

**Pengaruh *Draw Ratio* dan Kecepatan Penarikan Terhadap Sifat Keausan dari *Die Drawn Gur*  
1120 UHMWPE**  
*The Influence of Draw Ratio and Drawing Speed of Die Drawn GUR UHMWPE 1120 Wear  
Properties*

FX. Arif Wahyudianto<sup>1</sup>, Rini Dharmastiti<sup>2</sup>

1. Lecturers polytechnics of samarinda
2. Lecturers of Department Mechanical Engineering, Gadjah Mada University, Yogyakarta  
Wahyudie\_fx@yahoo.co.id

### Abstrak

**UHMWPE** (*Ultra High Molecular Weight Polyethylene*) adalah salah satu material yang banyak digunakan untuk aplikasi sendi lutut tiruan, karenanya beberapa penelitian dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan sifat mekanis material tersebut. Pada penelitian ini metode yang diterapkan adalah pemrosesan material dengan *die drawing* yang menghasilkan *oriented* UHMWPE dengan tujuan untuk menurunkan faktor keausannya. *Die drawing* dilakukan dengan memvariasikan *Draw Ratio* dan Kecepatan Penarikan pada suhu pemanasan konstan yaitu 110°C. *Draw ratio* yang dipilih adalah 1.5, 1.75 dan 2 dengan kecepatan penarikan 20, 40 dan 60 mm/dt. Uji keausan Hasil *die drawing* dilakukan berpasangan dengan *cobalt chrome alloy* (CoCr) hasil implantasi ion N<sub>2</sub> dengan mesin uji gesek jenis *pin on plate multidirectional movement* dengan beban 180 N dan panjang langkah 25 mm. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa UHMWPE hasil *die drawing* dengan *draw ratio* 1.75 dengan kecepatan penarikan 40 mm/dt memiliki faktor keausan yang paling rendah yaitu sebesar  $1.73 \times 10^{-8}$  mm<sup>3</sup>/Nm, dengan demikian UHMWPE ini memiliki ketahanan aus yang paling baik.

**Keywords:** UHMWPE, Die Drawn, faktor Keausan, CoCr, DrawRatio

### Pendahuluan

Kerusakan sendi lutut yang merupakan sendi terbesar pada tubuh akan sangat mengganggu dalam mobilitas manusia, kerusakan ini biasanya terjadi pada menderitanya *arthritis*, proses penuaan ataupun akibat kecelakaan, Dalam tingkatan kerusakan tertentu dimana *cartilage* mengalami keausan secara menyeluruh, maka penggunaan sendi tiruan menjadi pilihan [1]. Penggunaan sendi lutut tiruan ini diharapkan benar-benar dapat menggantikan fungsi sendi yang asli. Kemampuan sendi lutut tiruan ini bergantung pada material yang digunakan yaitu pada komponen *femoral* dan *acetabular*, pasangan material yang banyak digunakan sebagai bahan pembuat sendi lutut tiruan padamanusia adalah paduan cobalt untuk komponen *femoral* [2], sedangkan pada komponen *tibial* menggunakan UHMWPE (*Ultra High Molecular Weight Polyethylene*). Dalam pemakaiannya pasangan komponen tersebut harus memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang baik.

Masalah yang timbul dan perlu untuk diteliti adalah upaya untuk mengurangi terjadinya keausan pada komponen pengganti pada lutut tiruan, yaitu antara logam (CoCr) dan UHMWPE yang saling bergesekan. Gesekan secara terus menerus pada komponen sendi

lutut tiruan mengakibatkan keausan dan menghasilkan partikel keausan yang dapat mengakibatkan terganggunya kinerja komponen dan mengganggu kesehatan. Pada tubuh manusia partikel asing akan diliputi oleh *macrophages* yang merangsang terbentuknya bahan kimia *cytokines* yang menghasilkan *osteoclastic bone resorption* dan selanjutnya menjadi *osteolysis*.

