

Analisis laju korosi dan keausan spesifik pada *artificial hip joint Cr coated SS304*

Muhammad Abdul Basyith¹, Joko Triyono², Eko Surojo²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

²Staf Pengajar, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No.36 A, Pucangsawit, Kec. Jebres, Surakarta 57126

Email korespondensi: jokotri5528@yahoo.com

Abstrak

Hip joint merupakan salah satu tulang penyambung antara pinggul dan tulang paha pada tubuh manusia. Bagian ini terbagi menjadi tiga bagian yaitu femur, femoral head, dan rounded socket. Hip joint dapat terganggu fungsinya akibat dampak penyakit atau kecelakaan. Artificial hip joint merupakan implan tulang pinggul buatan dengan ukuran geometri yang sesuai dengan kebutuhan pengguna untuk menggantikan fungsi tulang yang mengalami kerusakan. Implan dalam kajian ini dibuat menggunakan material SS304 yang dilapisi dengan Cr dengan metode hard chrome. Kemudian akrilik digunakan sebagai acetabular liner sebagai penopang femoral head. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui nilai laju korosi pada Cr coated SS304 dan laju keausan spesifik pada akrilik yang digesekkan pada Cr coated SS304. Variasi yang digunakan pada kajian ini adalah waktu pelapisan yaitu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Dalam kajian ini dijelaskan bahwa nilai optimum laju korosi senilai $2,78 \times 10^{-3}$ mm/tahun, didapat dengan parameter waktu pelapisan 15 menit dan nilai laju keausan spesifik akrilik terhadap Cr coated SS304 yaitu senilai $1,910 \times 10^{-7}$ mm²/N.

Kata kunci: artificial hip joint, hip joint implant, hard chrome, SS304, laju korosi, keausan spesifik.

Abstract

Hip joint is a jointer bones between hip and thigh in human body. Consist of three parts, there are femur, femoral head, and rounded socket. Hip joint could be malfunction caused by abnormalities or accident. Artificial hip joint is suited size of artificial hip implant for replace the broken bone. This study used SS304 as the implant material which coated by Cr and hard chrome method. Acrylic as acetabular liner and used to be support the femoral head. Aims of this study is determine the values of corrosion rate in Cr coated SS304 and napless specific rate on acrylic that swiped on Cr coated SS304. Variations in this study is in the coating time, there are 5 minutes, 10 minutes and 15 minutes. This study examined that the optimum corrosion value which is 2.78×10^{-3} mm/year, obtained by the coating time in 15 minutes and napless specific rate of acrylic on Cr coated SS304 is 1.910×10^{-7} mm²/N.

Keywords: artificial hip joint, hip joint implant, hard chrome, SS304, corrosion rate, napless specific.

1. Pendahuluan

Tulang adalah pembentuk rangka pada tubuh manusia. Sistem rangka terdiri atas tulang, tulang rawan, dan membran yang melapisi tulang. Setiap tulang adalah organ yang meliputi jaringan ikat (tulang, darah, tulang rawan, jaringan adiposa, dan jaringan ikat menyerabut), jaringan saraf, serta jaringan otot dan epitelium (di dalam pembuluh darah). Tulang memiliki banyak fungsi yaitu sebagai penunjang bagi tempat penempelan otot, melindungi organ vital, penyimpanan mineral kalsium dan fosfor dan tuas penggerak bagi tubuh. Seiring berjalannya waktu, kemampuan tulang dalam menopang tubuh akan berkurang. Resiko patah tulang semakin besar dengan bertambahnya umur. Pada usia 80 tahun, satu dari tiga wanita dan satu dari lima pria beresiko mengalami patah tulang panggul, demikian pula mengalami patah tulang belakang. Mulai usia 50 tahun, kemungkinan patah tulang pada wanita adalah 40% sedangkan pada pria adalah 13% [1]. Kerusakan

