

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M3-006 PENGARUH KECEPATAN GESEKAN TERHADAP SIFAT KEAUSAN *DIE DRAWN* UHMWPE UNTUK APLIKASI SENDI LUTUT TIRUAN

Jefri S Bale¹ dan Rini Dharmastiti²

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana

² Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Phone : 085239032907, Email : jefri_bale@yahoo.com

ABSTRAK

Secara umum kemampuan sendi lutut tiruan bergantung pada sifat material pengganti pada komponen sendi lutut yang digunakan. UHMWPE sebagai pengganti komponen *tibial* dan *cobalt chrome alloy* sebagai pengganti komponen *femoral* merupakan salah satu pasangan material yang banyak digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui bagaimana pengaruh kecepatan gesekan terhadap sifat keausan *die drawn* UHMWPE GUR 1120 berpasangan dengan *cobalt chrome alloy* yang diimplantasi ion berbasis nitrogen. Penelitian dilakukan dengan *pin on plate unidirectional reciprocating movement wear test* menggunakan campuran 25% *bovine serum* dan 75% air destilasi sebagai pelumas. Pengujian dilakukan dengan melakukan variasi kecepatan 35 mm/dtk, 70 mm/dtk dan 116 mm/dtk pada pembebanan konstan 180 N. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan kecepatan gesekan pada pengujian tidak terlalu berpengaruh atau mempunyai nilai yang tidak signifikan terhadap faktor keausan *die drawn* UHMWPE.

Kata Kunci: Faktor keausan, kecepatan gesekan, *die drawn* UHMWPE, *cobalt chrome alloy*, implantasi ion berbasis nitrogen

1. PENDAHULUAN

Dalam melakukan berbagai aktifitas sesuai fungsinya, sendi lutut akan mengalami perubahan kecepatan pada komponen femur dan tibial [1]. Penyakit seperti *osteoarthritis*, proses penuaan ataupun kecelakaan dapat menyebabkan sendi lutut tidak dapat berfungsi dengan baik. Dalam tingkatan kerusakan tertentu dimana *cartilage* mengalami keausan secara menyeluruh, maka penggunaan sendi tiruan menjadi pilihan. Material *cobalt chrome alloy* dan UHMWPE adalah salah satu pasangan material yang paling sering digunakan untuk menggantikan sendi lutut tiruan pada manusia [2]. Dalam penggunaannya,

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

keausan material UHMWPE merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi umur pakai sendi lutut tiruan [2]. Masalah yang timbul diatas perlu diteliti dalam hubungannya dengan upaya untuk mengurangi terjadinya keausan pada komponen pengganti pada sendi lutut tiruan antara *cobalt chrome alloy* dan UHMWPE. Upaya tersebut dapat dilakukan dengan memodifikasi sifat mekanis dari kedua material tersebut untuk meningkatkan kekerasan, kehalusan permukaan dan ketahanan aus.

Perlakuan permukaan pada logam yang dapat digunakan untuk memperbaiki kekerasan dan ketahanan aus adalah 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 [3]. Pada UHMWPE salah satu metode yang dapat diterapkan adalah pemrosesan material dengan *die drawing* yang menghasilkan *oriented* UHMWPE yang dapat menurunkan faktor keausan hingga 25% dibanding material asli [4].

Penelitian terdahulu mengenai pengaruh kecepatan gesekan terhadap sifat keausan UHMWPE dimana kecepatan gesekan divariasikan pada 35 mm/dtk untuk kecepatan rendah dan pada 240 mm/dtk untuk kecepatan tinggi yang bertujuan untuk mengakselerasi pengujian dan menghasilkan volume keausan yang lebih banyak dilakukan oleh [5]. Dalam penelitiannya disimpulkan bahwa kecepatan gesekan mempunyai pengaruh yang kecil terhadap sifat keausan UHMWPE.

Sifat keausan material UHMWPE akibat perubahan kecepatan akan diteliti dalam penelitian ini. Penelitian dilakukan menggunakan *pin on plate wear test* dengan pasangan *cobalt chrome alloy* yang diimplantasi ion nitrogen dan *die drawn* GUR 1120 UHMWPE dimana perubahan kecepatan dilakukan untuk mengkondisikan perubahan kecepatan yang terjadi pada sendi lutut karena berbagai aktivitas yang berbeda pada manusia.

2. Bahan dan Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini spesimen yang digunakan adalah *cobalt chrome alloy* berbentuk pelat yang telah diimplantasi N_2 dan *die drawn* UHMWPE berbentuk pin serta campuran 25% *bovine serum* dengan 75% air destilasi yang digunakan sebagai pelumas pada uji keausan.

