

**MAKALAH**  
**BIOMATERIAL**

oleh:  
**Arief Cahyanto**  
**NIP. 132 312 518**



**Departemen Ilmu dan Teknologi Material Kedokteran Gigi**  
**Fakultas Kedokteran Gigi**  
**Universitas Padjadjaran**  
**Bandung**  
**2009**

## LEMBAR PENGESAHAN

**Judul Makalah** : *Biomaterial*  
**Penulis** : Arief Cahyanto  
**NIP** : 132 312 518

Mengetahui,

**Kepala Bagian ITMKG  
FKG UNPAD,**

**Dr. Nina Djustiana, drg., M.Kes.**  
NIP. 131 884 889

**Pembantu Dekan I  
FKG UNPAD,**

**Prof. Sunardhi Widyaputra, drg., MS., Ph.D.**  
NIP. 130 809 275

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan makalah ini untuk memenuhi salah satu syarat pengajuan menjadi asisten ahli bagi pegawai negeri sipil di lingkungan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran.

Sebagai penutup penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu kami dalam menyelesaikan makalah ini, semoga Allah SWT, memberikan pahala yang setimpal atas kebaikan yang diberikan kepada kami. Amin.

Bandung, 24 Februari 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	i
Kata Pengantar.....	ii
Daftar Isi.....	iii
Bab I Pendahuluan.....	1
1.1 Sejarah umum biomaterial.....	1
1.2 Biomaterial.....	2
Bab II Biomaterial di bidang kedokteran dan kedokteran gigi.....	3
Bab III Jenis Biomaterial.....	8
3.1 Biomaterial Sintetik.....	8
3.1.1 Logam.....	9
3.1.2 Polimer.....	10
3.1.3 Keramik.....	10
3.1.4 Komposit.....	10
3.2 Biomaterial Alam.....	11
Bab IV Kesimpulan.....	13
Daftar Pustaka.....	14

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Sejarah Umum Biomaterial

Definisi biomaterial secara umum adalah suatu material tak-hidup yang digunakan sebagai perangkat medis dan mampu berinteraksi dengan sistem biologis<sup>[1]</sup>. Adanya interaksi ini mengharuskan setiap biomaterial memiliki sifat biokompatibilitas, yaitu kemampuan suatu material untuk bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan efek lain yang berbahaya. Ide untuk menggantikan organ manusia yang rusak dengan material tak-hidup telah ada sejak lebih dari dua ribu tahun yang lalu dimulai oleh Bangsa Romawi, China dan Aztec yang memiliki peradaban kuno tercatat menggunakan emas untuk perawatan gigi<sup>[2]</sup>. Pada masa itu perkembangan biomaterial diuji coba secara *trial and error* terhadap tubuh manusia ataupun binatang namun tingkat kesuksesannya tidak maksimal.



( a )



( b )

**Gambar I.1** Penggunaan emas (a) dan kayu (b) sebagai salah satu biomaterial yang digunakan di bidang kedokteran gigi di masa lalu<sup>[3]</sup>.

## 1.2 Biomaterial

Biomaterial adalah bidang yang menggunakan ilmu dari berbagai disiplin ilmu yang membutuhkan pengetahuan dan pemahaman mendasar dari sifat-sifat material pada umumnya, dan interaksi dari material dengan lingkungan biologis. Bidang biomaterial didesain untuk memberikan pemahaman dan pengajaran di bidang fisika, kimia dan biologi dari material, dan juga dengan berbagai bidang dari teknik secara umum seperti matematika, kemasyarakatan, dan ilmu sosial. Sebagai tambahan, mahasiswa yang berurusan dengan bidang ini harus mencapai pemahaman yang mendalam dan berusaha untuk memperoleh pengalaman pada penelitian biomaterial. Ketika pemahaman mahasiswa mengenai prinsip dasar dari ilmu material terapkan, pemahaman penuh dari biomaterial dan aplikasinya dengan lingkungan biologis juga membutuhkan derajat yang lebih tinggi dari spesialisasi ilmu yang ada.

