

---

# PENGARUH KONSENTRASI PROTEIN PADA PELUMAS TERHADAP KEAUSAN *ULTRA HIGH MOLECULAR WEIGHT POLYETHELENE* (UHMWPE) UNTUK APLIKASI SENDI LUTUT TIRUAN

Darmanto<sup>1)</sup> dan Dharmastiti Rini<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Mesin Universitas Wahid Hasyim, Jl. Menoreh Tengah X/22, Semarang.

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No.2, Yogyakarta 55281  
e-mail : darmanto\_uwh@yahoo.co.id

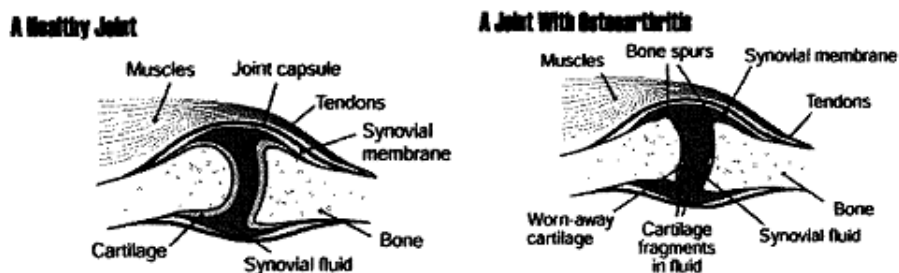
## Abstrak

Polimer UHMWPE telah digunakan secara luas sebagai komponen tibial berpasangan dengan titanium alloy, stainless steel(SS), cobalt chrom alloy dan ceramic sebagai komponen femoral pada sendi lutut tiruan. Bovine Serum(BS) digunakan sebagai pelumas karena memiliki karakter yang mirip dengan pelumas sendi. Penelitian ini bertujuan melihat pengaruh konsentrasi protein dalam BS sebagai pelumas pada sendi lutut tiruan terhadap keausan UHMWPE yang bergesekan dengan SS 316L. Penelitian ini menggunakan bahan UHMWPE virgin dan SS 316L yang diimplantasi dengan ion nitrogen dengan energi 100 KeV, arus 100  $\mu$ A, waktu implantasi 90 menit. Pengujian menggunakan mesin undirectional pin on flat (POF) dengan kecepatan 70 mm/s, beban 180 N dan volume pelumas 15 ml selama 360 jam. BS sebagai pelumas divariasikan konsentrasinya 30 g/l dan 50 g/l ditambahkan sodium azide(NaN<sub>3</sub>) 0,2% - 0,3% g/l sebagai anti bakteri. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa faktor keausan UHMWPE virgin berpasangan dengan SS 316L implantasi tidak menunjukkan perbedaan yaitu  $6,59 \times 10^{-8}$  mm<sup>3</sup>/Nm pada konsentrasi protein 30 g/l dan 50 g/l.

**Kata kunci :** UHMWPE, SS 316L, Bovine serum, faktor keausan

## PENDAHULUAN

Kompas (2007) melaporkan, jumlah kasus penggantian sendi lutut rata-rata pertahun mencapai 1.000.000 kasus diseluruh dunia. Gangguan sendi lutut manusia bisa diakibatkan oleh kecelakaan atau penyakit seperti pengeroposan tulang (*osteoporosis*), degenerasi tulang rawan (*Osteoarthritis/OA*), *Rheumatoidarthritis (RA)* dan cacat lahir. *OA* merupakan kasus yang paling sering terjadi, yaitu keausan pada *femoral bone* dan *tibial bone* akibat kontak sliding, yang biasanya terjadi pada orang usia lanjut.



Gambar 1. Anatomi sendi lutut manusia (a) normal, (b) *Osteoarthritis*, (Chang, 2005)

Telah banyak riset yang dilakukan dengan menggunakan biomaterial sebagai pengganti sendi lutut antara lain *titanium alloy*, *cobalt alloy*, *ceramic*, *stainless steel(SS)* untuk komponen *femoral*, sedangkan *ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE)* sebagai komponen *tibial* (bantalan). Biomaterial 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). Selain mempunyai sifat tersebut, *SS 316L* sebagai biomaterial lebih mudah dibentuk dan harganya lebih murah jika dibandingkan dengan yang lain dan mudah didapat di Indonesia.

