

## ANALISIS LAPISAN TIN PADA PROTOTYPE TOTAL KNEE REPLACEMENT (TKR) DENGAN METODA PLASMA SPUTTERING

I Nyoman Gede Putrayasa A<sup>1\*</sup>, Galih Senopati<sup>2</sup>, Cahya Sutowo<sup>3</sup>, Fendy Rokhmanto<sup>4</sup>, Sulistioso Giat S<sup>5</sup>, Iwan Sumirat<sup>6</sup>, Agus Sujatno<sup>7</sup>, Bambang Sugeng<sup>8</sup>

<sup>\*1234</sup>Pusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI

<sup>5678</sup>Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju – BATAN

\*E-mail: mank\_71@yahoo.com

### ABSTRAK

Telah dilakukan pelapisan TiN dengan metoda plasma sputtering pada prototipe Total Knee Replacement (TKR). Pada penelitian ini TiN dilapiskan pada seluruh permukaan prototipe knee cap (tempurung lutut) dan komponen tibial yang berbahan CoCrMo. Hasil yang didapat pada pengujian kekerasan pada sampel sebelum dilapisi TiN adalah rata-rata 256.49 VHN. Setelah di lapis dengan TiN kekerasan rata – rata 339.66 VHN. Pengamatan strukturmikro dengan SEM tampak lapisan TiN yang solid dan ketebalan yang homogen dengan ketebalan rata-rata 1,9 $\mu$ m. Analisis fasa dengan XRD menunjukkan bahwa fasa dari sampel Total Knee Replacement (TKR) seluruhnya fasa paduan berbasis cobalt yang terdiri dari fasa  $\gamma$  (FCC) dan fasa  $\epsilon$  (HCP). Tidak tampak fasa TiN karena sangat tipis, sehingga tidak terdeteksi oleh XRD.

**Kata kunci:** TiN, Co-Cr-Mo, Total Knee Replacement (TKR)

### ABSTRACT

TiN coating has been performed with plasma sputtering method on prototype Total knee replacement (TKR). In this research the TiN is coated on the surface of the prototype knee cap and tibial components made from CoCrMo alloy. The results obtained the hardness of samples before TiN coated were an average of 256.49 VHN. Once in layers with TiN the average hardness is 339.66 VHN. Observations of microstructures with SEM appear to be a solid TiN layer and a homogeneous thickness with an average thickness of 1.9  $\mu$ m. The phase analysis with XRD shows that the phase of the Total Knee Replacement (TKR) sample is a cobalt-based alloy phase consisting of  $\gamma$  (FCC) and phase  $\epsilon$  (HCP) phases. TiN phase no reveal, because it is so thin that it cannot be detected by XRD.

**Keywords:** TiN, Co-Cr-Mo, Total Knee Replacement (TKR)

### PENDAHULUAN

Di Indonesia, pada tahun 2009, penderita osteoarthritis mencapai 5% pada usia <40 tahun, 30% pada usia 40 – 60 tahun, dan 65% pada usia > 60 tahun. Untuk osteoarthritis genu prevalensinya di Indonesia juga cukup tinggi yaitu mencapai 15,5% pada laki – laki dan 12,7% pada perempuan dari seluruh penderita osteoarthritis (Soeroso J, 2006). Penelitian yang dilakukan di Malang menemukan secara radiologis cukup tinggi, yaitu pada usia 49-60 tahun mencapai 21,7%, yang terdiri dari 6,2% laki-laki dan 15,5% perempuan (Helwi, 2009)]. Penelitian lain juga menyebutkan

bahwa pada perempuan OA tersering ditemukan secara radiologis adalah genu sebanyak 71% atau sebanyak 140 pasien, sedangkan pada pasien osteoarthritis berjenis kelamin laki-laki juga sering ditemukan pada genu yaitu 29% atau sebanyak 56 pasien (Reni H dkk, 2005 dan Muladi dkk, 2016).