Bidang biomaterial mengarah pada ilmu material dan bidang ilmu biologi serta kimia. Material buatan manusia meningkat sesuai dengan penggunaan aplikasinya seperti pada *drug-delivery* dan terapi gen (*gene therapy*), perancah untuk rekayasa jaringan (*tissue engineering*), penggantian bagian tubuh (*body replacement*), serta alat biomedis dan bedah. Peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya kebutuhan manusia akan tingkat kehidupan yang lebih baik.

## **BAB II**

### **BIOMATERIAL DI BIDANG KEDOKTERAN DAN KEDOKTERAN GIGI**

Biomaterial berkenaan dengan aspek bidang material dari peralatan medis. Seorang ilmuwan biomaterial berurusan dengan sifat kimia dan fisika dari material dan kecocokannya untuk perangkat khusus. Hal tersebut berkaitan dengan bagaimana sifat ini berubah dengan lingkungan biologis dan bagaimana material mempengaruhi tubuh. Pembelajaran mengenai keterkaitan tersebut sangat penting untuk dipelajari dan sangat berkembang pesat saat ini.

Biomaterial memperbaiki kualitas hidup sekaligus menyelamatkan nyawa banyak orang tiap tahunnya. Area aplikasi dari biomaterial ini sangat luas dan meliputi beberapa bagian seperti *joint* dan *limb replacement*, arteri dan kulit buatan, lensa kontak dan gigi buatan. Permintaan akan material ini meningkat dari para manula dengan harapan kualitas hidup yang tinggi. Komunitas biomaterial menghasilkan dan meningkatkan material implantasi dan tekniknya untuk memenuhi permintaan ini, tetapi juga dapat membantu perlakuan dari pasien muda dimana sifat yang ini diperlukan dan sangat banyak diminati. Akibat dari kemajuan teknologi ini adalah meningkatnya tingkat peraturan dan ancaman dari perkara hukum mengenai keterkaitannya terhadap material implantasi pada tubuh manusia, dan diatur dalam perundang-undangan. Untuk menindaklanjuti hal ini maka sangat sesuai dilakukan investigasi metoda yang dapat dipercaya dari karakterisasi material dan interaksinya.

Defenisi dari biomaterial adalah semua material sintetik yang digunakan untuk menggantikan atau memperbaiki fungsi jaringan tubuh yang secara berkelanjutan atau sekedar bersentuhan dengan cairan tubuh<sup>[4]</sup>. Definisi ini kadangkala terbatas, karena tidak melibatkan material yang digunakan untuk alat seperti instrumen bedah atau dental. Walaupun instrumen ini digunakan pada cairan tubuh, instrumen ini tidak akan menggantikan atau memperbanyak fungsi dari jaringan tubuh manusia.

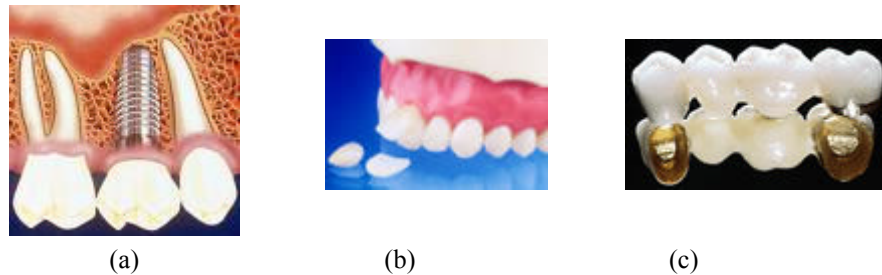
Harus diperhatikan juga bahwa terdapat beberapa material yang digunakan pada instrumen bedah, yaitu beberapa tipe baja tahan karat. Hampir sama dengan sebelumnya, baja tahan karat dan paduan ingat bentuk (*shape memory alloys*) yang digunakan untuk instrumen dental/*endodontic*<sup>a</sup> juga tidak dilibatkan dari definisi yang tersebut diatas sebagai material yang digunakan untuk *external prostheses*<sup>b</sup>, seperti lengan buatan atau alat seperti alat bantu pendengaran.



