

BAHAN BIOMATERIAL STAINLESS STEEL DAN KERAMIK

S. M. B. Respati

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Wahid Hasyim
Semarang
Jl Menoreh Tengah X/22
Semarang

Di Indonesia banyak bahan yang dapat dijadikan biomaterial. Bahan baku ferrokrom untuk membuat stainless steel, alumina untuk keramik. Bahan stainless steel mempunyai kekuatan baik tetapi kurang bagus untuk jaringan dan keramik bahan yang rapuh tetapi cocok untuk jaringan. Diharapkan adanya penelitian lanjut untuk bahan komposit campuran keduanya.

Kata kunci : SS 316L, keramik, biomaterial

Pendahuluan

Di Indonesia banyak bahan yang dapat dijadikan biomaterial, sehingga perlu adanya review untuk bahan biomaterial yang banyak di Indonesia sehingga nantinya dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian biomaterial berbahan baku dari Indonesia.

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. Industri cor di Indonesia masih menggunakan bahan-bahan impor untuk membuat stainless steel ini. Bahan –bahan pembuat stainless steel adalah nikel murni, ferrokrom (Fe-Cr), ferromangan (Fe-Mg), ferromangan (Fe-Mn), ferrosilicon (Fe-Si), ferromolybden (Fe-Mo) dan scrap low carbon steel.

implan. Suh (1998) mengatakan bahan yang dipakai dalam keramik biomaterial adalah alumina (Al_2O_3) dan hidroxyapatite [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$]

Yuswono (2009) mengatakan proses pembuatan biokompatibel sulit karena ukurannya yang kecil, dan selanjutnya para peneliti LIPI akan membuat hip joint (engsel tulang pada paha).

Tambunan dkk (2009), Suharno dan Kurniawan (2004) mengatakan bahan ferronickel banyak didaerah Pomala Sulawesi Tenggara, sehingga mereka melakukan percobaan membuat stainless steel dengan menggunakan bahan baku tersebut. Hasil yang mereka dapatkan sama-sama kualitas stainless steelnya lebih rendah daripada stainless steel bahan baku impor. Mereka mengatakan kualitas turun karena impurity (pengotor) yang tinggi pada bahan baku lokal.

Review dari Suh (1998) mengatakan bahan yang

Tabel 1. Komposisi Logam paduan (Dee et al. 2002).

| Elemen | 316L, Steel (ASTM F138,139) | Stainless Co-Cr-Mo (ASTM F799) | Grade 4 Ti (ASTM F67) | Ti-6Al-4V (ASTM F136) |
|--------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Al | - | - | - | 5.5-6.5 |
| C | 0.03 max | 0.35 max | 0.010 max | 0.08 max |
| Co | - | Balance | - | - |
| Cr | 17.0 | 26.0-30.0 | - | - |
| Fe | Balance | 0.75 max | 0.30-0.50 | 0.25 max |
| H | - | - | 0.0125-0.015 | 0.0125 max |
| Mo | 2.00 | 5.0-7.0 | - | - |
| Mn | 2.00 max | 1.0 max | - | - |
| N | - | 0.25 max | 0.03-0.05 | 0.05 max |
| Ni | 10.00 | 1.0 max | - | - |
| O | - | - | 0.18-0.40 | 0.13 max |
| P | 0.03 max | - | - | - |
| S | 0.03 max | - | - | - |
| Si | 0.75 max | 1.0 max | - | - |
| Ti | - | - | Balance | Balance |
| V | - | - | - | 3.5-4.5 |
| W | - | - | - | - |

Keramik adalah bahan anorganik yang pembuatannya dengan teknologi serbuk yang dipanaskan. Baru-baru ini keramik sering digunakan dalam biomaterial untuk membuat

baik untuk biomaterial adalah stainless steel, keramik dan polymer.