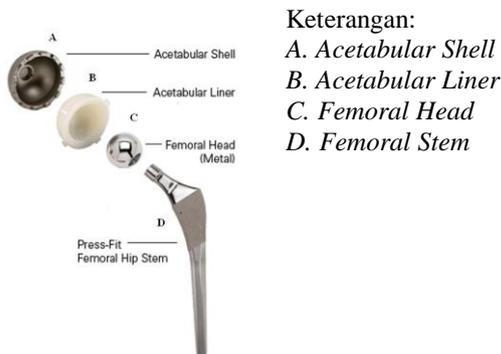
sendi panggul dapat diobati dengan mengganti sendi panggul dengan prosedur pembedahan. Prosedur pembedahan dilakukan dengan cara penghapusan tulang rawan dan tulang yang rusak dari sendi panggul dengan menggunakan sendi panggul tiruan dari bahan biomaterial. Operasi penggantian *hip* merupakan solusi yang paling banyak dilakukan untuk mengganti *hip joint* yang telah rusak. Dengan banyaknya kasus tentang penurunan fungsi *hip joint* sebagai salah satu sendi untuk bergerak, maka perlu adanya sambungan tulang pinggul buatan (*artificial hip joint*) untuk menggantikan fungsi dari sambungan tulang pinggul.

Stainless steel adalah bahan yang banyak digunakan dalam industri, terutama industri yang membuat implan tulang, bahan ini salah satu jenis baja yang tahan terhadap karat serta sifat mekanis yang baik. *Stainless steel* merupakan bahan yang baik untuk biomaterial [2]. Bahan *stainless steel* yang sering digunakan untuk aplikasi biomaterial adalah *stainless steel 316L* karena memiliki hambatan korosi yang

tinggi dalam keadaan kering maupun basah [3]. Penggunaan material SS316L sebagai implan mempunyai kekurangan yang disebabkan adanya kandungan nikel. Nikel merupakan jenis logam yang apabila dimasukkan kedalam tubuh dapat memicu alergi, 13% manusia sensitif terhadap bahan nikel [4]. Penggunaan material SS304 sebagai alternatif bahan pembuat implan diusulkan karena kadar nikel yang rendah. Menurut *Material safety data sheet* (MSDS), kadar nikel di SS316L sekitar 10-15%, sedangkan kadar nikel pada SS304 sekitar 8-10,5%. Untuk menghindari pelepasan kadar nikel pada material SS304 dapat diisolasi dari jaringan tubuh dengan metode pelapisan. *Electroplating* merupakan proses pelapisan permukaan logam dengan logam lain didalam larutan elektrolit dengan menggunakan arus listrik. Salah satu metode *electroplating* adalah *chrome plating*. Metode ini bertujuan untuk memberikan kekuatan kekerasan yang tinggi pada logam, meningkatkan ketahanan aus, mengurangi gesekan, dan meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Pada saat ini material yang digunakan untuk komponen tersebut kebanyakan adalah *acetabular liner* menggunakan UHMWPE sedangkan *acetabular shell*, *femoral head* dan *femoral stem* menggunakan *stainless steel* 316L. Pada kajian ini akan digunakan akrilik sebagai *acetabular liner* dan *Cr coated* SS304 sebagai *acetabular shell*, *femoral head* dan *femoral stem*.

2. Metode

Cr coated SS304 (SS304 dilapisi Cr) sebagai bahan kajian untuk implan tulang panggul. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik material, nilai laju korosi *Cr coated* SS304 dan laju keausan spesifik akrilik terhadap *Cr coated* SS304. Kajian ini diharapkan dapat digunakan untuk implan tulang panggul pada manusia dengan ukuran yang sesuai dengan karakteristik orang Indonesia. Komponen *artificial hip joint* pada Gambar 1 terdiri dari sistem *acetabular* dan *femoral*. Dalam sistem *acetabular* terdiri dari komponen *acetabular shell* dan *acetabular liner*, sedangkan pada sistem *femoral* terdiri dari komponen *femoral head* dan *femoral stem*.



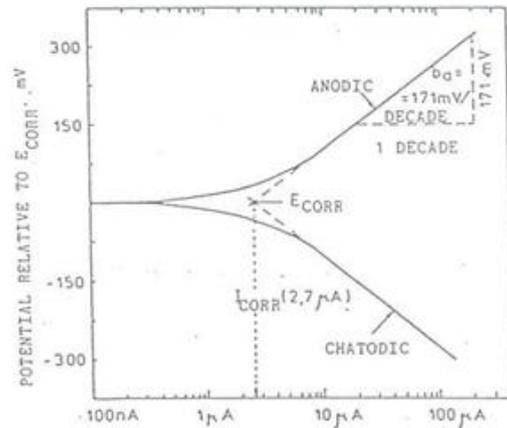
Gambar 1. Komponen artificial hip joint.