**Gambar II.1** a. *Endodontic instrument*<sup>[12]</sup>; b. *Dental proteheses*<sup>[13]</sup>

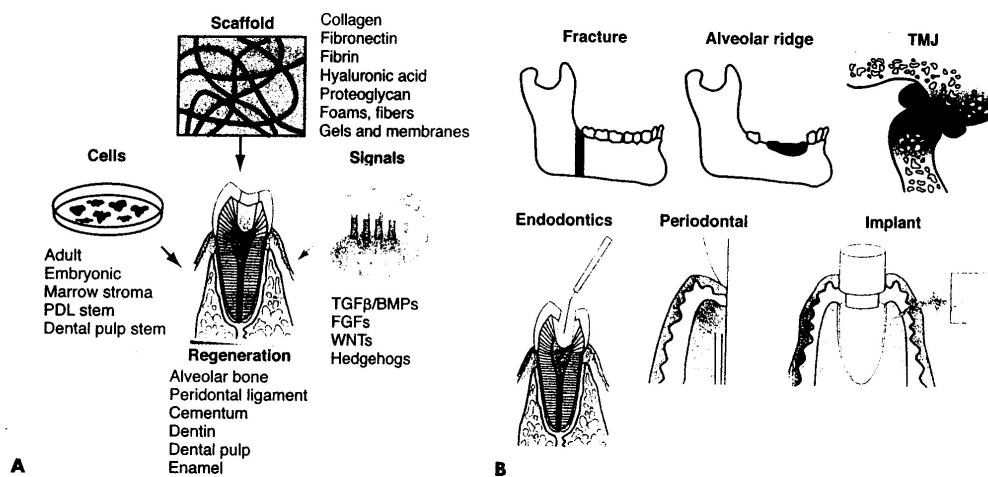


Bahan biomaterial lain yang banyak digunakan dibidang kedokteran gigi, sebagai contoh dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



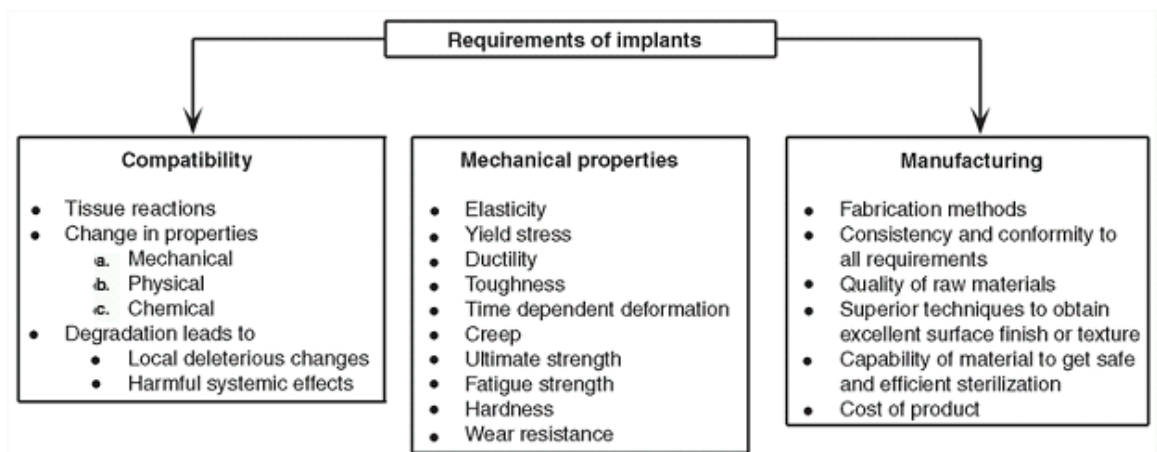
**Gambar II.2** Beberapa aplikasi perkembangan biomaterial dibidang kedokteran gigi saat ini; a. *dental implant*; b. *porcelain veneers*; c. *crown and bridge*<sup>[7]</sup>

Perkembangan biomaterial di bidang kedokteran gigi saat ini terbagi dalam biomaterial sintesis dan biomaterial rekayasa jaringan<sup>[8]</sup>. Keduanya terkait material seperti logam, keramik, polimer, dan komposit. Sedangkan biomaterial rekayasa jaringan meliputi pengembangan *scaffolds* , sel, dan sinyal dalam pembuatan jaringan pengganti gigi.



