

**STUDI MODIFIKASI FIKSASI INTERNAL PLATE UNTUK TULANG
PENGUMPIL DENGAN PELAPISAN HIDROXYPATITE MENGGUNAKAN
METODE THERMAL BARRIER COATING**

**STUDY MODIFICATION OF INTERNAL FIXATION PLATE FOR PEBGUMPIL
BONE BY HYDROXIAPATITE COATING USING**

Lilik Budiyanto, Fakultas Teknik Progam Studi Teknik mesin, UNIMUS Indonesia,
Budiyantolilik@gmail.com

Abstrak

Salah satu insiden kecelakaan yang memiliki angka kejadian yang cukup tinggi yakni insiden fraktur tulang pengumpil yakni sekitar 46,2% dari insiden kecelakaan yang terjadi. Untuk mempercepat kesembuhan pada penderita patah tulang pengumpil perlu dipasang fiksasi internal jenis plate yang terbuat dari logam titanium. Tetapi pemasangan fiksasi internal dengan menggunakan logam titanium memiliki efek rasa ngilu bila terjadi perbedaan suhu yang signifikan. Untuk mencegah terjadinya ngilu tersebut peneliti melakukan penelitian tentang pelapisan logam titanium dengan Hydroxiapatite menggunakan metode thermal barrier coating, variabel yang digunakan adalah temperatur pelapisan 700°C, 800°C, 900°C sehingga penulis bertujuan untuk mengetahui tingkat kerekatan yang terbaik dari variabel dan mengetahui perbedaan temperatur antara permukaan yang dilapisi dengan tanpa pelapis dari variabel yang ada. Untuk analisis dilakukan pengujian SEM guna melihat lapisan permukaan, pengujian mikroskop makro untuk melihat difusi dan mengukur ketebalan lapisan spesimen, pengujian kerekatan dan pengujian konduktifitas thermal. Setelah melalui serangkaian pengujian peneliti menganalisis bahwa temperatur pelapisan 900°C. Spesimen tersebut terdifusi paling dalam dan memiliki ketebalan 0,35 mm. Memiliki daya rekat yang tinggi dengan bagian terkelupas sebesar 5% dan masuk kelas 4B. Memiliki nilai resistant thermal yang paling tinggi dengan nilai resistant 0,6119 K/w.

Kata kunci: fraktur, fiksasi internal, plasma coating

Abstrak

One of accident which happened has a high incidence rate of bone fracture incidence is approximately 46.2% . To accelerating curing in the patient of the lumbar fracture, they needs to be installed internal fixation of plate type made of titanium metal. But internal fixation fixing using titanium metal has the effect of pain when there is a significant different temperature. To reduce the pain, the researcher conducted research on titanium metal coating with Hydroxiapatite using thermal barrier coating method, the variables used are coating temperature 700°C, 800°C, 900°C so the author is available for obtaining proper temperature in the coating. The manufacture of specimens begins with cutting of titanium metal, coating and coating of hydroxyapatite materials using thermal barrier coating type of plasma coatings. For SEM analysis try to see the surface layer, try the macro microscope to see the diffusion and measurement of the thickness of the specimen layer, the adhesion test and the thermal conductivity amplifier. After going through a series of tests with the temperature of the 900oC prosaler is very good because it has a flat, deeply diffused layer including 4B class have peeled off area 5%, high adhesiveness and the high thermal resistant worth 0,6119 K/w.

Key words : fraktur, fiksasi internal, plasma coating

1. Pendahuluan

Berdasarkan data dari Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah tahun 2007 didapatkan sekitar 2.700 orang mengalami insiden fraktur, 56% penderita mengalami kecacatan fisik, 24% mengalami kematian, 15% mengalami kesembuhan dan 5% mengalami gangguan psikologis atau depresi terhadap adanya kejadian fraktur [1]. Dari data tersebut didapatkan rata-rata angka insiden patah tulang tangan (pengumpil) tercatat sekitar 200/100.000 pada perempuan dan laki-laki di atas usia 40 tahun. Sedangkan menurut Badan Kesehatan Dunia (WHO) 30% patah tulang pengumpil akan menimbulkan kecacatan seumur hidup, dan 50% bisa kembali normal (Noviardi, 2012).