Review ini bertujuan untuk mengenal sifat bahan pengganti tulang yang bahannya banyak

ditemukan di Indonesia sehingga menjadi wawasan untuk pembuatan tulang implant buatan indonesia

Biomaterial Logam

Logam banyak digunakan secara baik untuk pengganti implan tulang yang mendapat pembebanan seperti di pinggul dan lutut berbentuk kawat, pin, sekrup dan pelat. Logam juga dipakai dalam katup jantung buatan dan pegangan pembuluh darah yang menyebabkan alat pacu jantung. Logam murni kadang

- a. Hambatan korosi tinggi, bahan ini dapat menghambat korosi tinggi baik di atmosfer maupun dalam lingkungan air.
- b. Tahan panas dan api, campuran paduan kromium dan nikel melindungi kekuatan stainless steel dari temperatur tinggi.
- c. Sehat, stainless steel mudah dibersihkan sehingga menjadi pilihan pertama untuk bahan yang kondisi sehat, hampir setiap alat yang berhubungan dengan kesehatan seperti rumah sakit, dapur, rumah jagal dan proses

Tabel 3. Keramik yang digunakan dalam kedokteran (Suh, 1998)

| Type | Keramik | Unsur |
|---------------|---|--|
| Bioinert | Alumina | Al ₂ O ₃ |
| | Zirconia | ZrO ₂ |
| Bioactive | Bioglas | Na ₂ O-CaO-P ₂ O ₅ -SiO |
| | Hydroxapatite (high temperature sintered) | Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂ |
| Biodegradable | Carbonateapatite | Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ CO ₃ |
| | Hydroxapatite (low temperataure sintered) | Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂ |
| | Tricalcium phosphate | Ca ₃ (PO ₄) ₂ |
| | Solube calcium aluminate | CaO-AL ₂ O ₃ |

digunakan biomaterial tetapi bnyak juga memakai paduan untuk memperbaiki sifat dari logam murni. Yang sering digunakan dalam biomaterial adalah stainless steel 316L, paduan kobalt dan kromium molybdenum, dan tintanium murni dan paduan tintanium. (Tabel 1). Pemilihan utama dari logam dan paduannya sebagai biomaterial adalah sifat mekanik yang

- d. Makanan menggunakan stainless steel.
- d. Penampilan baik, lapisan terang membuat perawatan yang mudah pada stainless steel.
- e. Keuntungan kekuatan pada berat, sifat keras yang dimiliki stainless steel sangat bagus pada pengerjaan dingin dan bentuk yang tipis.
- f. Mudah fabrikasi, dengan modern pembuatan baja stainless steel dapat mudah dipotong, las,

Tabel 2. Sifat biomaterial logam(Dee, et. al., 2002).

| Material | Modulus Young (GPA) | Kekuatan Luluh (MPa) | Kekuatan Tarik (MPa) | Batas Fatigue (MPa) |
|------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Stainless steel | 190 | 221-1213 | 586-1351 | 241-820 |
| Cobalt-cromium (Co-Cr) alloy | 210-153 | 448-1606 | 655-1896 | 207-950 |
| Titanium (Ti) | 110 | 485 | 760 | 300 |
| Ti-6Al-4V | 116 | 896-1034 | 965-1103 | 620 |
| Critical Bone | 15-30 | 30-70 | 70-150 | |

sesuai dan ketahanan terhadap korosi dan harga yang layak.

Dari keempat bahan logam yang disebutkan dalam Tabel 1 Stainless stell dipilih sebagai bahan pembuat bone implan karena mempunyai ketahanan korosi yang tinggi. Semua stainless steel mempunyai campuran kromium minimal 10,5 % berat. Menurut Alvarado, J. dkk (2003) manfaat dari stainless steel adalah:

- g. bentuk, dimesin dan dibuat.
- g. Tahan dipukul, keuletan yag tinggi embuat stainless steel mampu pukul.
- h. Harga yang mahal. Ketika total ongkos dipertimbangkan, stainless stell sering menjadi opsi yang sedikit mahal.