Berbagai cara telah dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanis dari material tersebut, pada UHMWPE metode pemrosesan material dengan *die drawing* yang menghasilkan *oriented* UHMWPE. Sedangkan pada material logam dapat dilakukan dengan meningkatkan kekerasan permukaan (*counterface*) dengan tanpa merubah kekasaran permukaannya, ini dianjurkan untuk mengurangi jumlah partikel yang bisa terlepas dari logam maupun UHMWPE. Salah satu proses peningkatan kekerasan CoCr pada penelitian terdahulu dilakukan dengan proses implantasi ion. Pada proses ini ion yang digunakan dipercepat dalam medan elektrostatis kemudian ditembakkan ke permukaan target sehingga dapat meningkatkan kekerasannya dan ketahanan aus dan disimpulkan implantasi ion N<sub>2</sub> mempunyai kekerasan yang paling optimum dan nilai faktor keausan yang paling baik dari UHMWPE

Berdasarkan penelitian sebelumnya dan studi literatur yang telah dilakukan, untuk meningkatkan ketahanan aus UHMWPE dengan metode *die drawing* yang dilakukan dari semua arah dengan memvariasikan *draw ratio* dan kecepatan penarikannya. Dalam penelitian ini, material GUR 1120 UHMWPE hasil *die drawing* diuji menggunakan *pin on plate wear test* dengan pasangan pelat *cobalt chrome alloy* yang diimplantasi ion nitrogen.

## Bahan dan Metode Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa bahan yaitu :

### Polyethylene

Polyethylene yang digunakan adalah GUR 1120 UHMWPE (*Ultra High Molecular Weight Polyethylene*) dengan berat molekul  $4,4 \times 10^6$  g/mol dan berat jenis  $0,93 \text{ gr/cm}^3$  yang diproses *die drawing* dengan drawing ratio 1.5 (15 : 10), 1.75 (17.5 : 10) dan 2 (20 : 10) dengan kecepatan penarikan untuk masing-masing *draw ratio* adalah 20, 40 dan 60 mm/dt dengan suhu  $110^\circ\text{C}$ , yang dibuat berbentuk pin searah penarikan berujung kerucut.

### Logam

Pada penelitian ini spesimen yang dibuat dari *cobalt chrome alloy* dipotong dengan ukuran 20 x 80 mm dengan ketebalan 7 mm berbentuk plat yang telah diimplantasi  $\text{N}_2$ . Spesimen yang akan digunakan untuk uji keausan adalah hasil implantasi yang memiliki nilai kekerasan optimum.

### Synovial fluid

Campuran 25% bovine serum dengan 75% air destilasi digunakan sebagai pelumas pada uji keausan. Serum berasal dari darah sapi kemudian diekstraksi menggunakan alat *centrifuge* yang akan memisahkan serum dari sel darah [5].

## Cara Penelitian

UHMWPE awalnya berbentuk batangan (kotak) dibubut hingga berbentuk poros bertingkat sesuai dengan draw ratio dikehendaki yaitu 15 : 10, 17.5 : 10 dan 20 : 10 mm sebagai bahan untuk proses *die drawing*. Masing-masing draw ratio kemudian dimasukkan kedalam alat *die drawing* yang kemudian dipanaskan hingga suhu  $110^\circ\text{C}$  baru selanjutnya dilakukakan penarikan UHMWPE tersebut dengan kecepatan penarikan 20, 40 dan 60 mm/dt hingga menjadi berbentuk poros berdiameter 10 mm. *Die drawn* UHMWPE selanjutnya dibentuk menjadi pin searah penarikan yang akan digunakan sebagai specimen uji keausan dipasangkan dengan CoCr hasil implantasi ion Nitrogen ( $\text{N}_2$ ).

*Cobalt chrome* yang telah dipotong sesuai ukuran

sebelum diimplantasi dipolis hingga halus dan mencapai kekasara  $0.1 \mu\text{m}$  yang dapat diketahui dengan *Profilometer*, selanjutnya di implantasi ion Nitrogen ( $\text{N}_2$ ) dengan waktu 90 menit dan energi 100 keV dengan alat implantor ion, kemudian diukur kekerasannya dan hasil kekerasan yang optimum akan digunakan sebagai specimen uji aus.