**Gambar II.3** A. Pengembangan *scaffolds* , sel, dan sinyal dalam pembuatan jaringan pengganti gigi di masa depan; B. Beberapa aplikasinya di bidang kedokteran gigi seperti *fracture replacement*, *alveolar ridge augmentation*, rekonstruksi TMJ, *dentin replacement*, *periodontal ligament replacement*, *preosseointegration of dental implants*<sup>[8]</sup>.

Hal pertama dan yang terpenting adalah biomaterial tersebut harus cocok— biomaterial ini harus tidak memperlihatkan respon yang merugikan dari tubuh, atau kebalikannya, harus tidak beracun dan *non-carcinogenic*. Persyaratan ini mengeliminasi banyak material teknik yang dapat digunakan. Selain itu, biomaterial harus memiliki sifat fisik dan mekanik yang memadai untuk berfungsi sebagai pengganti atau pengganti dari jaringan tubuh. Untuk penggunaan secara praktis, biomaterial tersebut harus dapat dengan mudah dibentuk atau dilakukan proses pemesinan kedalam beberapa bentuk, mempunyai harga yang relatif murah dan bahan bakunya banyak tersedia di pasaran.



**Gambar. II.4** Persyaratan material implantasi untuk aplikasi ortopedi. <sup>[4]</sup>

Gambar diatas menunjukkan berbagai macam persyaratan material yang harus dipertemukan untuk penggantian total tulang sendi (*total joint replacement*) yang baik (ortopedi). Material yang ideal atau kombinasi material tersebut harus menunjukkan sifat-sifat seperti berikut :

- Komposisi kimia yang cocok untuk menghindari reaksi merugikan yang terjadi pada jaringan tubuh;

- Ketahanan yang baik terhadap degradasi (contoh : ketahanan korosi untuk logam atau ketahanan dari degradasi biologis pada polimer) ;
- Ketahanan yang baik untuk mempertahankan siklus daya tahan pembebanan dengan tulang sendi ;
- Modulus yang rendah untuk meminimalisasi *bone resorption* ;
- Ketahanan pemakaian yang tinggi untuk meminimalisasi *wear-debris generation*

**BAB III**  
**JENIS BIOMATERIAL**

**3.1 BIOMATERIAL SINTETIK**

Kebanyakan biomaterial sintetis yang digunakan untuk implantasi adalah material umum yang sudah lazim digunakan oleh para insinyur dan ahli material. Pada umumnya, material ini dapat dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu : logam, keramik, polimer dan komposit.

**Tabel III.1** Material yang digunakan untuk aplikasi ortopedi. <sup>[4]</sup>

MATERIAL	APLIKASI
<b>LOGAM DAN PADUANNYA</b>	
316L <i>stainless steel</i>	Fiksasi retak ( <i>fracture fixation</i> ), <i>stents</i> , instrumen bedah
CP-Ti, Ti-Al-V, Ti-Al-Nb, Ti-13Nb-13Zr, Ti-Mo-Zr-Fe	Pengganti tulang dan sendi, fiksasi retak, implantasi dental, <i>pacemaker encapsulation</i>
Co-Cr-Mo, Cr-Ni-Cr-Mo	Pengganti tulang dan sendi, implantasi dental, perbaikan protesa dental, pompa jantung
Ni-Ti	Pelat tulang, <i>stents</i> , kawat orthodonti
<b>POLIMER</b>	
Polietilen	Pengganti tulang sendi
Polipropilen, Poliamida	Benang jahit
PET	Benang jahit, pembuluh darah buatan
PVC	<i>Tubing</i>
PMMA	Pengganti tulang sendi ( <i>bone cements</i> )

---

## **KERAMIK DAN**

### **GELAS**

Alumina, Zirconia	Pengganti tulang sendi
<i>Calcium phosphates</i>	Perbaikan dan penambah tulang, pelapisan permukaan pada logam
<i>Bioactive glasses</i>	Pengganti tulang