Tangan adalah salah satu anggota tubuh yang sangat berperan dan penting dalam manusia melakukan aktifitas (Alfi Fakhurizal 2015). Penangan patah tulang dapat dilakukan dengan cara tradisional dan cara medis. Penanganan patah tulang secara medis dapat disebut dengan reduksi, yaitu mengembalikan posisi tulang ke posisi anatomis, reduksi tertutup adalah ekstremitas dipertahankan dengan gips, traksi, brace, dan fiksator eksternal, sedangkan reduksi terbuka dengan pendekatan bedah dengan memasang alat fiksasi internal seperti nis, pen, kawat, sekrup, plat, paku dan batang logam (Suratun et al, 2006). Tulang pengumpil yang retak untuk pemulihan diperlukan perangkat stabilisasi berupa fiksasi internal plate dan sekrup (Alisdair R, et al, 2012). Fungsi utama fiksasi internal untuk mempertahankan pengurangan fraktur selama penyembuhan tulang (Gaston M.S, Simpson A.H.R.W, 2007).

Material yang digunakan untuk fiksasi internal menggunakan material biokompatibel yang rigid, seperti stainless steel, kobalt kromium, titanium dan material komposit (Ali M.S, 1990, Saidpour SH., 2006). Stainless steel, kobalt kromium, titanium untuk fiksasi internal memiliki kekuatan mekanis yang

handal, tetapi memiliki kekurangan pada migrasi implan, ketidaknyamanan, dan nyeri pada pasien (Böstman O, et al, 1996, Juutilainen T, et al, 1997). Selain itu, dapat menyebabkan kelenjar lymphe (lymph nodes regional) dan reaksi alergi (Triyono, 2015). Pemasangan pen atau lebih dikenal dengan pemasangan implan pada patah tulang biasanya menggunakan stainless steel atau titanium. Pemasangan batang titanium sebagai internal fiksasi memang lazim digunakan pada fraktur tulang – tulang yang panjang seperti femur. Titanium memiliki sifat biokompatibilitas yang lebih baik dibanding logam lainnya. Kemampuan titanium untuk berinteraksi dengan sel atau jaringan hidup sangat baik tanpa menimbulkan reaksi toksik. (latifa kinani 2003).

penelitian tentang karakteristik dan sifat mekanik fiksasi internal titanium untuk tulang pengumpil menggunakan metode thermal barrier coating dengan bahan pelapis hydroxyapatite pada variabel temperature 700OC, 800OC, 900OC adapun pengujian yang dilakukan adalah: Scanning Elektron Microscope (SEM), Mikroskop Makro, Kerekatan dan konduktifitas thermal untuk menentukan variabel temperatur yang tepat dengan metode thermal barrier coating pada titanium yang digunakan untuk fiksasi internal. Sehingga kedepannya dapat bermanfaat secara lebih luas di pendidikan, serta secara medis dengan pelapisan hydroxyapatite diharapkan dapat mengurangi rasa ngilu dan efek samping lain yang ditimbulkan oleh titanium.

2. Landasan teori

2.1 Tulang Pengumpil

Tangan memiliki setidaknya 27 tulang dan merupakan salah satu bagian yang paling sering digunakan dan terkadang bagian tubuh yang sering terluka, termasuk patah tulang. Patah tulang tangan terjadi ketika hantaman beban berat diberikan pada tangan, sehingga mematahkan tulang. Dengan begitu banyaknya tulang pada

tangan, ada kemungkinan lebih dari satu tulang dapat patah pada waktu bersamaan.