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Kesehatan mendorong agar Indonesia mandiri dalam bidang alat kesehatan. Permenkes no. 86 th. 2013, dalam Bab III, butir A.2 menetapkan bahwa pengembangan industri alat kesehatan, pada tahap kedua (2017-2019), antara lain

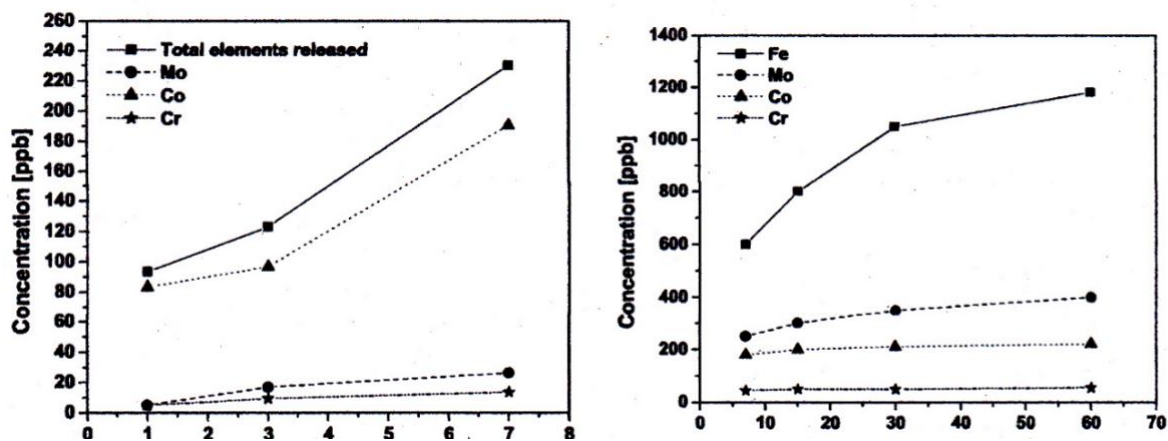
menetapkan, membangun kemandirian alat kesehatan dengan teknologi menengah keatas yang berbasis riset dan meningkatkan penelitian dan pengembangan alat kesehatan.

Sifat mekanik material implan pengganti tulang yang ideal adalah tidak jauh berbeda dengan sifat mekanik tulang agar tulang masih berfungsi, sehingga sel sel tulang yang baru cepat tumbuh kembali. Pada Tabel 1. tampak bahwa sifat mekanik material yang mendekati tulang adalah stainless steel, tapi sifat biokompatibilitas stainless steel kurang baik. Sifat mekanik dan biokompatibilitas dari ketiga material di atas, Co-Cr-Mo merupakan pilihan terbaik, karena harganya lebih murah dari titanium dan paduannya, sifat mekaniknya lebih baik dari stainless steel. Problem utama

dari material implant adalah biokompatibilitas, dan sifat biokompatibilitas sangat dipengaruhi oleh terlepasnya ion ion logam ke dalam tubuh yang dapat menyebabkan inflamasi dan alergi pada tubuh manusia, salah satu teknik untuk mereduksi pelepasan ion ion logam tersebut, adalah dengan metoda rekayasa permukaan dengan cara melapis alat implant dengan material keramik (Ferdiansyah dkk 2016). Tingkat pelepasan ion ion CoCrMo ditampilkan Gambar 1 (Ivana Dimic et,all, 012). Pada Gambar 1 tampak bahwa pelepasan ion Mo, Cr dan Mo, di dalam media saliva buatan, selama 24 jam, dihitung total mencapai 220 ppb.

Tabel 1. Sifat mekanik material implant (Ferdiansyah dkk 2016)

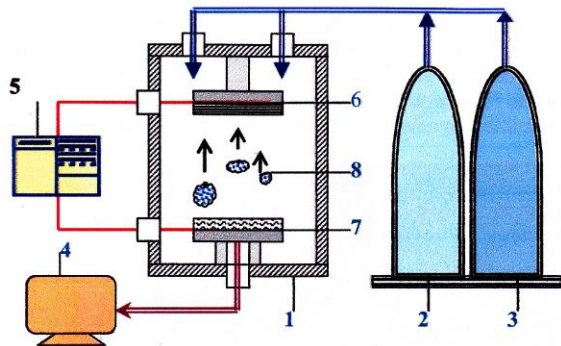
Material	Yield strength (GPa)	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Kekerasan (Brinel)	Elongation (%)
Titanium	485	760	334	14
Ti6Al4V	896 – 1034	965 - 1103	305	14
Co-Cr-Mo	448 – 1606	655 – 1896	319	20
Stainless steel	221 – 1213	586 – 1351	217	40
Cortical bone	30 – 70	70 – 150		