Spesimen uji dibagi menjadi beberapa variasi *Cr coated* SS304 seperti pada Tabel 1. Pembuatan spesimen uji *Cr coated* SS304 dengan cara melapisi Cr pada SS304 dengan metode *hard chrome*. Selanjutnya dibuat variasi pada spesimen uji *Cr coated* SS304 dengan variasi perbedaan waktu pelapisan yaitu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit.

Tabel 1. Variabel spesimen uji.

Kode Spesimen	Bahan	Waktu Pelapisan
SS304C5	Cr coated SS 304	5 menit
SS304C10	Cr coated SS 304	10 menit
SS304C15	Cr coated SS 304	15 menit

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Polarisasi potensiodinamik adalah metode untuk menentukan perilaku korosi logam berdasarkan hubungan potensial dan arus anodik atau katodik. Data yang didapat dari metode ini adalah kurva polarisasi anodik atau katodik yang menyatakan hubungan antara arus ($\mu A/cm^2$) sebagai fungsi potensial (mV). Selanjutnya kurva tersebut diekstrapolasi agar dapat menentukan laju korosi. Metode ekstrapolasi tafel digunakan untuk mencari data E_{corr} dan I_{corr} , ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Icorrosion determination.

Jika diketahui penurunan massa dari suatu material yang terkorosi maka laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) berikut.

$$CR (mpy) = \frac{K I_{corr} (EW)}{\rho} \tag{1}$$

Dimana:

- Mpy = miles penetration per year
- K = konstanta (0,129 untuk mpy)
- $1 mpy = 0,0254 mmpy$ (milimeter per year)
- ρ = massa jenis material ($gram/cm^3$)
- I_{corr} = rapat arus saat E_{corr} ($\mu A/cm^2$)

Keausan adalah hilangnya bagian dari permukaan akibat adanya interaksi antara permukaan satu dengan lainnya [5]. Keausan yang terjadi pada suatu material disebabkan oleh adanya beberapa mekanisme yang

berbeda dan terbentuk oleh beberapa parameter yang bervariasi meliputi bahan, lingkungan, kondisi operasi, dan geometri permukaan benda yang terjadi keausan. Besar laju keausan (*specific wear rate*) dapat dicari dengan menggunakan Persamaan (2) berikut.

$$K = \frac{\Delta V}{F.L} \quad (2)$$

Dimana:

K = *Specific wear rate*

ΔV = Perubahan volume pin

F = Pembebanan statis

L = Jarak gesek

3. Hasil dan Pembahasan

Percobaan dilakukan dengan menggunakan metode *Hard Chrome Electroplating* dengan variasi seperti pada Tabel 2 dengan model spesimen sebelum pelapisan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Spesimen uji sebelum pelapisan.

Pelapisan Cr pada SS304

Setelah melewati proses pelapisan *hard chrome* hasil spesimen ditunjukkan seperti pada Gambar 4 yang memiliki warna abu kelabu. Spesimen ini kemudian diuji sesuai dengan pengujian yang akan dilakukan.

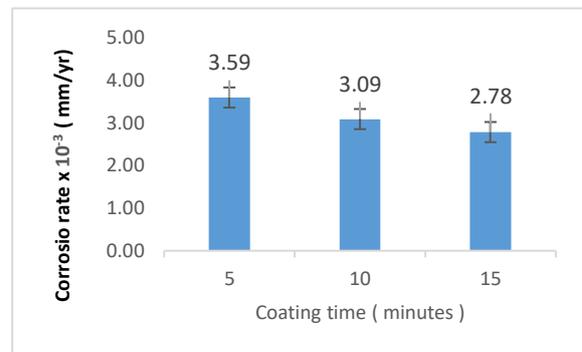


Gambar 4. Spesimen uji setelah pelapisan.