Implantasi ion nitrogen pada permukaan material *SS 316L* dimaksudkan untuk meningkatkan ketahanan aus terhadap gesekan. Penelitian Widayat (2005) menunjukkan, perlakuan permukaan dengan metode implantasi ion Nitrogen terhadap *SS 316L* lebih tahan aus dibandingkan metode *sputtering* dan *plasma nitriding*. Pemakaian *UHMWPE* sebagai komponen pada sendi lutut tiruan karena material ini tidak bersifat racun terhadap tubuh dan memiliki ketahanan terhadap aus yang lebih baik jika dibandingkan jenis *polyethelene* yang lain.

Pelumasan pada sendi lutut tiruan berfungsi 1) Untuk mencegah penimbunan partikel pada celah antar permukaan kontak, 2) Menghilangkan partikel pada permukaan, 3) Mencegah adhesi permukaan kontak, 4) Mengurangi deformasi plastik, 5) Membentuk gap/celah antar permukaan kontak. Fungsi pelumas tersebut mempunyai kesamaan dengan *synovial fluid* pada tubuh manusia (Chang, 2005). *Bovine serum (BS)* digunakan sebagai pelumas karena memiliki karakter yang mirip dengan *synovial fluid* (pelumas sendi). *Protein* sebagai penyusun *BS* mempengaruhi viskositas pelumas dan koefisien gesek permukaan. Jumlah protein dalam *BS* maksimal 60 g/l dan minimal 17 g/l (ISO 14243). Menurut Chang(2005), Lancaster dkk (1997), Sawae dkk(2008), Heuberger dkk (2005), Clarke dkk (2001), kenaikan konsentrasi *protein* dalam pelumas akan meningkatkan koefisien gesek yang berimplikasi pada kenaikan keausan. Hal ini sejalan dengan kenaikan *protein* pada pelumas sendi > 20 g/l akan menyebabkan gangguan persendian seperti *OA* dan *RA*. Hasil riset ini kelihatannya bertolak belakang dengan teori umum, tetapi hal ini akan sejalan jika koefisien gesek permukaan rendah ( $Ra \sim 0,01\mu\text{m}$ ), peneliti lain berpendapat  $Ra < 0,05\mu\text{m}$ . Hal yang berbeda dari hasil penelitian Kristianta dkk (2008), konsentrasi *protein* semakin besar menyebabkan faktor keausan menurun.

Berdasarkan *ASTM F1714-96*, variasi kombinasi antara *BS* dan air destilasi ditambah bahan aditif lain dapat dipakai sebagai pelumas pada penelitian biomaterial sebagai bahan sendi lutut tiruan. Konsentrasi *BS* dalam air destilasi maksimal 75%. *Protein* sebagai penyusun *BS* mempunyai kesamaan fungsi seperti pada *synovial fluid*, yaitu mempengaruhi viskositas dan koefisien gesek permukaan. *Protein* mempunyai porsi yang cukup besar dalam *synovial fluid*, hal ini sangat mempengaruhi pelumasan pada sendi lutut manusia. Konsentrasi protein yang terlalu tinggi menyebabkan gangguan pada persendian misalnya *OA* dan *RA* (Chang, 2005), gangguan tersebut menyebabkan keausan pada tulang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *protein* dalam *BS* sebagai pelumas pada sendi lutut tiruan terhadap keausan *UHMWPE* sebagai komponen *tibial* yang bergesekan dengan *stainless steel 316L* sebagai komponen femoral, dan digunakan *sodium azide (NaN<sub>3</sub>)* 0,2% – 0,3 % dari volume pelumas sebagai zat anti bakteri.

## METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan bahan plat *SS 316L* berukuran lebar 13 mm, panjang 55 mm dan tebal 2 mm. Plat ini kemudian diimplantasi dengan ion berbasis nitrogen ( $\text{N}_2$ ) dengan energi penyinaran 100 KeV, arus ion 100  $\mu\text{A}$ , dan waktu penyinaran 90 menit. *Polyethylene* jenis *UHMWPE Virgin* dengan berat jenis  $9.36 \times 10^{-4} \text{ gr/mm}^3$  dibuat berbentuk pin berujung kerucut terpancung berdiameter 8 mm. *BS* digunakan sebagai pelumas dicampur dengan air destilasi untuk mendapatkan konsentrasi *protein* yang diinginkan, serta ditambah *sodium azide* 0,2% - 0,3% g/l sebagai anti bakteri. *BS* berasal dari darah sapi kemudian diekstraksi menggunakan alat *centrifuge* yang akan memisahkan serum dari sel darah.