Pelat *Cobalt chrome alloy* kemudian diukur kekerasannya menggunakan *Microvickers hardness tester* dengan kekasaran permukaannya 0.1 - 0.2 μm yang dapat diketahui dengan *Profilometer*. Selanjutnya pelat *Cobalt chrome alloy* diimplantasi ion berbasis nitrogen (N_2) menggunakan alat implantor ion. Setelah itu diukur kembali kekerasan dan kekasaran permukaan *cobalt chrome alloy* hasil implantasi ion untuk mengetahui perubahan permukaan bahan, sedangkan *die drawn* UHMWPE dibuat berbentuk pin dengan searah penarikan saat *die drawing*. *Cobalt chrome alloy* dan *die drawn* UHMWPE selanjutnya diuji ketahanan aus dengan menggunakan alat uji keausan jenis *pin on plate unidirectional movement* dimana kecepatannya divariasikan dengan besaran 35 mm/dtk, 70 mm/dtk dan 116 mm/dtk pada

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

pembebanan konstan 180 N. Pengujian ini dilakukan hingga mencapai 1.400.000 langkah dengan interval 200.000 langkah.

Setiap interval dilakukan penimbangan berat pin UHMWPE. Pada saat penimbangan, terlebih dahulu dibersihkan dengan *ultrasonic vibrator*. Setelah itu, Pin *die drawn* UHMWPE ditimbang dengan timbangan berketelitian 1(satu) miligram menggunakan *Electronic Balance*. Perubahan berat pada spesimen kontrol dikompensasikan pada perhitungan pengurangan berat spesimen keausan sehingga pengurangan berat yang dicatat adalah jumlah dari pengurangan berat spesimen uji dan berat cairan yang diserap selama pengujian.

Siklus ini diulangi lagi hingga 7(tujuh) kali pengujian dimana setiap kali pengujian menggunakan pelumas yang baru dan penimbangan awal spesimen uji dilakukan dengan terlebih dahulu dibersihkan dengan *ultrasonic vibrator*.

Untuk menghasilkan data yang bisa diperoleh dari pengujian ini, pengurangan berat yang dihasilkan akibat keausan pin *die drawn* UHMWPE diolah menjadi faktor keausan melalui persamaan:

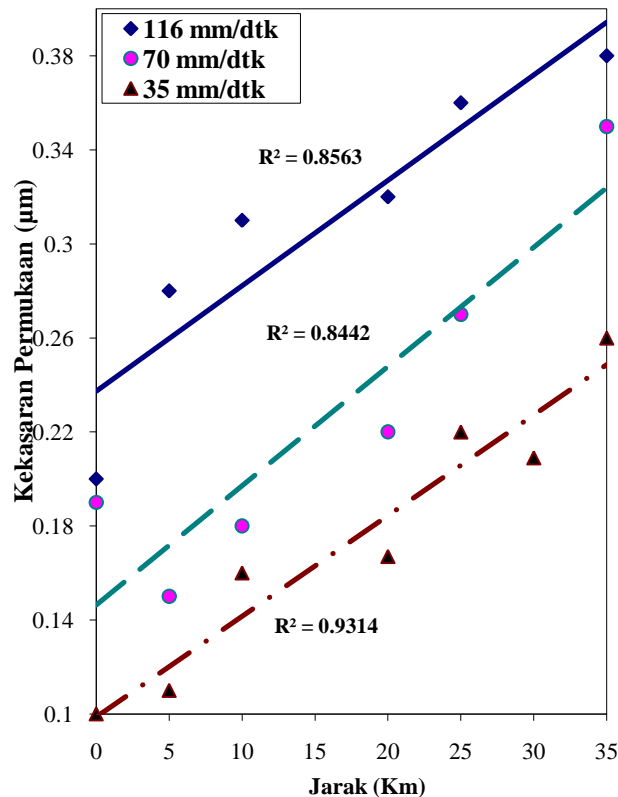
$$\text{Faktor Keausan} = \frac{\text{volume keausan}(mm^3)}{\text{beban}(N) \times \text{jarak tempuh}(m)} \quad (1)$$

Nilai faktor keausan yang dihasilkan kemudian dilakukan uji statistik untuk mendapatkan perbandingan nilai faktor keausan yang signifikan atau tidak signifikan.

3. Hasil

Hasil dari pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan *micro vickers hardness tester*. *Cobalt chrome alloy* memiliki kekerasan awal rerata sebesar 209 VHN. *Cobalt chrome alloy* mengalami peningkatan nilai kekerasan rerata menjadi 391VHN setelah dilakukan proses implantasi ion nitrogen. Perubahan ini terjadi karena nitrogen yang diionisasi terdifusi ke substrat sehingga tidak terbentuk lapisan dan peningkatan kekerasan terjadi akibat paduan antara elemen asing (ion nitrogen) dan substrat (*cobalt chrome alloy*).