### **KOMPOSIT**

<i>BIS-GMA-quartz/silica filler</i>	Restorasi <i>dental composite</i>
<i>PMMA-glass fillers</i>	<i>Dental cements</i>

---

### **3.1.1 LOGAM**

Sebagai bagian dari material, logam merupakan material yang sangat banyak digunakan untuk implantasi *load-bearing*. Misalnya, beberapa dari kebanyakan pembedahan ortopedi pada umumnya melibatkan implantasi dari material logam. Mulai dari hal sederhana seperti kawat dan sekrup untuk pelat yang bebas dari patah sampai pada *total joint prostheses* (tulang sendi buatan) untuk pangkal paha, lutut, bahu, pergelangan kaki dan banyak lagi. Dalam ortopedi, implantasi bahan logam digunakan pada pembedahan *maxillofacial*, *cardiovascular*, dan sebagai material dental. Walaupun banyak logam dan paduannya digunakan untuk aplikasi peralatan medis, tetapi yang paling sering digunakan adalah baja tahan karat, titanium murni dan titanium paduan, serta paduan *cobalt-base* (tabel III.1).

### **3.1.2 POLIMER**

Berbagai jenis polimer banyak digunakan untuk obat-obatan sebagai biomaterial. Aplikasinya mulai dari wajah/muka buatan sampai pada pipa tenggorokan, dari ginjal dan bagian hati sampai pada komponen-komponen dari jantung, serta material untuk gigi buatan sampai pada material untuk pangkal paha dan tulang sendi lutut (tabel III.1). Material polimer untuk biomaterial ini juga digunakan untuk bahan perekat medis dan penutup, serta pelapis yang digunakan untuk berbagai tujuan.

### **3.1.3 KERAMIK**

Keramik juga telah banyak digunakan sebagai material pengganti dalam ilmu kedokteran gigi. Hal ini meliputi material untuk Mahkota gigi, tambalan dan gigi tiruan. Tetapi, kegunaannya dalam bidang lain dari pengobatan medis tidak terlihat begitu banyak bila dibandingkan dengan logam dan polimer. Hal ini dikarenakan ketangguhan retak yang buruk dari keramik yang akan sangat membatasi penggunaannya untuk aplikasi pembebanan. Seperti yang terlihat pada tabel 1 diatas, material keramik sedikit digunakan untuk pengganti tulang sendi (*joint replacement*), perbaikan tulang (*bone repair*) dan penambahan tulang (*augmentation*).

### **3.1.4 KOMPOSIT**

Seperti yang terlihat pada tabel III.1, biomaterial komposit yang sangat cocok dan baik digunakan di bidang kedokteran gigi adalah sebagai material

pengganti atau tambalan gigi. Walaupun masih terdapat material komposit lain seperti komposit karbon-karbon dan komposit polimer berpenguat karbon yang dapat digunakan pada perbaikan tulang dan penggantian tulang sendi karena memiliki nilai modulus elastis yang rendah, tetapi material ini tidak menampakkan adanya kombinasi dari sifat mekanik dan biologis yang sesuai untuk aplikasinya. Tetapi juga, material komposit sangat banyak digunakan untuk *prosthetic limbs* (tungkai buatan), dimana terdapat kombinasi dari densitas/berat yang rendah dan kekuatan yang tinggi sehingga membuat material ini cocok untuk aplikasinya.

### **3.2 BIOMATERIAL ALAM**

Beberapa material yang diperoleh dari binatang atau tumbuhan ada pula yang penggunaannya sebagai biomaterial yang layak digunakan secara luas. Keuntungan pada penggunaan material alam untuk implantasi adalah material ini hampir sama dengan material yang ada pada tubuh. Menyikapi hal ini, maka terdapat bidang lain yang cukup berkembang dan baik untuk dipahami yaitu bidang *biomimetics*. Material alam biasanya tidak memberikan adanya bahaya racun yang sering dijumpai pada material sintetik. Dan juga, material ini dapat membawa protein spesifik yang terikat didalamnya dan sinyal biokimia lainnya yang mungkin dapat membantu proses penyembuhan, pemulihan dan integrasi dari jaringan (*tissue*). Selain itu, material alam dapat juga digunakan untuk mengatasi masalah *immunogenicity*.