2.2 Fiksasi Internal

Patah tulang dapat terjadi pada berbagai tulang salah satunya tulang pengumpil. Penangan patah tulang dapat dilakukan dengan cara tradisional dan cara medis. Penanganan patah tulang secara medis dapat disebut dengan reduksi, yaitu mengembalikan posisi tulang ke posisi anatomis, reduksi tertutup adalah ekstremitas dipertahankan dengan gips, traksi, brace, dan fiksator eksterna, sedangkan reduksi terbuka dengan pendekatan bedah dengan memasang alat fiksasi internal seperti nis, pen, kawat, sekrup, plat, paku dan batang logam.

2.3 Thermal barrier coating

Salah satu rekayasa material untuk menjawab permasalahan terkait material temperatur tinggi adalah dengan melapisi tanpa mengubah struktur dan sifat material inti, tetapi mampu menutupi kekurangan material substart. Teknik pelapisan material yang mampu membuat material memiliki ketahanan pada temperatur tinggi adalah Thermal Barrier Coating (TBC).

2.4 Material fiksasi internal

Material yang digunakan untuk fiksasi internal menggunakan material biokompatibel yang rigid, (Ali M.S, 1990, Saidpour SH., 2006). Adapun material tersebut Kami bahas dan uraikan seperti dibawah ini:

a. Stainless steel

Material Stainless steel tipe 316L banyak digunakan karena karena keunggulannya pada ketahanan korosi, sifat fisik, sifat mekanik, dan permukaan yang mudah dibersihkan[2]. Komposisi kimia dari stainless steel tipe 316L telah dikembangkan untuk memperoleh struktur austenit yang stabil yang memiliki banyak keuntungan, yaitu: Baja stainless steel austenitik memiliki struktur FCC sehingga lebih unggul dari stainless steel feritik dalam ketahanan terhadap korosi karena kepadatan atom kristalografi yang lebih tinggi, rasio kekuatan luluh dan kekuatan tarik yang sangat rendah dan mampu

bentuk yang tinggi, cold working dan successive aging treatment dapat diterapkan untuk meningkatkan kekuatan. Stainless steel austenitic pada dasarnya bersifat non magnetik.

b. Ti-6Al-4V (titanium)

Karena bersifat non-feromagnetik, saat ini titanium digunakan untuk implants sebagai penyambung atau penguat tulang agar kembali pada bentuk semula. Produksi implants di dunia medis telah digunakan pada bidang orthopedic dan dentis. Titanium yang digunakan untuk implants adalah logam titanium perpaduan, titanium jenis ini adalah titanium Ti-6Al-4V. Penggunaan titanium jenis inilah yang digunakan karena logam perpaduan ini yang tidak mempunyai efek samping yang banyak terhadap tubuh manusia.

2.5 Material Keramik

a. Nikel Alumunium NiAl

Adalah suatu keramik yang terdiri dari paduan intermetalik dan alumunium dengan sifat yang mirip dengan keramik dan logam. Nikel Aluminida digunakan sebagai penyusun penguatan pada nikel suhu tinggi, kelemahan dari aluminida nikel adalah mudah rapuh dan keuletan yang rendah pada saat menerima suhu tinggi.

b. Hydroxiapatite HA)

Hydroxyapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, HA) adalah suatu keramik yang memiliki sifat biokompatibilitas yang bagus, karena secara kimia dan fisika kandungan mineralnya yang terkandung sama dengan tulang dan gigi pada manusia[3]. Hidroksiapatit adalah suatu keramik bioaktif yang sudah luas penggunaannya dalam aplikasi medis antara lain untuk reparasi tulang yang mengalami kerusakan, pelapisan logam protesa (implan) untuk meningkatkan sifat biologi dan mekanik dan juga sebagai media penghantaran obat (drug delivery).

