

# STUDI UNTUK EFEK KOMBINASI LAMANYA IRRADIASI DALAM UDARA DAN KEKASARAN PERMUKAAN PADA KEAUSAN UHMWPE

S. M. B. Respati<sup>\*)</sup>

## Abstrak

*Lapisan femoral head dalam vivo yang rusak dapat menyebabkan keausan menyerupai cup (cangkir). Oksidasi dan lamanya setelah sterilisasi dengan gamma irradiasi di udara, dapat merubah sifat mekanik dan keausan untuk ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE). Pembelajaran kombinasi efek merubah sifat material untuk keausan UHMWPE pada kekasaran yang sama, representatif femoral heads baru dan kerusakan dan kerusakan dalam vivo. Tingkat keausan atas tri- pin ondisc tribometer di solusi protein. Perbandingan keausan menggunakan tiga kekasaran permukaan yang sama spesimen dibuat dari polyethylene acetabular cups pada umur sama (3-12 bulan) setelah gamma irradiasi dalam udara. Untuk perbandingan keausan dibuat spesimen kontrol tanpa sterilisasi tes keausan/ mm dibawah inisial sambungan permukaan cups dengan posisi degradasi tinggi tingkat keausan UHMWPE yang disteril dengan gamma irradiasi diudara menunjukkan penambahan yang signifikan. Dengan waktu pada semua kondisi permukaan, tingkat keausan semua material pertambahannya mencolok pada penambahan kekasaran permukaan tetap masih sama tergantung umur material efek kombinasi dan lamanya penambahan kekasaran permukaan mempunyai efek dramatik (penambahan sampai 2000 fold) pada tingkat keausan. Lamanya kerusakan polymer dan femoral head disebutkan karena penambahan keausan dalam vivo. Hasil dari demonstrasi adalah variabel dapat membuat synergistically mencolok untuk tingkat efek UHMWPE.*

**Kata kunci :** UHMWPE, Efek Kombinasi, Irradiasi

## Pendahuluan

Keausan dan partikel keausan *Ultra high molecular weight polyethylene* (UHMWPE) sekarang dipertimbangkan sangat penting menyebabkan kegagalan total arthroplasty. Volume keausan komponen polyethylene pelepasan partikel keausan memiliki hubungan menyebabkan reaksi selular kurang baik dimana ujung tulang dalam mengendur. Tingkat keausan UHMWPE dapat menyebabkan biomechanic kurang baik, tubrukan dan pengenduran.

Lebih dua dekade komponen UHMWPE disterilkan dengan gamma irradiasi dalam oksigen atau udara. Sterilisasi dengan gamma irradiasi untuk UHMWPE mempunyai pengaruh perubahan waktu dependent dimana mengubah sifat kimia dan mekanik. Ketika sterilisasi dengan gamma irradiasi bebas dihasilkan dalam waktu yang lama dapat menyebabkan *chain scission* dan *cross linking* untuk UHMWPE. Dalam presensi

oksigen, bebas permulaan dalam suatu rangkaian reaksi oksidasi dapat mengakibatkan chain scission. Derajat tingkat oksidasi dalam polyethylene tergantung pada: dosis irradiasi, umur irradiasi dan kondisi lingkungan. Umumnya penurunan tingkat nilai didalam vivo mungkin lebih rendah dari komponen yang hilang. Tingkat oksidasi ditunjukkan menurut kedalaman, puncak pada 0,2 – 2 mm di bawah permukaan. Adanya permukaan putih akibat oksidasi identifikasi komponen polyethylene. Studi menunjukkan oksidasi polyethylene menyebabkan penurunan sifat mekanis seperti kekuatan tarik, kekuatan impact, kekuatan lelah, densitas dan modulus young.

Efek penurunan UHMWPE, berkaitan dengan irradiasi dan umur dalam air atau oksigen sedikit perhatiannya di masa lalu sekarang pantas dipertimbangkan dengan studi terbaru menunjukkan keausan lebih tinggi. Studi

<sup>\*)</sup> Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang  
Jl Menoreh Tengah X/22 Semarang

laboratorium juga menunjukkan kekasaran dari femoral terjadi peningkatan keausan. Studi klinik juga menunjukkan jika femoral head dalam vivo polyethylene tingkat keausan sangat rendah. Bagaimanapun studi kita menunjukkan penurunan tingkat keausan. Studi mempelajari efek dari irradiasi yang dikombinasikan dengan waktu irradiasi.