Alvarado, J. dkk (2003) mengatakan bahan stainless steel termasuk *biocompatibility*. Penambahan bahan nikel pada struktur austenite berpotensi melepaskan Ni²⁺, Cr³⁺ dan Cr⁶⁺ dalam body stainless steel yang terbatas pada alat ortopedi. Bahan stainless steel yang sering

digunakan untuk implikasi biomaterial adalah stainless steel 316L. Komposisi kimia dari bahan ini disajikan dalam Tabel 1.

Sifat Mekanik Biomaterial Logam

Sifat mekanik sangat penting saat merancang bahan pengganti tulang yang mendapat beban dari luar. Kekuatan tarik dan kelelahan dari logam dapat dibandingkan dengan keramik dan polimer, sehingga logam dipilih sebagai pengganti tulang yang meyangga beban karena sifatnya mekaniknya. Beberapa sifat mekanik logam tersaji dalam Tabel 2.

Sifat mekanik logam ini lebih besar tujuh kali dibandingkan dengan tulang biasa sehingga dapat diandalkan sebagai tulang peyangga beban. Tetapi komposit logam yang homogen menyebabkan tegangan yang tidak sama dengan tulang lain, sehingga dapat menghilangkan rangsangan mekanik yang depelukan untuk menjaga keseimbangan.

Sifat mekanik logam tidak hanya ditentukan oleh jenis logam tapi proses pembuatan logam juga mempengaruhi sifat mekanik dari logam. Pengerjaan logam seperti pengerjaan dingin, pengerjaan panas, forging, rolling logam yang menghasilkan deformasi membuat logam lebih kuat dan lebih keras. Terlebih lagi kekuatan logam yang lebih kuat dan lebih keras tersebut dibarengi dengan penurunan sifat ulet dan lebih medah reaktif sifat kimianya.

Biomaterial Keramik

Keramik digunakan sebagai bahan pembuat sambungan tulang. Menurut Hench (1991) keramik adalah bahan yang tahan terhadap mikroba, tidak merusak jaringan tubuh.

tinggi sehingga tahan terhadap keausan. Bahan ini mempunyai kelemahan yaitu mudah pecah karena sangat rapuh. Keramik sering didefinisikan bahan molekul Kristal yang teratur, hal ini cukup untuk menjadi pertimbangan dalam penggunaan keramik dalam biomaterial, apalagi dengan strukturnya yang teratur tidak merusak jaringan tubuh. Bahan keramik yang direkomendasikan untuk bahan biomekanik disebutkan dalam Table 3.

Pada tahun 1960an penggunaan keramik pada kedokteran mulai dikenalkan sebagai biokeramik. Bahan ini umumnya pada tekanan tinggi mempunyai kekuatan tarik rendah dan kerapuhan yang tinggi, tapi keramik monokristalin menunjukkan kerapuhan yang berkurang dan meningkatkan kekuatan tarik. Permukaan alumina dilapisi lapisan air tipis akibat hidrofisitas tinggi terhadap jaringan sekitarnya. Lapisan tipis ini juga bersifat pelumas, tetapi kerapuhan juga masih sebagai masalah (Suh, 1998).

Sifat Mekanik Keramik

Kelemahan utama dari keramik dan kaca untuk bahan implant tulang adalah kerapuhan yang tinggi dan kekuatan tarik yang rendah. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4. Bahan keramik dan kaca punya kekuatan sendiri ketika dikompresi tetapi masih rendah kekuatannya saat di tarik maupun di bending. Diantara biokeramik lainnya alumina direkomendasikan yang mempunyai kekuatan tarik paling baik tetapi masih kalah dibandingkan biomaterial metalik. Alumina mempunyai sifat menguntungkan dengan mempunyai sifat koefisien gesek rendah dan tingkat keausan. karena sifat ini, alumina telah

