}$, $11,84 \times 10^{-6}$ and $54,77 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{N.m}$ for 316L ion implantation - UHMWPE die drawn, 316L virgin - UHMWPE die drawn and 316L ion implantation - UHMWPE virgin respectively. For the last two mating materials resulted much lower wear factor than the third one, therefore they have a potential as replacement material for TKR.

Keywords : UHMWPE, PBS.

1. PENDAHULUAN

Penggantian sendi lutut secara menyeluruh telah banyak diterima sebagai perlakuan penyembuhan pada sendi lutut yang telah mengalami kerusakan yang fatal. Penyembuhan tersebut dengan cara mengganti bagian masing-masing ujung dari femoral dan tibia pada sendi lutut dengan logam

stainless steel 316L. Sementara, diantara keduanya dibatasi dengan material UHMWPE yang berfungsi sebagai bantalan untuk mengurangi gesekan yang dapat menyebabkan keausan. Untuk mencapai kesuksesan pada aplikasinya kedua material tersebut harus mempunyai beberapa persyaratan, antara lain ; *bio-compatibility*, mempunyai kekerasan dan kehalusan yang cukup sehingga menghasilkan ketahanan aus yang baik; serta sifat *manufacturability* yang baik (Long and Rack, 1997).

Untuk memenuhi persyaratan tersebut, maka pengujian keausan menggunakan metoda *unidirectional reciprocating pin on plate* dilakukan lengkap dengan pelumasannya yaitu; larutan *bovine serum* (Besong, 1998) dan *phosphate buffer saline* (PBS) (Rao, dkk., 1999). Kedua jenis pelumas ini digunakan, karena mempunyai beberapa kesamaan dengan *synovial fluid* yang terdapat pada sendi manusia. Untuk memperbaiki karakteristiknya, beberapa material dilakukan perlakuan diantaranya; implantasi ion berbasis nitrogen pada material 316L dan proses *die drawing* pada material UHMWPE. Proses implantasi ion dimaksudkan untuk memperbaiki karakteristik 316L diantaranya; ketahanan terhadap gesekan, keausan dan karat (Sujitno, 2003). Karena dengan proses ion implantasi akan menutupi retak mikro maupun kedalaman goresan mikro pada permukaan *substrat* (Ghoranneviss, dkk, 2010). Pada UHMWPE *virgin* setelah diuji gesek *unidirectional* menunjukkan retak-retak kecil pada permukaan geseknya, sementara pada UHMWPE *die drawn* tidak terjadi retak (Dharmastiti, 2001). Retak-retak ini bila gesekan diteruskan dapat menyebabkan terlepasnya bagian material yang retak tersebut sehingga menyebabkan keausan.

UHMWPE ialah *polyethylene* dengan berat molekul yang jauh lebih tinggi dibanding *polyethylene* lainnya (Thompson, 2001). UHMWPE juga merupakan *bio-material* yang paling umum digunakan untuk sendi tiruan dan berpasangan dengan *metal bio-material* atau *bio-ceramics*.



Tujuan penelitian ini adalah melihat pengaruh proses implantasi ion pada material 316L dan proses *die drawing* pada UHMWPE terhadap keausan kedua material tersebut.

i = 300 μA
 e = $1,6 \times 10^{-19}$ coulombs
 A = 12.56 mm²
 t = waktu proses implantasi (detik)

2. METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu mesin Uji Keausan *Uni-directional Reciprocating Pin on Plate*. Bahan yang digunakan adalah pelat *stainless steel* 316L berukuran 50x15x3mm; dan pin UHMWPE berukuran diameter 8 mm. Pelumas yang digunakan untuk merendam selama proses gesekan antara pin dan pelat 316L adalah larutan *bovine serum* (70%), *aquabides* (30%) serta *sodium azide/NaN₃* (0.1%) (Besong, dkk., 2009), dan PBS (Rao, dkk., 1999).

Tabel 1 menunjukkan metoda siklus uji keausan dengan pelumas *bovine serum* dan PBS.

Table 1. Parameter kondisi uji keausan

Metoda/ Pelumas	Gaya	Material	Lintasan gesekan
Bovine serum	180N	316L virgin	5, 10, 15 km
		316L ion implantasi	5, 10, 15 km
		316L ion implantasi	5, 10, 15 km
PBS		316L virgin	15, 30 km
		316L ion implantasi	15, 30 km
		316L ion implantasi	15, 30 km

Kontainer terpasang pada meja geser dan pelat 316L terpasang di dalam kontainer akan ditekan oleh pin UHMWPE dengan beban 180 N (Kim, dkk, 2009).

Prosedur Pengujian

Prosedur ion implantation pada benda uji 316L.