Masalah lain yang berkaitan dengan material ini adalah kecenderungannya untuk berubah sifat atau terdekomposisi pada temperatur dibawah titik lelehnya.

Hal ini tentu akan membatasi proses fabrikasinya menjadi material implantasi menjadi beragam bentuk dan ukuran. Contoh dari material alam adalah kolagen, yang hanya terdapat dalam bentuk serat, mempunyai struktur *triple-helix*, dan merupakan protein yang sangat banyak terdapat pada binatang diseluruh dunia. Sebagai contoh, hampir 50 % protein pada kulit sapi adalah kolagen. Hal tersebut membentuk komponen yang signifikan dari jaringan penghubung seperti tulang, *tendon*, *ligament* dan kulit. Terdapat kurang lebih sepuluh jenis berbeda dari kolagen dalam tubuh, yaitu :

- Tipe I ditemukan terutama pada kulit, tulang dan *tendon*
- Tipe II ditemukan pada tulang rawan arteri pada tulang sendi dan
- Tipe III merupakan unsur utama dari pembuluh darah.

Kolagen sudah banyak dipelajari untuk digunakan sebagai biomaterial. Material implantasi ini biasanya dalam bentuk *sponge* yang tidak memiliki kekuatan mekanik atau kekakuan yang signifikan. Material ini sangat menjanjikan sebagai perancah untuk pertumbuhan jaringan-baru (*neotissue growth*) dan tersedia juga sebagai produk untuk penyembuhan luka. *Injectable collagen* (kolagen yang disuntikkan atau dimasukkan ke dalam tubuh) sangat banyak digunakan untuk proses augmentasi (penambah) atau pembangun dari jaringan dermal (*dermal tissue*) untuk bahan kosmetik. Material alam lain yang ditinjau masih dalam tahap pertimbangan, termasuk karang, *chitin* (dari serangga dan binatang berkulit keras seperti udang, kepiting dan lain-lain), *keratin* (dari rambut), dan selulosa (dari tumbuhan).



## **BAB IV**

### **KESIMPULAN**

Biomaterial secara luas telah banyak digunakan dibidang kesehatan baik di bidang kedokteran maupun kedokteran gigi. Biomaterial dapat berasal dari alam maupun sintetik. Tujuan penggunaan Biomaterial ini adalah untuk meningkatkan kualitas hidup seseorang sehingga mencapai taraf kesehatan yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Williams, D. F. (1987). *“Definitions in Biomaterials. Proceedings of a Consensus Conference of the Society for Biomaterials”*. Chester. England. 3-5 Maret 1986. Volume 4. New York: Elsevier
2. Ratner, Buddy D., dkk. (1996). *Biomaterial Science, An Introduction to Materials in Medicine*. Academic Press.:1-8.
3. Judawisastra, Hermawan. (2008). *Biomaterial.ppt*
4. Handbook “ *Overview of Biomaterials and Their Use in Medical Devices* “, Chap. 1.
5. [www.net32.com/images/endodontic/kerr-k-flex-e](http://www.net32.com/images/endodontic/kerr-k-flex-e)
6. [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com)
7. [http://www.emco-klinik.at/.../zahnimplant\\_2.jpg](http://www.emco-klinik.at/.../zahnimplant_2.jpg)
8. Theodore M. Roberson, Horald O Heyman, Andre V Ritter. (2006). *Inroduction to Composite Restoration. In sturdevant et al. The Art and Science of Operative Dentistry*. 4<sup>th</sup> ed. Mosby. St.Louis. 497-508.
9. Rodríguez, B., Romero A., Soto O. dan de Varorna O., “Biomaterials For Orthopedics”, Mei 2004, *Applications of Engineering Mechanics in Medicine*, GED – University of Puerto Rico, Mayaguez.
10. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
11. *Materials Science and Engineering* at Johns Hopkins University
12. [www.net32.com/images/endodontic/kerr-k-flex-e](http://www.net32.com/images/endodontic/kerr-k-flex-e)
13. [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com)