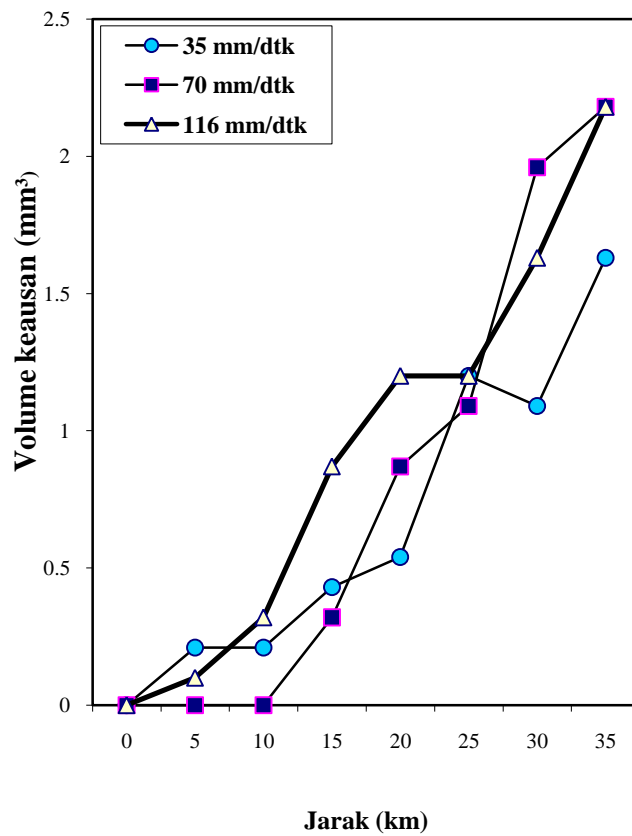
Dari hasil pengujian keausan dengan kondisi kecepatan yang berbeda, kekasaran permukaan (R_a) menunjukkan perubahan seperti pada gambar 1. Variasi kecepatan gesekan pada pengujian menghasilkan perubahan kekasaran permukaan *cobalt chrome alloy* yang cenderung meningkat, dimana hal ini menunjukkan terjadinya keausan pada permukaan *cobalt chrome alloy*.



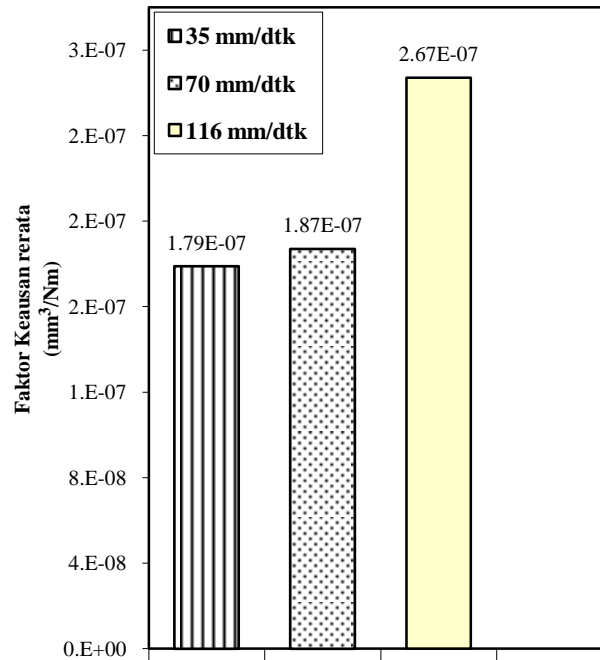
Gambar 1. Kekasaran permukaan *cobalt chrome alloy* terhadap jarak pengujian untuk masing-masing kondisi kecepatan pada pembebanan konstan

Perubahan yang cenderung meningkat juga terjadi pada nilai volume keausan untuk masing-masing kondisi kecepatan berdasarkan jarak pengujian yang sama (35 km) dan pembebanan konstan (180 N). Nilai volume keausan dapat dilihat pada gambar 2. Pengujian dengan kecepatan gesekan yang lebih tinggi (116 mm/dtk dan 70 mm/dtk) menunjukkan volume keausan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengujian menggunakan kecepatan 35 mm/dtk dimana volume keausan yang dihasilkan berdasarkan berat keausan yang terukur pada saat penimbangan untuk tiap interval pengujian.