Kontrol laboratorium dimana keausan UHMWPE mempunyai standart steril irradiasi dengan dosis 2,5 Mrad dan umur dalam udara 3 bulan, 12 bulan, 6 tahun dan 10 tahun dan material tidak disterilkan.

**Material dan Metode**

UHMWPE (grade GUR412) digunakan untuk semua tes. Kontrol dari UHMWPE adalah mesin tiga acetabular cups yang belum disterilisasi. Mesin irradiasi dari delapan acetabular cups berbeda dengan De Puy Internasional Plc. Cup ini di radiasi dengan dosis 2,5 Mrad dan umur setelah disteril 3 bulan, 12 bulan, 6 tahun, dan 10 tahun. Delapan pin dari masing-masing cup, enam pin digunakan untuk menggerus dan dua untuk kontrol. Pembersihan pin digunakan air deonised untuk 14 hari. Pin disiapkan posisinya dari permukaan 1 mm dibawah awal pemakaian acetabular dalam vivo.

Mesin tri-pin-on-disc keausan digunakan, polymer silinder mempunyai ujung kerucut dengan diameter 3mm. setiap pengujian 3 pin dengan material sama di jalankan diatas permukaan plat stainless steel yang halus ( $R_a = 0,01 \mu m$ ) yang dipasang pada femoral heads. Dua tes adalah setiap material mendapat 6 pengukuran dari 6 pin yang berbeda. Tes kedua mempelajari variable kedua, kekasaran permukaan untuk material yang berbeda (tanpa radiasi, umur radiasi 12 bulan dan 120 bulan) digunakan permukaan stainless steel dengan harga

kakasaran  $R_a = 0,07 \mu m$  dan  $0,1 \mu m$ . Femoral head dirusak mempunyai harga kerusakan  $0,05 - 0,1 \mu m$ . Bovine serum dilemahkan sampai 25 % dari penambahan 0,1 % sodium azide yang digunakan sebagai pelumas semua tes. Beban pada masing-masing pin 80 N memberikan tekanan kontak 12 MPa di bidang geser. Pengukuran masing-masing tes pengausan bertahan sekitar 96 jam pada permukaan halus dan 28 jam pada permukaan kasar, pada kecepatan 240 mm/s. Material tes disajikan pada (tabel 1). Faktor keausan dihitung pada masing-masing kondisi kekasaran permukaan dengan cara anova pada perbandingan efek umur irradiasi.

Table 1  
Materials tested

Non-irradiated	NI
Irradiated and aged for 3 months	AI(3)
Irradiated and aged for 12 months	AI(12)
Irradiated and aged for 72 months	AI(72)
Irradiated and aged for 120 months	AI(120)

**Hasil.**

Karena masing-masing material test dan kekasaran permukaan dengan enam pengukuran, faktor keausan dan standart kesalahan maka faktor keausan (tabel 2) menggambarkan volume dari keausan akibat dorongan dari beban yang mempunyai unit  $mm^3/Nm$ . Gambar 1 menunjukkan rata-rata faktor keausan + SE untuk 5 perbedaan umur material. Umur material setelah irradiasi dalam udara meningkat tingkat keausannya. Tingkat keausan 2,5 kali lebih besar 12 bulan. Tiga kali lebih besar 72 bulan dan 30 kali lebih besar 120 bulan dibandingkan dengan material non steril. Analisa perbedaan satu arah menunjukkan rata-rata faktor keausan 12, 72 dan 120 bulan lebih besar dibandingkan dengan material non irradiasi ( $p < 0,05$  ; T-method)

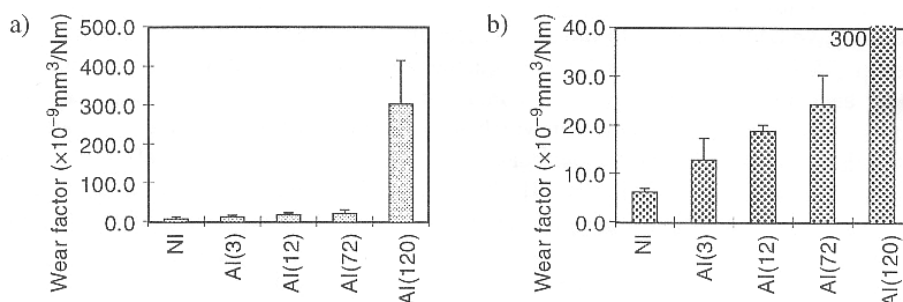


Fig. 1. (a) The mean (+S.E.) wear factor for the aged irradiated (AI) and non-irradiated UHMWPE sliding on a stainless steel counterface of roughness,  $R_a = 0.01 \mu m$ . (b) The results on a smaller scale.