Gambar 1. Jumlah ion Co, Cr, Mo dan Fe yang terlepas, pada media saliva buatan selama 24 jam

**METODE**

Pada penelitian ini, pelapisan TiN pada permukaan sampel dilakukan dengan metoda Plasma sputtering. Susunan perangkat percobaan tampak pada Gambar 2 (Sulistioso Giat S dkk, 2015 dan Bandriyana. B dkk, 2011).



1. Ruang Plasma Sputtering
2. Tabung gas Argon
3. Tabung gas N2.
4. Pompa vakum
5. Sumber tegangan tinggi
6. Sampel di katoda
7. Target di Anoda
8. Partikel TiN

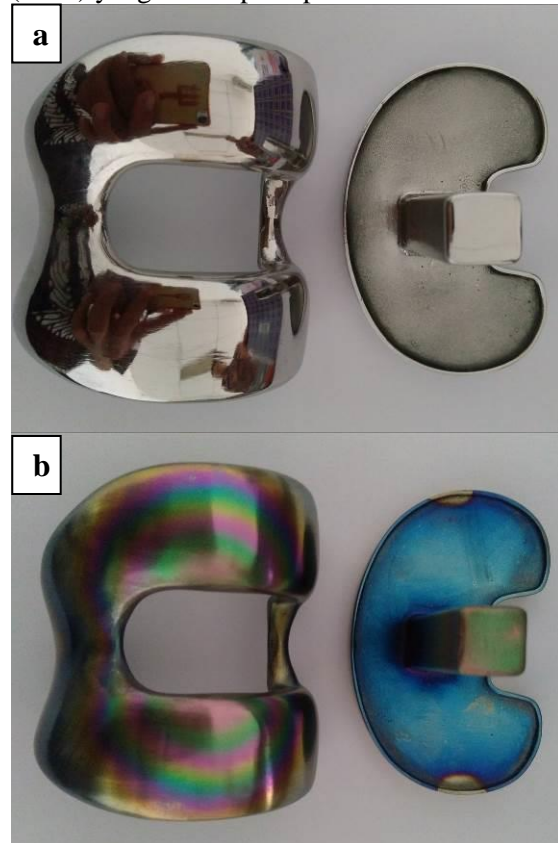
Gambar 2. Susunan perangkat pelapisan TiN

Prinsip kerja pelapisan TiN. Titanium target dengan bentuk lempengan bulat berdiameter 60 mm tebal 5 mm, ditembak dengan gas argon, sehingga ion titanium terlepas dan bergerak menuju substrat di anode. Selama proses penembakan argon ke permukaan target titanium, dialirkan gas nitrogen masuk ke ruang sputtering, sehingga terjadi ikatan antara ion titanium dan ion nitrogen membentuk ion TiN, selanjutnya ion TiN ini akan melapisi sampel berbentuk Tempurung lutut dan Tibial komponen, karena adanya beda potensial antara target dan sampel. Beda potensial yang digunakan antara 0,4 – 0,7 kV, dengan jarak antara target dan substrat antara 2 – 4 cm pada suhu 200°C, tekanan di ruang sputtering of 10-3 mmHg dan durasi 2 jam (Tjipto Sujitno, 2014).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

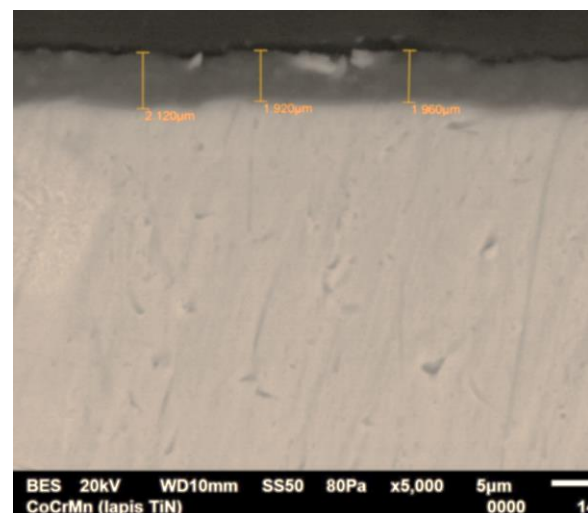
Pada penelitian ini prototype Total Knee Replacement (TKR) dibuat dengan

teknik investment casting. Berikut ini adalah gambar prototype Total Knee Replacement (TKR) yang dibuat pada penelitian ini.