Pelat 316L yang telah dipoles dan dibersihkan dicekam pada alat pengecam, kemudian dimasukkan ke dalam tabung *vacum* mesin *ion implanter*, lalu tutup rapat. Parameter proses *ion implantation* berbasis nitrogen (N₂) ditentukan, dengan formula sebagai berikut :

$$\text{Dosis : } D = \frac{i \cdot t}{e \cdot A}$$

$$D = 1,86 \times 10^{17} \text{ ion/cm}^2$$

$$t = \frac{D \cdot e \cdot A}{i} = \frac{1,86 \times 10^{17} \times 1,6 \times 10^{-19} \times 12.56}{300 \times 10^{-6}} = 1.246 \text{ detik}$$

$$= 21.76 \text{ menit}$$

Waktu pengionan adalah 21.76 menit dengan tekanan pada *vacuum* hingga 4×10^{-6} bar, tegangan *accelerator ion* hingga 100 kV, serta rus berkas ion nitrogen hingga 300 μA .

Prosedur Uji Keausan

Masing-masing pasangan pin UHMWPE dan pelat 316L dipersiapkan untuk dipasang pada mesin uji keausan serta 1 pin disiapkan sebagai pin control dan selama pengujian direndam dengan pelumas yang sama dengan yang digunakan untuk pengujian. Sebelum pengujian dan setiap kali selesai siklus pengujian, pin UHMWPE dan 316L ditimbang untuk mengetahui berat awal dan berat setelah pengujian dengan terlebih dahulu dibersihkan dengan alkohol. Faktor keausan dihitung dengan menggunakan persamaan (1) :

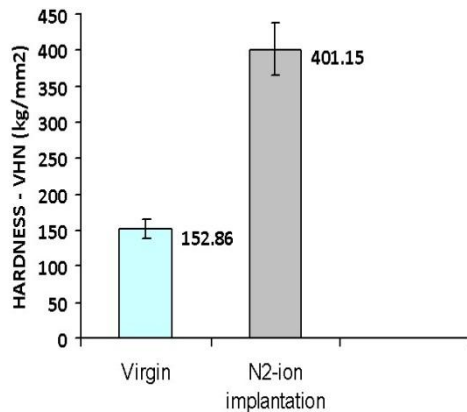
$$\text{faktor keausan } (mm^3/N.m) = \frac{v}{F \times L} = \frac{m/\rho}{F \times L} = \frac{m}{\rho \times L \times F} \quad (1)$$

dimana : v = volume keausan (wear) (mm³) ; m = berat keausan (gram);

ρ = berat jenis; F = gaya penekanan pin ; L = panjang lintasan gesekan (m)

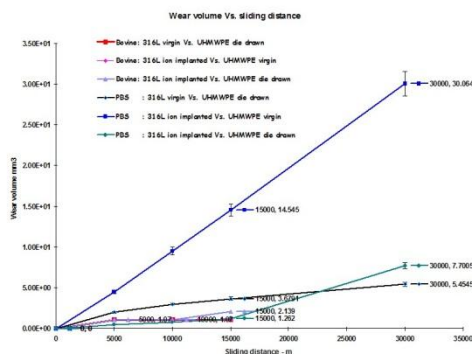
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses implantasi ion berbasis nitrogen telah menaikkan harga kekerasan sebesar 2,6 kali lebih besar dari kekerasan dari virgin, yaitu dari rata-rata 152,86 VHN menjadi rata-rata 401,5 VHN seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

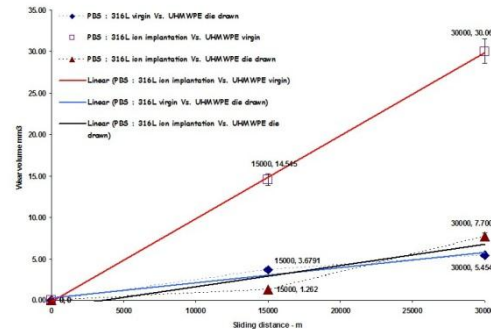


Gambar 1. Perbandingan Kenaikan Harga kekerasan 316L virgin dan hasil Ion Implantasi..

Gambar 2 menunjukkan volume keausan pasangan material yang menggunakan pelumas PBS menunjukkan angka keausan yang lebih tinggi dibanding *bovine serum*, yaitu 30,10 mm³; 7,70 mm³ dan 5,45 mm³, yang paling tinggi ditunjukkan pada pasangan material 316L *ion implantation* - UHMWPE *virgin*. Sementara pasangan material yang menggunakan pelumas *bovine serum* membentuk kurva dengan *slope* lebih rendah, yaitu dengan volume keausan: 1,262mm³; 2,13mm³ dan 2,139mm³.