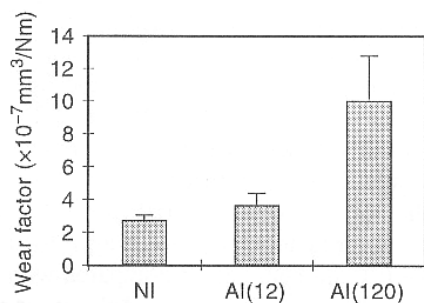


Fig. 2 The mean (+S.E.) wear factor for the aged irradiated (AI) and non Irradiated UHMWPE sliding on a stainless steel counterface of roughness,  $R_a = 0.067 \mu m$ .

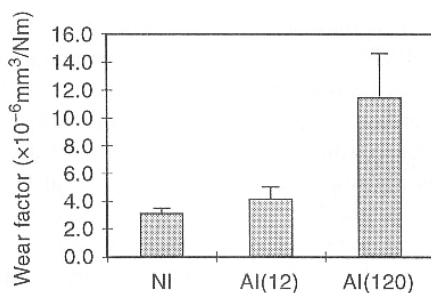


Fig. 3. The mean (+S.E.) wear factor for the aged irradiated (AI) and non irradiated UHMWPE skiding on stainless steel counterface of roughness,  $R_a = 0,11 \mu m$

Gambar 2 dan 3 menunjukkan rata-rata faktor keausan untuk material yang mempunyai umur 12 dan 120 bulan dengan kekasaran 0,07

$\mu m$  dan 0,1  $\mu m$  dengan material non irradiasi. Tingkat kekasaran untuk semua jenis material meningkat dramatis dengan skala peningkatan 1000 fold (gambar 1 sampai 3). Untuk perbedaan pengurangan permukaan diantara tingkat keausan pada material non irradiasi dan material umur 12 bulan mempunyai statistik tidak signifikan. Dimana perbedaan umur material 120 bulan dan non irradiasi lebih tinggi signifikan dalam masing-masing case ( $p < 0,05$ , analisis varian), dengan peningkatan dalam tingkat kekasaran 5 sampai 7 kali untuk kekasaran 0,07 dan 0,1  $\mu m$  berturut-turut.

Efek kombinasi umur material kekasaran permukaan ditunjukkan pada gambar 4, faktor keausan sebagai fungsi kekasaran permukaan ( $R_a$ ) dan umur setelah irradiasi. Material 10 tahun menyebabkan 4 – 30 fold meningkat dalam pengausan. Ketika peningkatan kekasaran antara 40-50 fold dalam pengausan. Umumnya efek kekasaran non irradiasi 150 kali lebih aus dan efek umur 30 fold meningkat. Bagaimanapun kedua efek umur material UHMWPE dan kekasaran permukaan membuat meningkat 2000 fold dalam tingkat kekasaran. Ketika pengausan pada material non irradiasi, umur material 120 bulan dengan permukaan halus dan permukaan kasar.

Table 2  
Mean and standard error wear factor for each material and counterface combination

Material	Counterface roughness $R_a$ ( $\mu m$ )	Mean wear factor ( $mm^3/Nm$ )	Standard error ( $mm^3/Nm$ )	Number of samples
NI	0.01	$6.6 \times 10^{-9}$	$0.7 \times 10^{-9}$	6
AI(3)	0.01	$13.5 \times 10^{-9}$	$4.5 \times 10^{-9}$	8
AI(12)	0.01	$19.4 \times 10^{-9}$	$1.6 \times 10^{-9}$	6
AI(72)	0.01	$25.0 \times 10^{-9}$	$6.0 \times 10^{-9}$	8
AI(120)	0.01	$307 \times 10^{-9}$	$114.1 \times 10^{-9}$	6
NI	0.11	$1.7 \times 10^{-6}$	$0.3 \times 10^{-6}$	6
AI(12)	0.11	$1.1 \times 10^{-6}$	$0.1 \times 10^{-6}$	6
AI(120)	0.11	$14.3 \times 10^{-6}$	$1.4 \times 10^{-6}$	6
NI	0.07	$2.7 \times 10^{-7}$	$3.3 \times 10^{-8}$	6
AI(12)	0.07	$3.6 \times 10^{-7}$	$8.3 \times 10^{-8}$	6
AI(120)	0.07	$10 \times 10^{-7}$	$2.7 \times 10^{-7}$	6