*Cobalt chrome alloy* dan *die drawn* UHMWPE selanjutnya diuji ketahanan aus dengan menggunakan alat uji keausan jenis *pin on plate unidirectional movement* dengan 3 pasang specimen yang diuji secara bersamaan. Specimen CoCr ditempatkan di dalam kotak yang terpasang pada landasan yang bergerak bolak-balik dengan frekuensi 2,33 Hz dan panjang langkah 25mm dengan kecepatan 116,5 mm/detik, sedangkan UHMWPE dalam kondisi diam. Sebelum beban utama dipasang, beban penyeimbangan kedudukan lengan beban sehingga ujung pin dalam kondisi berhubungan dengan permukaan plat CoCr tetapi tanpa beban. Beban utama dipasang pada ujung lengan sedemikian hingga ujung kontak pin UHMWPE menekan permukaan CoCr dan mendapatkan gaya sebesar 180 N.

Pengujian ini dilakukan hingga mencapai 1.400.000 langkah dengan menggunakan pelumasan, pada 200.000 langkah pengujian dihentikan untuk menimbang pin dengan *micro scales satorius*. Pada saat penimbangan berat keausan, specimen keausan dan spesimen kontrol terlebih dahulu dibersihkan dengan alkohol dan *Ultrasonic vibrator* kemudian dikeringkan.. Siklus ini diulangi lagi hingga 3 kali penimbangan dengan interval 400.000 langkah dan setiap kali penimbangan CoCr dan pin dibersihkan dengan alat *ultrasonic vibrator*.

Data yang bisa diperoleh dari pengujian ini adalah pengurangan berat akibat keausan dan diolah menjadi nilai laju keausan dan faktor keausan (UHMWPE) melalui persamaan:

$$\text{Volume keausan} = \frac{\text{berat keausan (g)}}{\text{berat jenis (g / mm}^3\text{)}} \quad (1)$$

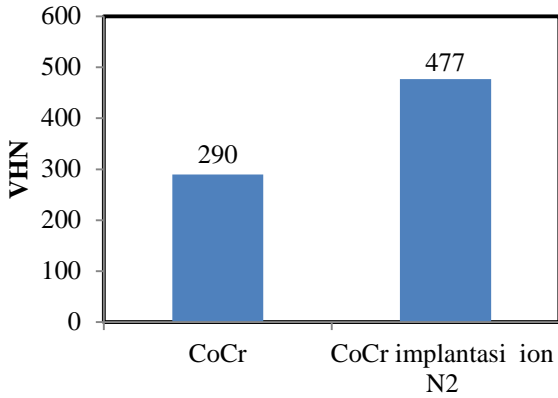
$$\text{Faktor keausan} = \frac{\text{volume keausan (mm}^3\text{)}}{\text{beban (N)} \times \text{jarak tempuh (m)}} \quad (2)$$

## Hasil dan Pembahasan

### Uji kekerasan CoCr

*Cobalt chrome* yang mengalami perlakuan permukaan dengan cara implantasi ion memiliki kekerasan awal sebesar 290 VHN, setelah implantasi ion  $\text{N}_2$  dengan energi 100 keV dan waktu implantasi 90 menit menghasilkan CoCr yang memiliki kekerasan permukaan yang bervariasi, kekerasan maksimum rata-rata yang dapat dicapai sebesar 477 VHN. Peningkatan kekerasan *cobalt chrome alloy* menyebabkan berkurangnya keausan pada permukaan ketika dilakukan pengujian keausan. Hal ini

disebabkan karena berkurangnya *wear debris* yang berasal dari *cobalt chrome alloy* yang telah mengalami peningkatan kekerasan dimana *wear debris* tersebut berfungsi sebagai bahan *abrasive* dalam mekanisme *three body abrasive wear* antar permukaan gesekan sehingga menurunkan nilai faktor keausan *die drawn* UHMWPE ketika diuji.