Tabel 4. Sifat mekanik dari biomaterial keramik (Dee, et. al., 2002)(Hench, 1991)

| | Modulus Young E (GPa) | Kekuatan Tekan σ (MPa) | Kekuatan Tarik σ (MPa) |
|--------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Alumina | 380 | 4500 | 350 |
| Bioglass-ceramics | 22 | 500 | 56-83 |
| Calcium Phosphates | 40-117 | 510-896 | 69-193 |
| Pyrolytic Carbon | 18-28 | 517 | 280-560 |

Bahan keramik dan kaca sudah lama digunakan dalam industri kesehatan seperti tempat obat

Menurut Suh (1998) keramik merupakan bahan dengan kekuatan dan kekerasan yang

digunakan sebagai permukaan bantalan dalam penggantian sendi (Dee, et. al. 2002).

Sifat mekanik kalsium fosfat dan bioaktif kaca tidak cocok dengan implant bantalan. Hidroksiapatit telah digunakan pada pengisi cacat tulang pada lokasi yang bebas dari pembebanan (sebagai contoh tulang hidung atau tulang telinga tengah). Selain itu hidroksiapatit juga telah digunakan sebagai pengisi gigi yang keropos atau berlubang. Tetapi pada kasusnya untuk tulang yang kena pembebanan dipakai pengganti logam sebagai implant tulang.

Pemilihan bahan untuk kedokteran

Bahan untuk biomedical dari logam dan keramik telah diketahui. Masing-masing mempunyai keunggulan dan kelemahan masing-masing. Pemilihan bahan untuk implant tulang disesuaikan dengan sifat mekanik dan kegunaan bahan. Contoh stainless steel direkomendasikan untuk tulang yang menahan beban tapi gerakan gesekan tidak terlalu banyak seperti lutut. Sedangkan keramik untuk tulang sendi yang bergesekan banyak seperti sambungan tulang pinggul.

Dilihat dari sifat mekanik kedua bahan dapat diharapkan penyusunan bahan komposit terdiri dari logam dan keramik sehingga saling melengkapi keduanya.

Kesimpulan

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa logam stainless steel merupakan bahan bagus untuk tulang karena sifat mekanik tetapi kurang cocok untuk jaringan. Keramik juga bahan yang bagus untuk tulang karena sifatnya yang pas untuk jaringan tetapi bahan ini rapuh sehingga tidak boleh kena benturan. Diharapkan muncul bahan komposit penggabungan dari keduanya sehingga saling melengkapi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvarado, J., Maldonado, R., Marxuach, J., and Otero, R., 2003, Biomechanics of Hip and Knee Prostheses, *Application of Engineering Mechanics in Medicine, GED*, University of Puerto Rico Mayaguez
- Dee, K.C., Puleo, D.A., Tos, R.B., 2002, *Biomedical engineering*, Wiley and sons, New York.
- Hench, L. L., 1991, Bioceramics: From Concept to Clinic, *Journal of the American Ceramic Society*, Vol. 74, No. 7, pp 1487-1510
- Suh, H., 1998, Recent Advance in Biomaterials, *Yonsei Medical Journal*, Vol 39, no 2, pp 87-96

Suharno, B. Dan Kurniawan, K., 2005, Studi Perbandingan Ketahanan Korosi dan Struktur Mikro Baja COR CF8M (SS316) Yang Dibuat Dengan Feronikel Lokal dan Nikel Impor, *Jurnal Teknologi*, Edisi no.1 Tahun XIX, Hal 26-37

Tambunan, B., Jujur, I.N., Kozin, M., dan Sulaikan, H.P., 2009, Hasil Uji Mekanis Material Stainless Steel SS316L Berbasis Bahan Baku Lokal Untuk Aplikasi Pada Implant/ Tulang Buatan, *Seminar on Application and Research in Industrial Technology, SMART*, Yogyakarta, Hal D056-D061

Yuswono, 2009, *Teknologi Implan Tulang Antikarat*, <http://www.lipi.go.id/www.cgi?berita&1263599244&&2009&1036>