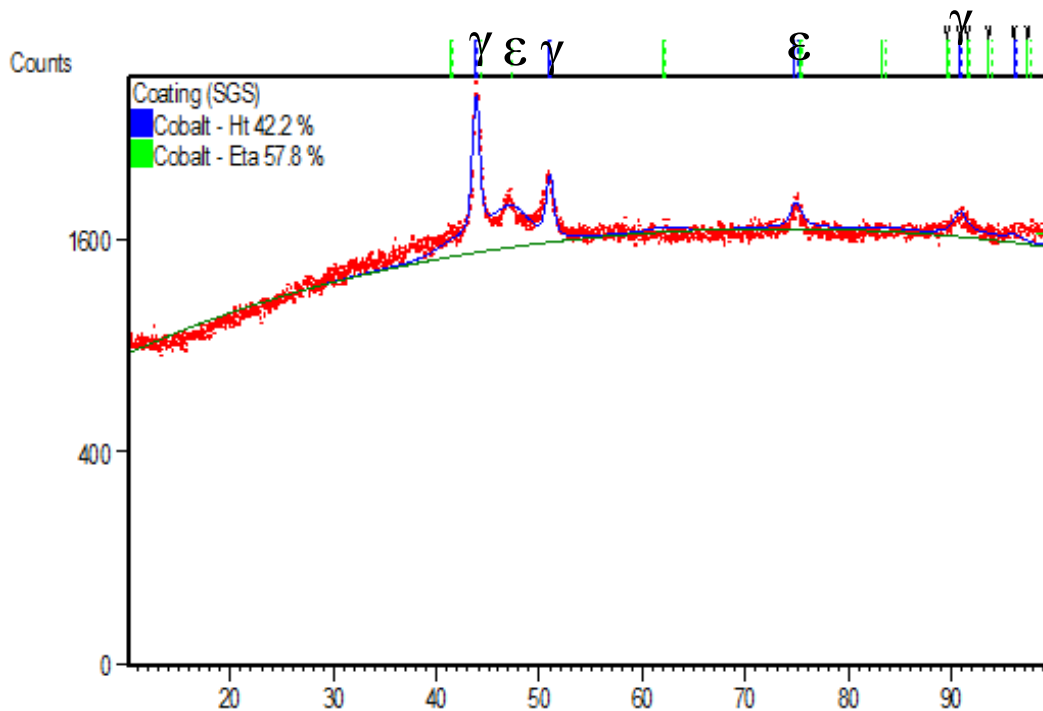


Gambar 3. Gambar prototipe TKR. Tanpa lapis TiN (a), Lapis TiN (b)

Berikut ini adalah gambar lapisan TiN dipermukaan sampel TKR. Pada gambar di bawah ini tampak ketebalan lapisan TiN relative homogen, dengan tebal rata rata 1,980 µm.



Gambar 4. Ketebalan lapisan TiN



Gambar 5. Pola difraksi Sinar X dari sampel

Pada Gambar 5 diatas tampak fasa  $\gamma$  yang mempunyai struktur FCC dan fasa  $\epsilon$  yang berstruktur HCP, kedua fasa tersebut merupakan ciri khusus dari paduan berbasis kobal. fasa  $\gamma$  bersifat ulet dan kuat, sedangkan fasa  $\epsilon$  bersifat keras dang getas. Keberadaan fasa  $\epsilon$ , harus ditekan serendah mungkin, tapi tidak dihilangkan seluruhnya, karena fasa tersebut berkontribusi pada kekuatan material. Salah satu cara untuk menekan pertumbuhan fasa  $\epsilon$ , adalah dengan cara menambahkan unsur N pada paduan CoCrMo (lee, at.all 2007).