Plat *SS 316L* dipolish untuk mendapatkan kekasaran permukaan mendekati  $0,01\mu\text{m}$ , dilakukan Uji kekerasan dengan *microvickers hardness tester* sebelum dan sesudah diimplantasi dengan beban 10 gram dan waktu indentasi 15 detik. Pin *UHMWPE* sebelum dipakai direndam minimal 14 hari dengan air destilasi untuk mengembalikan sifat kelembabannya. Plat *SS 316L* dan *UHMWPE* dibersihkan dengan sabun dan disterilkan dengan alkohol, lalu dibungkus dan disimpan pada wadah tertutup. *BS* dengan konsentrasi *protein* yang diperlukan ditaruh pada tempat steril dan disimpan dalam lemari pendingin (penyimpanan paling lama 2 Minggu).

Semua alat yang akan digunakan harus dalam keadaan bersih dan steril. Plat *SS 316L* sebelum dan sesudah pengambilan data dilakukan pengukuran kekasaran permukaan dengan *profilometer surfcoder*. Pin *UHMWPE* dibersihkan terlebih dahulu dengan *ultrasonic cleaner*

sebelum ditimbang pada *electronic balance*, penimbangan dilakukan sebelum dan sesudah pengambilan data. Pengujian keausan menggunakan alat *undirectional pin on flat (POF)* dengan kecepatan 70 mm/s, beban 180 N, dan volume pelumas 15 ml. Untuk mengetahui pengaruh penyerapan pelumas oleh pin *UHMWPE* dibuat pin kontrol yang dicelupkan dalam pelumas yang sama dalam wadah tersendiri selama pengujian.

Pengujian keausan dilakukan dengan variabel pelumas (konsentrasi protein dalam *BS*) 30 g/l dan 50 g/l untuk plat yang diimplantasi, sedangkan plat tanpa implantasi 30 g/l. Sebelum dan sesudah pengambilan data, pelumas diukur viskositasnya. Pengambilan data dilakukan setiap 96 jam selama empat periode untuk setiap variabel (360 jam). Setiap variabel menggunakan dua spesimen. Pada akhir pengujian dilakukan fotomikro untuk mengetahui karakteristik permukaan plat *SS 316L* dan *pin UHMWPE virgin*.

Keausan dipengaruhi oleh koefisien gesek kinematis, pembebanan, kecepatan, viskositas pelumas, dan kekasaran permukaan. Perhitungan faktor keausan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

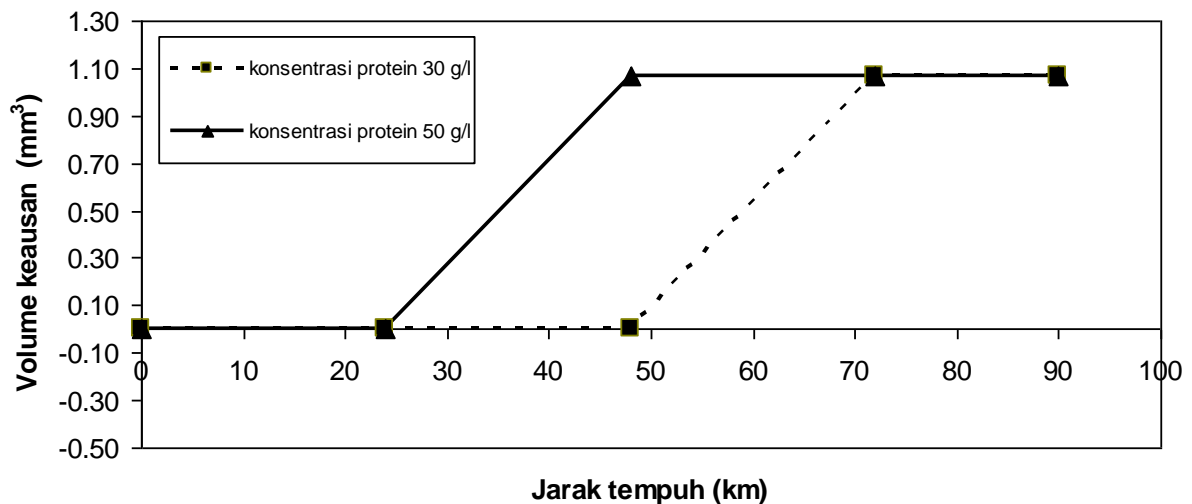
$$\text{Berat keausan} = \text{Berat awal} - \text{berat akhir}$$

$$\text{Volume keausan} = \frac{\text{Berat keausan}(\text{gram})}{\text{Berat jenis} \left( \frac{\text{gram}}{\text{mm}^3} \right)}$$

$$\text{Faktor keausan} = \frac{\text{volume keausan}(\text{gram})}{\text{Beban}(N) \times \text{jarak tempuh}(m)}$$