Pengujian Laju Korosi Cr coated SS304

Gambar 5 berikut menunjukkan hasil laju korosi dari spesimen uji SS304C5 sebesar $3,59 \times 10^{-3}$ mm/tahun, laju korosi dari spesimen uji SS304C10 sebesar $3,09$

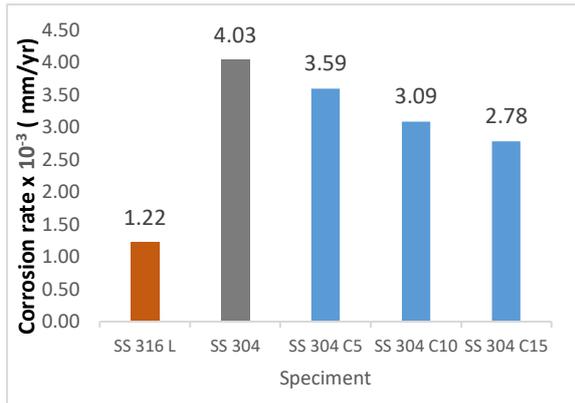
$\times 10^{-3}$ mm/tahun, dan laju korosi dari spesimen uji SS304C15 sebesar $2,78 \times 10^{-3}$ mm/tahun. Pengujian dilakukan dengan media cairan infus Otsu-RL. Gambar 5 menunjukkan nilai korosi pada spesimen *hip joint Cr Coated SS304* mengalami penurunan bersama dengan peningkatan waktu perendaman pada saat proses pelapisan. Hal itu disebabkan pada proses pelapisan dibutuhkan waktu agar ion-ion *chrome* dapat menempel pada permukaan dengan baik. Kajian ini menggunakan variasi waktu yang digunakan yaitu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Dan hasil yang didapat bahwa pelapisan dengan waktu 15 menit dengan nilai laju korosi $2,78 \times 10^{-3}$ mm/tahun memiliki nilai laju korosi lebih rendah dari variasi lainnya yaitu pelapisan dengan waktu 5 menit dengan nilai laju korosi $3,59 \times 10^{-3}$ mm/tahun dan 10 menit dengan nilai laju korosi $3,08 \times 10^{-3}$ mm/tahun. Sehingga dalam kajian ini waktu pelapisan terbaik untuk mendapatkan nilai laju korosi yang rendah yaitu pada waktu pelapisan 15 menit.



Gambar 5. Laju korosi Cr coated SS304.

Perbandingan Laju Korosi Cr coated SS304 dengan SS304 dan SS316L sebagai femoral head

Gambar 6 berikut menunjukkan grafik perbedaan nilai laju korosi pada spesimen SS316L dengan SS304 dan Cr Coated SS304. Pada kajian yang dilakukan [6] bahwa laju korosi SS316L dan SS304 pada cairan SBF (infus) didapat dengan nilai seperti pada Gambar 6. Nilai laju korosi L SS304 sebesar $4,03 \times 10^{-3}$ mm/tahun. Laju korosi material SS316L memiliki nilai $1,22 \times 10^{-3}$ mm/tahun yang mana memiliki nilai laju korosi lebih rendah dari Cr Coated SS304 dengan waktu pelapisan 15 menit yang memiliki nilai $2,78 \times 10^{-3}$ mm/tahun. Hal ini disebabkan perbedaan kandungan SS316L dengan Cr Coated SS304. SS316L memiliki kandungan *molybdenum* 2-3% yang mana *molybdenum* memiliki sifat sebagai anti korosi yang baik pada larutan kimia khususnya cairan pada tubuh manusia yang pada kajian ini disimulasikan dengan cairan infus. Pada material Cr Coated SS304 tidak memiliki kandungan *molybdenum* sebagai komposisi tambahan pada material, sehingga kemampuan dalam menahan laju korosi tidak sebaik SS316L.



Gambar 6. Grafik perbedaan laju korosi Cr coated SS304 dengan SS316L.