Berdasarkan nilai volume keausan, faktor keausan untuk masing-masing kondisi kecepatan dapat dihasilkan dengan persamaan 1. Hasil perhitungan berdasarkan persamaan 1 dan kondisi pengujian menunjukkan nilai faktor keausan yang terendah terjadi untuk kecepatan 35 mm/dtk. Seiring dengan adanya peningkatan kecepatan gesekan, faktor keausan juga mengalami peningkatan untuk kondisi kecepatan 70 mm/dtk dan 116 mm/dtk yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Volume keausan pin *die drawn* UHMWPE untuk masing-masing kondisi kecepatan pada pembebanan konstan.

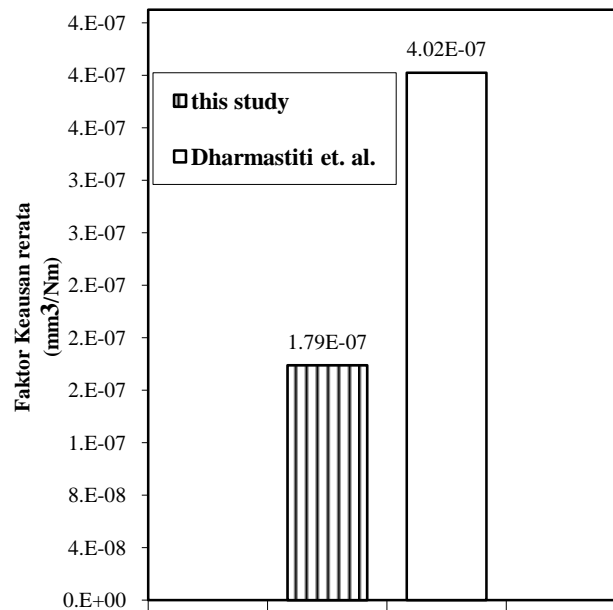


Gambar 3. Faktor keausan rerata pin *die drawn* UHMWPE untuk kondisi pengujian dengan masing-masing kecepatan pada pembebanan konstan.

4. Pembahasan

Peningkatan nilai kekerasan *cobalt chrome alloy* karena proses implantasi ion nitrogen mempengaruhi nilai faktor keausan, dimana seiring meningkatnya kekerasan dapat menurunkan faktor keausan dari *die drawn* UHMWPE.

Peningkatan kekerasan *cobalt chrome alloy* menyebabkan berkurangnya keausan pada permukaan ketika dilakukan pengujian keausan. Hal ini menyebabkan berkurangnya *wear debris* yang berfungsi sebagai bahan *abrasive* dalam mekanisme *three body abrasive wear* antar permukaan gesekan sehingga menurunkan nilai faktor keausan *die drawn* UHMWPE ketika diuji berpasangan pada pengujian keausan. Perbandingan nilai faktor keausan untuk material *die drawn* UHMWPE dan *cobalt chrome alloy* tanpa implantasi dari penelitian terdahulu [4] dan nilai faktor keausan dari penelitian ini untuk kondisi pengujian yang sama dapat dilihat pada gambar 4 berikut dimana dapat terlihat perbedaan untuk nilai faktor keausan dari dua kondisi yang berbeda pada material *cobalt chrome alloy*.

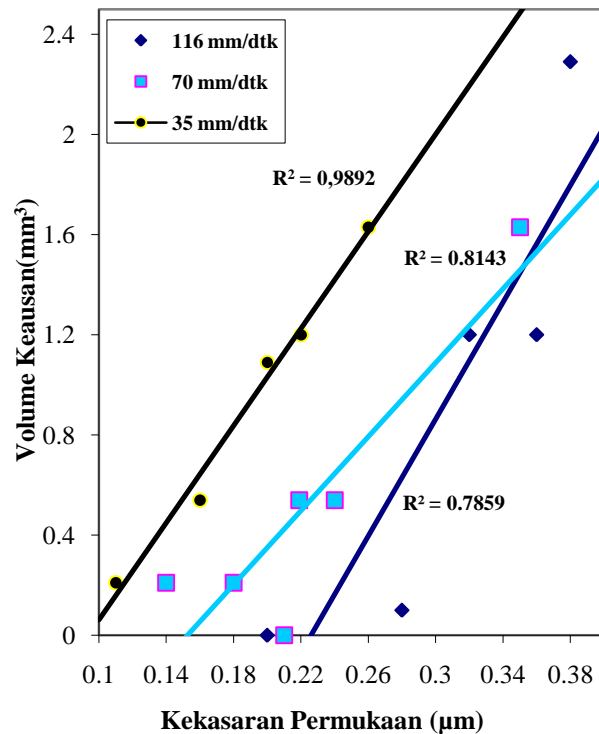


Gambar 4. Faktor keausan untuk material *cobalt chrome alloy* tanpa implantasi [4] dan *cobalt chrome alloy* hasil implantasi.