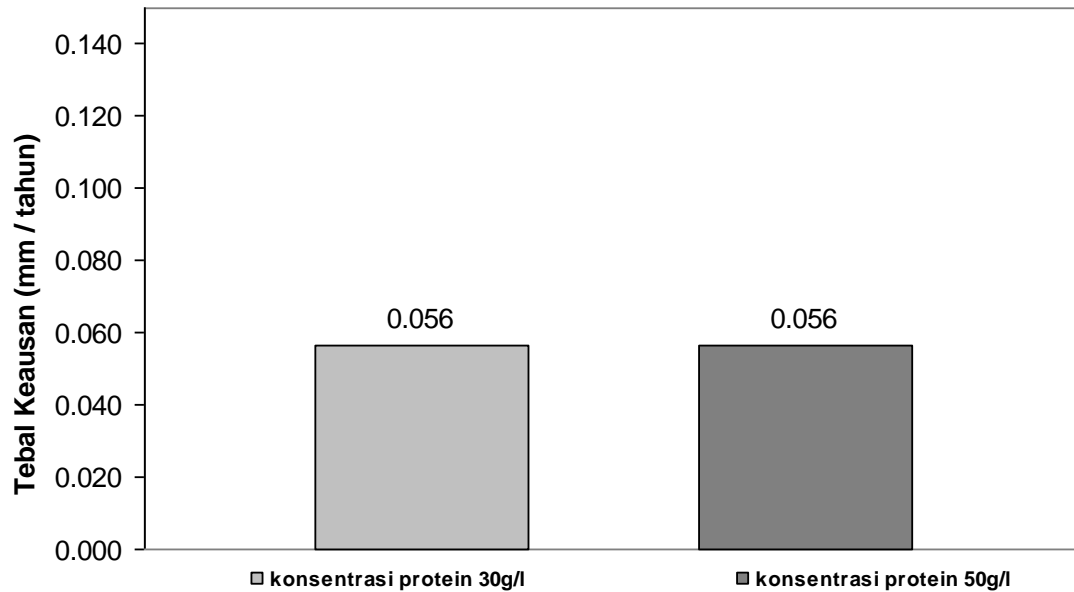
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 dan 4 menunjukkan perbedaan konsentrasi protein dalam *BS* tidak mempengaruhi keausan *UHMWPE virgin* pada akhir pengujian, hal ini dikarenakan perbedaan konsentrasi protein (30 g/l dan 50 g/l) tidak menunjukkan perbedaan viskositas yang signifikan (tabel I)



Gambar 2. Volume keausan *UHMWPE virgin*

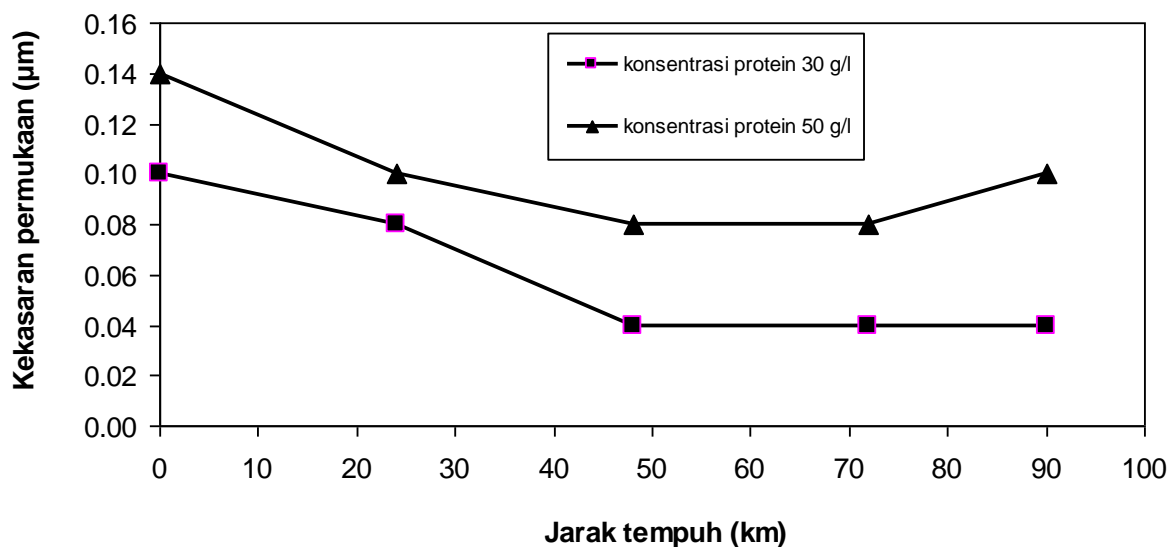
Selama pengujian keausan terjadi lebih awal pada pelumas 50 g/l, sehingga apabila pengujian dilakukan pada jarak tempuh yang lebih jauh lagi, maka akan terlihat keausan *UHMWPE* akan lebih besar jika menggunakan pelumas *BS* dengan konsentrasi 50 g/l. Hal ini dikarenakan partikel – partikel pelumas pada viskositas yang lebih rendah (30 g/l) lebih mudah masuk dalam celah bidang kontak, sehingga pelumasan yang terjadi lebih sempurna.