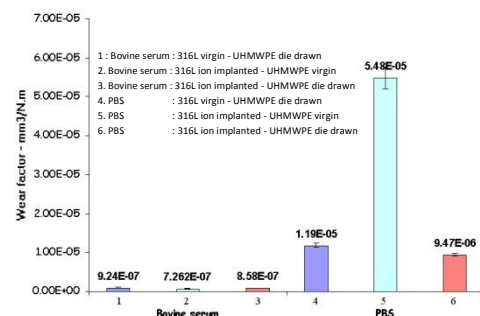


Gambar 2. Volume keausan terhadap Jarak *Sliding* untuk beberapa Pasangan 316L – UHMWPE dengan Menggunakan Pelumas *Bovine Serum* dan PBS



Gambar 3. Volume Keausan terhadap Jarak *Sliding* untuk Beberapa Pasangan Material 316L – UHMWPE Menggunakan Pelumas PBS

Gambar 4. Menunjukkan pengaruh pelumasan terhadap faktor keausan dari beberapa pasangan material. Faktor keausan yang tertinggi ditunjukkan pada pasangan material 316L *ion implantation* – UHMWPE *virgin* dengan pelumas PBS yaitu $5,48 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{N.m}$.



Gambar 4. Faktor Keausan dengan Pelumas yang Digunakan pada Uji Keausan URPOP untuk Beberapa Pasangan Material

Pasangan material yang sama pada penggunaan pelumas *bovine serum* menghasilkan faktor keausan yang menurun drastis, yaitu $7,26 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N.m}$. Bila dibandingkan penggunaan pelumas *bovine serum* menghasilkan faktor keausannya lebih kecil sampai 75 kali.

Pasangan material dengan pelumas *bovine serum* mempunyai urutan *wear factor* dari yang terkecil ialah; (3) 316L *ion implantation* –UHMWPE *die drawn* $8,58 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N.m}$, (2) 316L *ion implantation* – UHMWPE *virgin* $7,26 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N.m}$, (1) 316L *virgin*–UHMWPE *die drawn* $9 \times 10,24^{-7} \text{ mm}^3/\text{N.m}$. Pasangan material dengan pelumas PBS mempunyai urutan *wear factor* dari yang terkecil ialah; (6) 316L *ion implantation*–UHMWPE *die drawn* $9,47 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{N.m}$, (4) 316L *virgin* – UHMWPE *die drawn* $1,19 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{N.m}$, (5) 316L *ion implantation* – UHMWPE *virgin* $5,48 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{N.m}$.



4. KESIMPULAN

Urutan pasangan material 316L – UHMWPE dengan pelumas PBS dimulai dari *wear factor* terendah, sebagai berikut : (1) 316L *ion implantation* – UHMWPE *die drawn*: $9,47 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{N.m}$, (2) 316L *virgin* – UHMWPE *die drawn*: $1,19 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{N.m}$, (3) 316L *ion implantation* – UHMWPE *virgin*: $5,48 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/\text{N.m}$.

Untuk ketiga pasangan material dengan menggunakan *bovine serum*, menghasilkan *wear factor* dengan urutan dari yang terendah: (1) 316L *ion implantation* dan UHMWPE *virgin* $7,264 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N.m}$, (2) 316L *ion implantation* dan UHMWPE *die drawn* $8,58 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N.m}$ dan (3) 316L *virgin* dan UHMWPE *die drawn* $9,24 \times 10^{-7} \text{ mm}^3/\text{N.m}$.

Dengan menggunakan pelumas PBS dapat disimpulkan bahwa proses *ion implantation* dan *die drawing* berhasil memperbaiki *wear factor*, sementara dengan menggunakan pelumas *bovine serum* tidak menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Besong, A.A., Tipper, J.L., Ingham, E., Stone, M.H., Wroblewsky, B.M. and Fisher, J., 1998, "Quantitative Comparison of Wear Debris from UHMWPE that has and has not been Sterilised by Gamma Irradiation", *The Journal of Bone & Joint Surgery (Br.)*, 80B, 2, 340-342.
- Dharmastiti, R., Barton, D.C., Fisher, J., Edidin, A., Kurtz, S., 2001, "The Wear Oriented UHMWPE under Isotropically Rough and Scratched Counterface Test Conditions", *Journal of Bio-medical Materials and Engineering*, 11, 241-256.
- Kim, H.J., Fernandez, J.W., Akbarshashi, M., Walter, J.P., Fregly, B. J. and Pandey, M.G., 2009, "Evaluation of Predicted Knee-Joint Muscle Forces during Gait using an Instrumented Knee Implant", *Journal of Orthopaedic Research*, October, 1326-1331.
- Rao, S, Shirata, K. Furukawa, K.S., Ushida, T., Tateishi, T., Kanazawa, M., Katsube, S., Janna, S., 1999, "Evaluation of cytotoxicity of UHMWPE wear debris", *Journal of Bio-Medical Materials and Engineering*, 9, 209-217.
- Sujitno, B.A.T., 2003, "Aplikasi Implantor Ion untuk Non-semikonduktor dan Semikonduktor", Diktat, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Yogyakarta.
- Thompson, S.M., 2001, "Design of Novel Hip Resurfacing Prosthesis", Thesis, Queen Mary and Westfield College, University of London.