Penelitian ini menunjukkan adanya perubahan kekasaran permukaan *cobalt chrome alloy* yang terjadi setelah pengujian dengan kondisi kecepatan yang berbeda (gambar 1). Peningkatan kecepatan dalam pengujian mempengaruhi mekanisme perubahan kekasaran permukaan dari pelat *cobalt chrome alloy*.

Untuk masing-masing kondisi kecepatan yang berbeda, kekasaran permukaan mengalami peningkatan setelah dilakukan pengujian. Peningkatan kekasaran permukaan secara bersamaan meningkatkan volume keausan dari *die drawn* UHMWPE pada kondisi pengujian dengan kecepatan yang berbeda. Hal ini dapat dilihat dari grafik 5 yang memperlihatkan bahwa seiring dengan meningkatnya kecepatan gesekan dalam pengujian akan meningkatkan kekasaran permukaan dan mempengaruhi keausan *die drawn* UHMWPE.

Peningkatan kecepatan gesekan antar permukaan akan menghasilkan *wear debris* yang semakin banyak sehingga mempengaruhi kekasaran permukaan *cobalt chrome alloy* dan keausan dari UHMWPE, dimana *wear debris* akan berfungsi sebagai bahan *abrasive* dalam mekanisme *three body abrasive wear*. Dengan bertambahnya *wear debris* karena peningkatan kecepatan gesekan, akan terjadi peningkatan volume keausan (gambar 2) dan meninggalkan jejak keausan yang ditandai dengan goresan-goresan pada permukaan pin yang lebih banyak dan lebih nyata.



Gambar 5. Hubungan kekasaran permukaan terhadap volume keausan untuk masing-masing kondisi kecepatan.

Dari hasil uji statistik *t-test*, perbedaan faktor keausan (gambar 3) karena peningkatan kecepatan gesekan mempunyai nilai yang tidak signifikan. Kecepatan gesekan yang tidak terlalu mempengaruhi sifat keausan UHMWPE juga terjadi pada penelitian terdahulu yang menggunakan material UHMWPE tanpa *die drawn* dan *stainless steel* tanpa perlakuan [5].

5. Kesimpulan

Secara keseluruhan dari hasil penelitian, kekerasan dan kekasaran permukaan *cobalt chrome alloy* serta kecepatan gesekan mempunyai pengaruh terhadap sifat keausan *die drawn* UHMWPE GUR 1120 dan *cobalt chrome alloy* yang diimplantasi ion nitrogen yang ditunjukkan oleh nilai faktor keausan yang berbeda. Peningkatan kekerasan *cobalt chrome alloy* karena proses implantasi ion nitrogen dapat menurunkan faktor keausan (gambar 4). Pengujian dengan meningkatkan kecepatan gesekan akan menghasilkan peningkatan faktor keausan *die drawn* UHMWPE yang tidak signifikan berdasarkan analisa signifikansi menggunakan *t-test*. Dapat dikatakan bahwa sifat keausan *die drawn* UHMWPE GUR

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1120 dipengaruhi oleh kekerasan *cobalt chrome alloy*, kekasaran *cobalt chrome alloy*, serta tidak terlalu terpengaruh oleh kecepatan gesekan. Oleh karena itu, dalam pengujian keausan bersifat eksperimental laboratoris dapat dilakukan akselerasi terhadap pengujian (peningkatan kecepatan gesekan) sehingga dapat mempersingkat waktu pengujian.

References

- [1] Paul J. P., 1976, *Force Actions Transmitted by Joints in the Human Body*, Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences, Vol. 192, No. 1107.
- [2] Fang Hsu-Wei., Hsu Stephen M., dan Sengers Jan V., 2003, *Ultra-High Molecular Weight Polyethylene Wear Particle Effects on Bioactivity*, NIST Special Publication 1002.
- [3] Hutchings I.M., 1995, *Tribology : Friction and Wear of Engineering Materials*, Arnold, London.
- [4] Dharmastiti, R., Barton, D.C., Fisher, J., Eddin, A., dan Kurtz, S., 2001, *The Wear of Oriented UHMWPE under Isotropically Rough and Scratched Counterface Test Conditions*, Bio-Medical Materials and Engineering 11, hal. 241 – 256.
- [5] Fisher J., Dowson D., Hamdzah H., dan Lee H.L., 1993, “The effect of sliding velocity on the friction and wear of UHMWPE for use in total artificial joints”, *Wear* 175, hal.219-225.