Gambar 3. Tebal keausan *UHMWPE virgin*

Tabel I. Viskositas pelumas

Konsentrasi protein (g/l)	Temperatur kerja ( $^{\circ}\text{C}$ )	Viskositas ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )
30	29	1,0718
50	31	1,1750

Konsentrasi protein berbanding lurus dengan temperatur kerja (tabel I), hal ini disebabkan kandungan air dalam *BS* lebih rendah pada konsentrasi protein yang tinggi, sehingga pelepasan panasnya lambat. Temperatur kerja yang tinggi menyebabkan penguapan airnya lebih cepat, sehingga lebih banyak memerlukan penambahan *BS* selama pengujian.

Gambar 4. Kekasaran permukaan plat *SS 316L*

Setelah pengujian keausan selama 360 jam, terjadi penurunan kekasaran permukaan (gambar 4.). Hal ini menunjukkan gesekan antara permukaan plat *SS316L* dan *UHMWPE virgin* berdampak pada penurunan kekasaran permukaan plat *SS316L*. Pelumas dengan konsentrasi

---

protein 30 g/l menunjukkan penurunan yang lebih tajam jika dibandingkan dengan 50 g/l pada plat yang diimplantasi. Hal ini dikarenakan adanya keausan tribodi (*third-body wear*) yang lebih tinggi pada pelumas dengan konsentrasi 50 g/l.

#### **KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perbedaan konsentrasi protein dalam *BS* (30 g/l dan 50 g/l) sebagai pelumas sendi lutut tiruan tidak menunjukkan perubahan faktor keausan *UHMWPE virgin* ( $=6,59 \times 10^{-8} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ ) selama pengujian.
2. Selama pengujian, keausan *UHMWPE virgin* terjadi lebih awal pada penggunaan pelumas *BS* dengan konsentrasi 50 g/l.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Clark C. Ian, Chan W frank, Essner Aaron, Good Victoria, Kaddick Christian, Lappalainen Roejio, Laurent Michel, McKellop Harry, McGarry William, Schroeder David, Selenius Mikko, Shen C Ming , Ueno Masuo, Wang Aiguo, Yao jian, 2001, “ *Multi-laboratory simulator studies on effects of serum proteins on PTFE cup wear*”, journal wear 250; 188-198
- Chang Timothy C, 2005 “ *Effect of select fluids on friction of metal-on-polyethelene joint replacement surface*”, Thesis, Massachusetts Institute of Tecnology
- De'Jesus, W., Echevarria, L., Rodriguez, J., and Vargas, A., 2004, “*Biomechanics of Elbow Prosthese*”, Applications of Engineering Mechanics in Medicine, GED, university of Puerto Rico.
- Heuberger M.P., Widmer M.R., Zobeley E., Glockshuber R., Spencer N.D., 2005, ”*Protein-mediated boundary lubrication in arthroplasty*”, Biomaterial 26 ; 1165-1173
- 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
- Sawae Y, A. Yamamoto and Murakami T,2008 “*influence of protein and lipid concentration of the test lubricant on the wear of ultra high molecularweight polyethylene*” volume 41, issue 7, 648 - 656
- Widayat Widi, 2005, ”*Pengaruh modifikasi permukaan stainless steel 316L terhadap keausan die drawn UHMWPE*”, Thesis, UGM, Jogjakarta