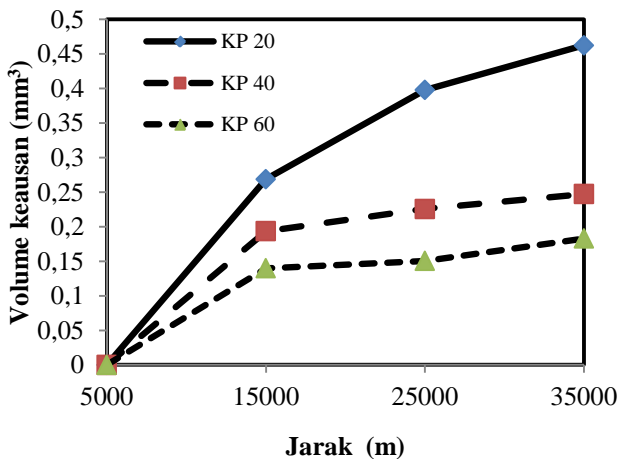


Gambar 1. Nilai kekerasan CoCr

Selain *kekerasan* permukaan CoCr juga diukur kekasaran permukaannya, dari hasil pengukuran kekasaran permukaan setelah implantasi tidak menunjukkan perubahan kekasaran permukaan spesimen. Penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa modifikasi permukaan dengan metode implantasi ion N<sub>2</sub> tidak mempengaruhi kekasaran permukaan spesimen dan setelah pengujian keausanpun kekasaran permukaan CoCr tidak berubah.

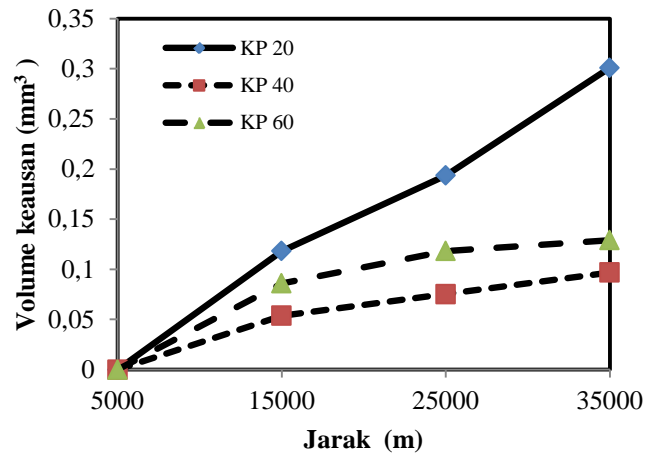
**Uji keausan**

Pengujian keausan dilakukan pada masing-masing spesimen untuk mendapatkan volume keausan *die drawn* UHMWPE dengan variasi kecepatan penarikan yang berbeda untuk setiap *draw ratio*. Volume keausan UHMWPE diperoleh dengan persamaan 1, yaitu membagi nilai berat keausan dari hasil penimbangan dengan massa jenisnya.



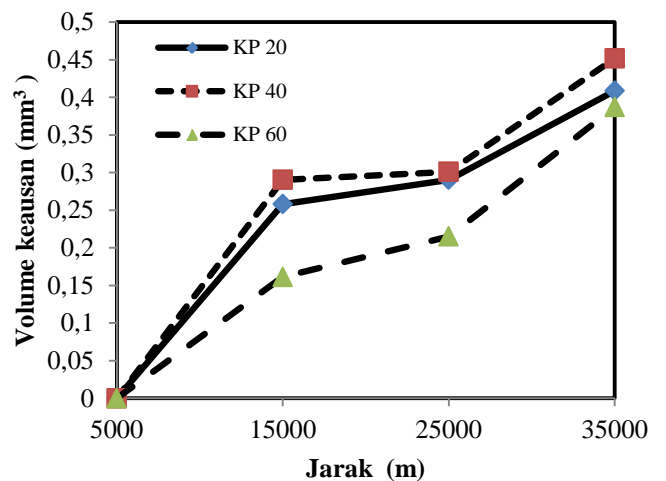
Gambar 2. Volume Keausan UHMWPE terhadap Jarak untuk *draw ratio* 1.5 dengan kecepatan penarikan yang berbeda

Dari gambar 2 terlihat bahwa pada *draw ratio* 1.5 kecepatan penarikan 20 mm/dt memiliki volume keausan yang paling tinggi dan dengan bertambahnya kecepatan penarikan mampu menurunkan volume keausan *die drawn* UHMWPE.