Kekerasan sampel TKR sebelum di lapis dengan TiN adalah 256.49 VHN dan Setelah di lapis dengan TiN kekerasan rata – rata 339.66 VHN, kenaikan ini cukup signifikan. Mekanisme kenaikan kekerasan adalah karena material TiN termasuk jenis keramik yang keras, selain itu disebabkan juga, karena atom atom TiN menyusup di antara ataom ataom CoCrMo, secara interstisi, sehingga menjadi pengunci gerakan dislokasi dipermukaan sampel.

#### SIMPULAN DAN SARAN

Hasil pembuatan prototype TKR dengan metoda Investment casting dan dilapisi dengan TiN hasilnya cukup baik, dengan ketebalan lapisan TiN rata rata 1, 980 $\mu$ m, kekerasan

sebelum dilapis 256.49 VHN dan Setelah di lapis kekerasan rata – rata 339.66 VHN, dari hasil analisis difraksi sinar X didapat fasa fasa yang muncul adalah fasa  $\gamma$  yang mempunyai struktur FCC dan fasa  $\epsilon$  yang berstruktur HCP, kedua fasa tersebut merupakan ciri khusus dari paduan berbasis kobal.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P2MM-LIPI atas pendanaan yang telah diberikan melalui skema INSINAS, serta untuk semua tim yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bandriyana. B, Sulistioso GS (2011). "Synthesis and surface treatment of Co-Cr-Mo Alloys for advanced Implant Biomaterials". Proceeding of The 4<sup>th</sup> International Product design and development in conjunction with the 4<sup>th</sup> AUN/SEED – Net Regional conference on Manufacture. Nov, 9<sup>th</sup> – 10<sup>th</sup>, Jogyakarta, Indonesia. ISBN 978-979-97986-7-1.

- Ferdiansyah Mahyudin, Hendra Hermawan. Ed (2016). *Biomaterials and Medical Devices. A Perspective from an Emerging Country Advanced Structured Materials* ISBN. 978-3-319.14844-1. DOI.10.1007/978-3-319-14845-8\_10. Springer International Publishing Switzerland.
- Helwi, (2009) <http://scholar.unand.ac.id/3713/2/BAB1.pdf>
- Ivana Dimic, Ivana Cvijovic-Alagic, Marko Rakin, Branko Bugarski, *Analysis Of Metal Ion Release From Biomedical Implants. Association of Metallurgical Engineers of Serbia.*
- Lee, S.H., Nomura, N., Chiba, A. (2007). Microstructures and mechanical properties of biomaterial Co-Cr-Mo alloys with combination of N addition and Cr- enrichment 1<sup>st</sup>; *Asian Biomaterials Congress*, Dec. 6-8, 2007. Tsukuba: Japan.
- Muladi (2016.). Pengaruh Edukasi Dan Latihan Mobilisasi Dini Terhadap Tingkat Kecemasan Dan kemandirian Pasien Post Total Knee Replacement. Program Magister Keperawatan Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. TESIS
- Reni H. Masduchi (2005). *Rehabilitasi Nyeri pada Sendi Degeneratif. SMF/Bagian Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi RSU dr.Soetomo/FK UNAIR. PKB Rehabilitasi Medik, Surabaya.*
- Soeroso J, Isbagio H, Kalim H, Broto R, Pramudiyo R. Osteoarthritis. In: Sudoyo AW, Setiyohadi B, Alwi I, Simadibrata M, Setiati S, editors (2006). *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam. 4th ed. Jakarta: Pusat Penerbitan Ilmu Penyakit Dalam Fakultas Kedokteran Indonesia: 1195-201.*
- Sulistioso Giat S, B. Bandriyana, Bambang Siswanto (2012). "Sputtering of Titanium in Co-Cr-Mo Alloys for orthopaedic Implant materials. *Advanced Materials Research* vol. 1123 pp.201-2014. @2015 Trans Tech Publication, Switzerland, 2015.
- Tjipto Sujitno (2014). *Teori Sputtering, Pelatihan Teknologi Plasma Sputtering Yogyakarta, 5 – 17 Mei 2014. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Tenaga Nuklir Nasional.*