**Diskusi**

Studi sebelumnya menunjukkan suatu peningkatan dalam nilai keausan dengan peningkatan kekasaran atau kerusakan permukaan pada femoral. Peningkatan tingkat keausan dalam umur vitro untuk polyethylene setelah gamma irradiasi. Kedua proses yang

pertama untuk mendapatkan efek yang dikombinasikan kedua kekasaran dan umur yang menghasilkan peningkatan keausan yang dramatis 2000 kali. Selama ini studi yang sama selalu dibatasi oleh persediaan komponen tua dan tingkat umur yang sama setelah diradiasi. Hal ini menyangkut persiapan pada spesimen

paling tua 120 bulan, ini mungkin sulit didapat pada pembuat spesimen.

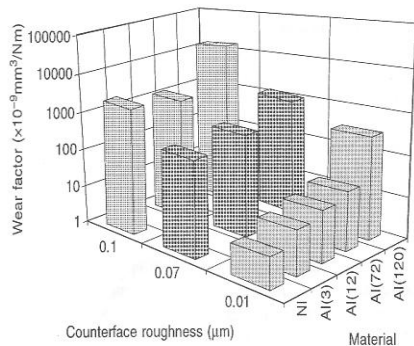


Fig. 4. Wear factor vs. counterface roughness and age of polyethylene.

Pada Gambar 4 menjelaskan perbedaan spesimen dengan tingkat keausan pada permukaan. Hal itu jelas peningkatan kekasaran dan umur material dapat meningkatkan tingkat keausan. Tingkat keausan lebih cenderung besar pada permukaan yang lebih kasar. Umur polyethylene menghasilkan penurunan ductilitas dan toughness material. Permukaan yang kasar dan keausan abrasif dan penekanan besar efeknya pada material yang tidak disterilisasi dengan gamma irradiasi dan dibandingkan dengan material irradiasi yang lebih tua. Kemungkinan perubahan proses keausan dari fatigue sampai abrasi besar efeknya pada material non irradiasi. Studi ini tidak untuk menginisialkan keausan pada material, pengurangan yang lebih besar, tetapi untuk tingkat keausan kekasaran permukaan. Faktor keausan  $10^{-6}$  mm<sup>3</sup>/Nm sesuai dengan volume keausan kira-kira 30 mm<sup>3</sup> pertahun untuk 22 mm head dan dan 45 mm<sup>3</sup> per tahun untuk 32 mm head. Karena tingkat keausan yang ada dalam

studi ini berkaitan dengan efek umur dan kekasaran permukaan menghasilkan range dari kurang 0,5 mm<sup>3</sup> per tahun sampai lebih 600 mm<sup>3</sup> per tahun.

Penelitian ini menggunakan head femoral keramik mengurangi keausan dan kerusakan dalam tingkat keausan. Studi ini juga menggunakan UHMWPE belum di radiasi dalam udara juga mengurangi tingkat keausan jangka panjang. Rata-rata klinikal penetrasi antara 100-200 µm per tahun dengan keausan 30-80 mm<sup>3</sup> per tahun dihasilkan femoral heads metallik dan polyethylene. Tipikal penetrasi tingkat 20 µm per tahun pada Wromblewski's studi sesuai kurang dari 10 mm<sup>3</sup> keausan per tahun. Hal ini menyebabkan penggunaan diameter kecil untuk femoral heads alumina keramik bersifat merusak.

Pada kedua laboratorium dan dua klinik research. Faktor yang menyebabkan tingkat keausan dan alternatif solusi keausan yang lebih rendah sekarang tersedia. Indikasi solusi baru untuk femoral heads keramik dan alternatif sterilisasi metode yang bagus memberikan tingkat keausan dan umur lebih 20 tahun. Untuk pengguna polyethylene yang disterilisasi dan tidak direkomendasikan pada pasien muda.

#### Daftar Pustaka

- Besong, A.A., Hailey, J.L., Ingham, E., Stone, M., Wroblewski., B.M., and Fisher, J., 1997, *A Study of the combined effects of shelf ageing following irradiation in air and counterface roughness on the wear of UHMWPE*, Bio-Medical Material and Engineering, UK, vol 7, pp 59-65