Gambar 3. Volume Keausan UHMWPE terhadap Jarak untuk *draw ratio* 1.75 dengan kecepatan penarikan yang berbeda

Pada *draw ratio* 1.75, kecepatan penarikan juga memberikan hasil volume keausan yang berbeda dan yang terendah dihasilkan pada kecepatan penarikan 40 mm/dt seperti yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 4. Volume Keausan UHMWPE terhadap Jarak untuk *draw ratio* 2 dengan kecepatan penarikan yang berbeda

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa kecepatan penarikan pada *draw ratio* 2 menghasilkan volume keausan yang tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan penarikan pada *draw ratio* ini tidak memberikan pengaruh terhadap ketahanan aus UHMWPE.

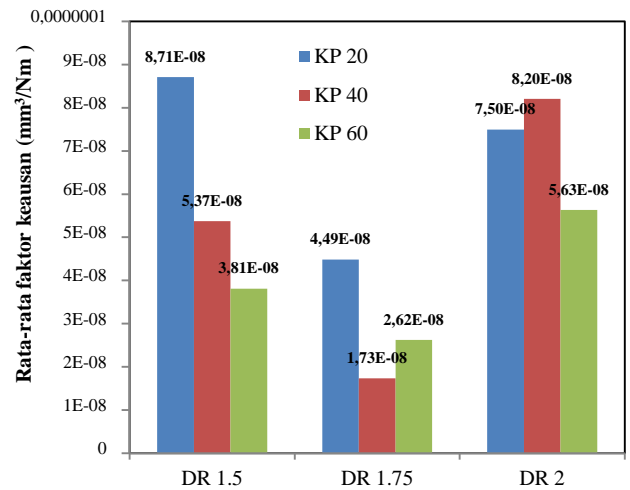
Dari hasil uji keausan *die drawn* UHMWPE dapat dilihat bahwa pada *draw ratio* 1.75 memiliki volume keausan rata-rata yang lebih rendah untuk tiap-tiap kecepatan penarikan dibandingkan dengan *draw ratio* yang lain yaitu sebesar  $0.130 \text{ mm}^3$  dan yang tertinggi pada *draw ratio* 2 yaitu sebesar  $0.307 \text{ mm}^3$ . Sementara volume keausan rata-rata tertinggi terjadi pada *draw ratio* 1.5 dengan kecepatan penarikan 20 mm/dt sebesar  $0.376 \text{ mm}^3$  dan yang terendah pada *draw ratio* 1.75 dengan kecepatan penarikan 40 mm/dt sebesar  $0.075 \text{ mm}^3$  seperti yang terlihat pada gambar di atas.

Dari pengujian ini juga dapat dihitung faktor keausan yang terjadi dari *die drawn* UHMWPE dengan menggunakan persamaan 2, pada *draw ratio* 2 memiliki faktor keausan rata-rata untuk ketiga variasi kecepatan penarikan yang paling tinggi yaitu sebesar  $7.11 \times 10^{-8} \text{ (mm}^3/\text{Nm)}$  dan yang paling rendah terjadi pada *draw ratio* 1.75 yaitu sebesar  $2.95 \times 10^{-8} \text{ (mm}^3/\text{Nm)}$ .