3. Metodologi

a. Metode pengamatan (observasi)

Yaitu metode pengumpulan data langsung dari cara pembuatan pelapisan keramik

menggunakan thermal barrier coating pada titanium.

b. Metode wawancara (Interview)

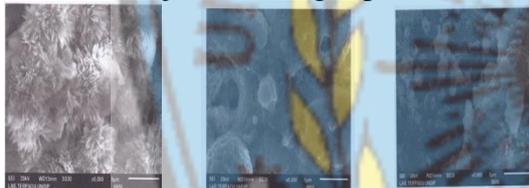
Yaitu metode pengumpulan data dengan cara mengadakan tanya jawab secara langsung dengan ahli thermal barieer coating dan operator lab penelitian.

c. Metode Kepustakaan (Study Literatur)

Studi pustaka adalah suatu metode yang dipergunakan dalam penelitian ilmiah yang dilakukan dengan membaca dan mengolah data yang diperoleh dari literatur. Data yang dibaca adalah data yang berhubungan dengan hasil hasil eksperimen. Data pustaka ini selanjutnya akan di pergunakan sebagai parameter dalam melakukan pelapisan keramik menggunakan metode thermal barrier coating pada titanium.

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan pengamatan terhadap hasil SEM yang di cantumkan dengan perbesaran 5000 kali pada **Gambar 4.1** adalah hasil uji SEM ketiga spesimen



Gambar 4.1 Hasil Uji ketiga Spesimen

Proses pembentukan kristal yang dilakukan melalui percobaan pelapisan HA menggunakan metode Thermal Barieer Coating (TBC). Pada gambar tersebut terlihat bahwa jenis lapisan kristal, keramik Hidroksiapatite (HA) berbentuk granul bulatan besar terjadi perbedaan ukuran antara ke tiga spesimen dan spesimen dengan variabel 700°C lebih baik dari pada kedua spesimen yang lain.

Pengujian mikroskop makro dapat dilihat pada **Gambar 4.2** terlihat difusi pada lapisan substrat



Gambar 4.2 hasil uji mikroskop makro

Hasil uji mikroskop makro dapat menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur lapisan semakin dalam difusi lapisan tersebut. Terdapat hubungan antara pengujian mikroskop makro dan pengujian SEM bahwa kedua pengujian tersebut sama-sama menunjukkan pada temperatur yang paling tinggi yaitu 900oC menghasilkan hasil uji yang paling baik. Semakin tinggi temperatur pelapisan semakin merata pelapisan dan memiliki difusi yang semakin dalam. Kedua pengujian tersebut akan diperkuat pada pengujian kerekatan. Karena kualitas hasil lapisan dipengaruhi oleh temperatur pelapisan. Pengujian kerekatan pada spesimen digunakan untuk mengetahui nilai kerekatan pada spesimen yang dapat dilihat pada **Gambar 4.3** dibawah ini



Gambar 4.3 Hasil uji kerekatan spesimen. Tingkat kerekatan pelapisan dipengaruhi beberapa faktor salah satunya adalah Variabel temperatur semakin tinggi tempertur semakin tinggi pula tingkat kerekatan pelapisan(sudarmono 2013). Dari ketiga spesimen dapat diperbandingkan bahwa spesimen dengan variabel temperatur 900oC memiliki daya rekat atau addesive yang paling tinggi dengan nilai pengelupasan 5% dan kelas 4B dibanding dengan variabel temperatur 700oC dan 800oC

Dengan terdifusinya serbuk secara baik seperti pada spesimen dengan temperatur pelapisan 800oC dan 900oC, material hydroxyapatite dapat masuk kedalam substrat secara merata dan hasilnya mempunyai addesive yang baik dibandingkan dengan spesimen yang lain. Pelapisan menghasilkan pencapaian adhesi yang baik apabila pelapis masuk ke substrat (Chen et al, 2005).