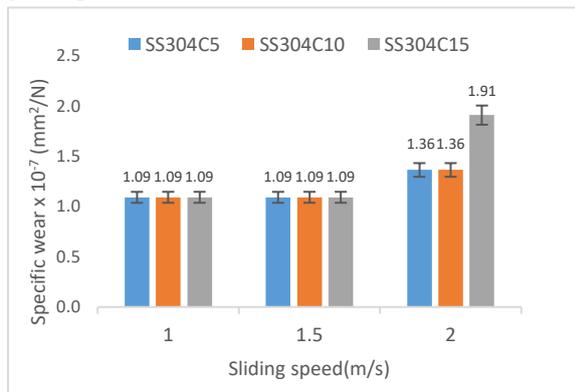
Hasil Uji Laju Keausan Spesifik

Uji keausan spesifik dilakukan dengan parameter seperti Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Parameter uji gesek.

Spesimen	Tekanan (MPa)	Kecepatan gesek (m/s)	Jarak gesek (m)
Akrilik	1,0	1,0, 1,5, 2,0	1,318

Hasil dari uji laju keausan spesifik dari akrilik terhadap masing-masing variabel dapat dilihat bentuk grafik pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik laju keausan spesifik.

Hasil pengujian yang dilakukan pada masing-masing variabel kecepatan 1 m/s didapatkan hasil nilai keausan spesifik sebesar $1,09 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{N}$, kecepatan 1,5 m/s nilai keausan spesifik sebesar $1,09 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{N}$, dan kecepatan 2 m/s nilai keausan spesifik sebesar $1,36 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{N}$ pada spesimen pelapisan 5 menit dengan 10 menit dan $1,91 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{N}$ pada pelapisan 15 menit. Dari ketiga variasi kecepatan, data menunjukkan tidak ada perubahan signifikan dari kecepatan 1 m/s dengan 1,5 m/s. akan tetapi pada kecepatan 2 m/s ketiganya mengalami kenaikan. Dari hasil diatas, nilai keausan spesifik meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan putar. Hal ini serupa dengan kajian yang mengatakan nilai keausan spesifik dipengaruhi dengan kecepatan putar [7].

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan dalam kajian dapat diambil kesimpulan bahwa nilai laju korosi Cr Coated SS304 dengan variasi waktu pelapisan 5 menit memiliki nilai $3,59 \times 10^{-3} \text{ mm/tahun}$, variasi waktu pelapisan 10 menit memiliki nilai $3,09 \times 10^{-3} \text{ mm/tahun}$, dan variasi waktu 15 menit memiliki nilai $2,78 \times 10^{-3} \text{ mm/tahun}$. Nilai laju korosi paling rendah dalam kajian ini yaitu pada waktu pelapisan 15 menit senilai $2,78 \times 10^{-3} \text{ mm/tahun}$. Tingkat keausan spesifik untuk akrilik yang digesekan pada Cr Coated SS304 sangat dipengaruhi oleh kecepatan geser. Nilai laju korosi Cr Coated SS304 waktu pelapisan 15 menit dengan nilai $2,78 \times 10^{-3} \text{ mm/tahun}$ paling mendekati nilai laju korosi produk yang beredar di pasar yaitu SS316L dengan nilai $1,22 \times 10^{-3} \text{ mm/tahun}$ dan masuk dalam kategori *outstanding* berdasarkan parameter standar laju korosi.

Daftar Pustaka

- [1] H. Tandra, 2009, Osteoporosis, in: PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [2] H. Suh, 1998, Recent Advances in Biomaterials, Yonsei Med. J. 39, 87–96.
- [3] J. Alvarado, R. Maldonado, J. Marxuach, R. Otero, 2003, Biomechanics of hip and knee arthroplasties, Appl. Eng. Mech. Med. 6–22.
- [4] Rabin, No Title, 2017, 1–13. <https://emedicine.medscape.com/article/1230696>.
- [5] J. Almen, 1950, American Society for Metals, in: Mech. Wear (J.T. Burwe).
- [6] Sunardi, P.T. Iswanto, Mudjijana, 2015, Peningkatan Ketahanan Korosi Pada Material Biomedik Plat Penyambung Tulang SS 304 Dengan Gabungan Metode Shot peening dan Electroplating Ni-Cr, J. Ilm. Semesta Tek. 18, 160–167.
- [7] Y.Q. Wang, J. Li, 1999, Sliding wear behavior and mechanism of ultra-high molecular weight polyethylene, 266, 155–160.