#### **Draw ratio, kecepatan penarikan dan faktor keausan die drawn UHMWPE**

Dari hasil pengujian keausan dengan kondisi *Draw ratio* dan kecepatan penarikan yang berbeda, ketahanan aus *die drawn* UHMWPE menunjukkan perubahan seperti pada Gambar 2, 3 dan 4. Pengujian ini menunjukkan adanya perubahan volume keausan yang terjadi setelah pengujian. Peningkatan kecepatan penarikan pada *draw ratio* 1.5 dalam pengujian mengakibatkan peningkatan ketahanan aus *die drawn* UHMWPE, tetapi hal ini tidak terjadi pada *draw ratio* yang lain. Hasil pengujian ini juga menunjukkan untuk kondisi kecepatan penarikan dengan *draw ratio* yang berbeda, pada kecepatan penarikan 20 mm/dt menghasilkan factor keausan rata-rata yang paling tinggi sedangkan pada kecepatan penarikan 60 mm/dt yang paling rendah. Hal tersebut terjadi karena *draw ratio* dan kecepatan penarikan pada proses *die drawing* ini menyebabkan terbentuknya orientasi molekul yang berbeda pada *die drawn* UHMWPE. *Oriented* UHMWPE yang paling bagus terbentuk pada *draw ratio* 1.75 dengan kecepatan penarikan 40 mm/dt. Ini bisa dilihat dari volume keausan yang dihasilkan pada kondisi tersebut sangat kecil sehingga factor keausannya pun sangat rendah seperti terlihat pada gambar 5.

Grafik faktor rata-rata keausan yang diperoleh menunjukkan bahwa ketika proses *die drawing* dengan variasi *draw ratio* dan kecepatan penarikan menghasilkan faktor keausan yang beragam. UHMWPE dengan *draw ratio* 2 kecepatan penarikan hampir tidak memberi pengaruh terhadap faktor keausannya, demikian halnya dengan *draw ratio* 1.5.



**Gambar 5.** Faktor Keausan rata-rata *die drawn* UHMWPE dengan kecepatan penarikan yang berbeda

Hal berbeda terjadi pada *draw ratio* 1.75, dengan kecepatan penarikan berbeda menghasilkan *die drawn* UHMWPE dengan nilai faktor keausan yang rendah, perbandingan faktor keausan antara *die drawn* UHMWPE *draw ratio* 1.75 dengan *draw ratio* yang lain menunjukkan perbedaan yang signifikan.

#### **Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa perbedaan *draw ratio* dan kecepatan penarikan pada proses *die drawing* mampu meningkatkan ketahanan aus UHMWPE pada saat pengujian aus berpasangan dengan *cobalt chrome alloy* yang telah diimplantasi ion nitrogen, hal ini disebabkan karena terjadi orientasi molekul yang terbentuk dari proses *die drawing*, dimana molekul-molekul dalam UHMWPE menjadi lebih padat. *Die drawn* UHMWPE yang mempunyai ketahanan aus terbaik adalah pada *draw ratio* 1.75 dengan kecepatan penarikan 40 mm/dt yang memiliki faktor keausan yang paling rendah yaitu sebesar  $1.73 \times 10^{-8}$ .

#### **Referensi**

Dearnley, P.A., "A review of metallic, ceramic and surface treated metal used for bearing surface in human joint replacement", *Proc. Instn. Mech. Engrs.*, Vol. 213 part II (1999)

Dharmastiti, R., Barton, D.C., Fisher, J., Eddin, A., and Kurtz, S., "The wear of oriented UHMWPE under isotropically rough and scratched counterface test conditions", *Bio-Medical Materials and Engineering*

11, page 241 – 256 (2001)

Dumbleton, J.H., “Wear and prosthetic joint, Joint Replacement arthroplasty”, *Churchill Livingstone*, New York, page 47 – 57 (1991)

Hutchings I.M., *Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials*, Arnold, London, (1995)

Paul J. P., *Force Actions Transmitted by Joints in the Human Body*, Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences, Vol. 192, No. 1107, (1976)

Wahyudianto A., *Pengaruh implantasi ionberbasis nitrogen pada cobalt chrome alloy terhadap sifat keausan die drawn GUR 1120UHMWPE*, Thesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, (2006)