Pengujian

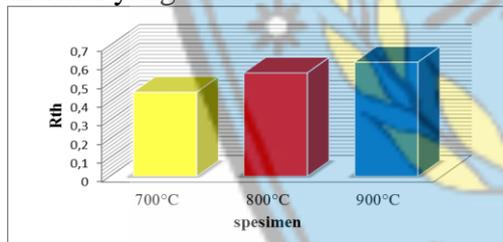
Dari hasil pengujian konduktifitas thermal yang dilakukan di laboratorium diperoleh data pada **Tabel 4.1** konduktifitas thermal dibawah ini:

Tabel 4.1 hasil uji konduktifitas thermal

	T1	T2	T3
tanpa lapisan	131	128	
700°C	131	125	122
800°C	131	122	121
900°C	131	120	118

Berdasarkan penghitungan untuk mencari konduktifitas thermal dari berbagai temperatur lapisan diperoleh nilai $kb_1 = 6,9 \text{ w/m.K}$, $kb_2 = 40,1 \text{ w/m.K}$ dan $kb_3 = 42,6 \text{ w/m.K}$ sehingga dapat dirata-rata nilai dari kb hydroxyapatite adalah $29,86 \text{ w/m.K}$.

Berdasarkan rumus tersebut resistant yang terjadi pada titanium dan hydroxyapatite dijumlahkan karena tersusun seri. Dari penghitungan tersebut diperoleh resistant pada spesimen pertama $0,4505 \text{ K/w}$, spesimen kedua $0,5540 \text{ K/w}$ dan spesimen ketiga $0,6119 \text{ K/w}$. **Gambar 4.4** dibawah ini adalah grafik resistant thermal yang terbentuk.



Gambar 4.4 Grafik Resistant thermal

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa Semakin tebal sepsimen lapisan semakin besar resistant yang ditimbulkan karena volume ini menghalangi panas yang masuk ke material (Pringgo, 2013). Berdasarkan data tabel dan hitungan resistant dapat dianalisa bahwa semakin tinggi temperatur pelapisan, lapisan yang terbentuk semakin tebal yang dapat dilihat pada pengujian mikroskop makro dan semakin besar juga resistant yang ditimbulkan untuk menghalangi panas yang masuk ke substrat.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil uji kerekatan dengan menggunakan standart ASTM D 3395-09 diketahui bahwa spesimen dengan temperatur pelapisan 900°C memiliki tingkat kerekatan (addside) yang paling baik dengan area pengelupasan 5% masuk kelas 4B

2. Dari hasil uji konduktifitas thermal diketahui bahwa semakin tinggi temperatur pelapisan, semakin besar juga resistant yang ditimbulkan untuk menghalangi panas yang masuk ke substrat dan spesimen temperatur pelapisan 900°C memiliki nilai resistant thermal sebesar $0,6119 \text{ K/w}$.

5.2 Saran-saran

a. Spesimen dengan variabel 900°C memiliki nilai kerekatan yang tinggi sebesar 5% dan masuk kelas 4B, memiliki ketebalan yang paling sebesar $0,35 \text{ mm} = 350 \mu\text{m}$ dan difusi yang dalam tetapi memiliki tampilan permukaan yang paling tidak merata pada pengujian SEM, sehingga penelitian ini dapat dilanjutkan dengan variabel temperatur lain untuk mendapatkan hasil yang lebih sempurna.

b. Penelitian untuk jenis pelapisan HA pada titanium bisa dilanjutkan dengan penelitian lain tentang efek samping terhadap tubuh pemakai fiksasi internal yang dilapisi keramik jenis hidroksiapatite

6. Daftar Pustaka

- [1] Badan penelitian dan Pengembangan Depkes RI, (2007)
- [2] Cahya Sutowo, Muhammad Ikhsan, Ika Kartika, (2014), Karakteristik Material Biokompetibel Aplikasi Implan Medis Jenis Bone Plate. Jurnal nasional Sains dan tehnologi UMJ. 2407 – 1846.
- [3] Chen, C., Cai, G., Zhang, H., Jiang, H., & Wang, L. (2011). Chitosan-poly(ϵ -caprolactone)-poly(ethylene glycol) graft copolymers: Synthesis, selfassembly, and drug release behavior. Journal of Biomedical Materials Research - Part A, 96A(1), 116–124.