



EKSAKTA

Berkala Ilmiah Bidang MIPA

Vo. I Th. V - Februari 2004

ISI

VEDIC MATHEMATICS: HANYA SUATU TRICK?

Ahmad Fauzan..... 1

PENGARUH pH AWAL MEDIUM DAN KONSENTRASI INOKULUM PADA KULTUR CAMPURAN *Saccharomyces cerevisiae* DAN *Acetobacter aceti* DALAM MEMPRODUKSI ASAM ASETAT DARI HIDROLISAT UBI KAYU (*Manihot esculenta Crantz*)

Irdawati..... 10

EFEK PENAMBAHAN KALSIMUM KARBIDA TERHADAP KADAR GLUKOSA DAN VITAMIN C PADA BUAH PEPAYA (*Carica papaya L.*)

Iswendi dan Iryani..... 17

ANALISIS PARAMETER FISIS GEMPA BUMI DI SUMATERA BARAT PADA BULAN FEBRUARI TAHUN 2004

Letmi Dwiridat..... 25

PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DITINJAU DARI INTEGRASI ASPEK EKOLOGI DAN EKONOMI

Lufri dan Helenutra..... 38

HIDROKSILAPATIT SEBAGAI MATERIAL BIOKERAMIK

Minda Azhar..... 49

PENENTUAN KANDUNGAN BESI DAN KALSIMUM DALAM AIR SUMUR GALI YANG TERDAPAT DI KELURAHAN INDRAMUNG PADANG

Nazir Koelin Saerah, Bayharni dan Ida Warii..... 59

STUDI TENTANG MASALAH KELELAHAN BAHAN DEVAIS FERROELEKTRIK MEMORI "NON VOLATILE"

Yenni Darvina dan Nur Asma..... 67

PENAKSIRAN MODEL AUTOREGRESI DENGAN PARAMETER RANTAI MARKOV

Zetriuslita..... 78

Diterbitkan oleh

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

EKSAKTA

Berkala Ilmiah Bidang MIPA

Vol. 1 Th. V – Februari 2004

SK. Dekan FMIPA UNP
No. 1528/K12.1.5/KP/1999

Penasehat
Dekan FMIPA
Universitas Negeri Padang
Drs. Ali Amran, M.Pd., M.A., PhD

Pemimpin Redaksi
Dr. Aleks Maryunis

Wakil Pemimpin Redaksi
Drs. Syukri S, M.Pd.

Sekretaris Redaksi
Dr. Jon Efendi, M.Si.

Dewan Redaksi
Prof. Dr. M. Dachnel Kamars, M.A.
Drs. Ali Amran, M.Pd., M.A., Ph.D.
Dr. Ahmad Fauzan, M.Pd., M.Sc
Dra. Minda Azhar, M.Si.
Drs. Syafriandi, M.Si.
Dra. Helendra, M.S.
Drs. Asrizal, M.Si.

Sekretariat
Drs. Johni Azmi, M.S.
Drs. Hendra Syarifuddin, M.Si.
Ahmad Rizal Abidin, S.Kom.
Yulia Roza

Penerbit
FMIPA Universitas Negeri Padang

Alamat Redaksi/Penerbit
Kampus FMIPA
Universitas Negeri Padang
Telp. (0751) 57420
Jl. Prof. Dr. Hamka 25131

Terbit dua kali setahun
Terbit pertama kali : Februari 2000

EKSAKTA

Berkala Ilmiah Bidang MIPA

Vol. 1 Th. V – Februari 2004

ISI

VEDIC MATHEMATICS: HANYA SUATU TRICK? <i>Ahmad Fauzan</i>	1
PENGARUH pH AWAL MEDIUM DAN KONSENTRASI INOKULUM PADA KULTUR CAMPURAN <i>Saccharomyces cerevisiae</i> DAN <i>Acetobacter aceti</i> DALAM MEMPRODUKSI ASAM ASETAT DARI HIDROLISAT UBI KAYU (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) <i>Irdawati</i>	10
EFFEK PENAMBAHAN KALSIMUM KARBIDA TERHADAP KADAR GLUKOSA DAN VITAMIN C PADA BUAH PEPAYA (<i>Carica papaya</i> L) <i>Iswend dan Iryani</i>	17
ANALISIS PARAMETER FISIS GEMPA BUMI DI SUMATERA BARAT PADA BULAN FEBRUARI TAHUN 2004 <i>Letmi Dwiridal</i>	25
PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DITINJAU DARI INTEGRASI ASPEK EKOLOGI DAN EKONOMI <i>Lufri dan Helendra</i>	38
HIDROKSILAPATIT SEBAGAI MATERIAL BIOKERAMIK <i>Minda Azhar</i>	49
PENENTUAN KANDUNGAN BESI DAN KALSIMUM DALAM AIR SUMUR GALI YANG TERDAPAT DI KELURAHAN INDARUNG PADANG <i>Nazir Koelin Saerab dan Bayharti dan Ida Warni</i>	59
STUDI TENTANG MASALAH KELELAHAN BAHAN DEVAIS FERROELEKTRIK MEMORI “NON VOLATILE” <i>Yenni Darvina dan Nur Asma</i>	67
PENAKSIRAN MODEL AUTOREGRESI DENGAN PARAMETER RANTAI MARKOV <i>Zetriuslita</i>	78

HIDROKSILAPATIT SEBAGAI MATERIAL BIOKERAMIK

Minda Azhar

Staf Pengajar Jurusan Kimia FMIPA UNP

ABSTRACT

Hydroxylapatite is name of mineral, while the name of chemistry is pentacalcium hydroxide triphosphate. Hydroxylapatite is a compound that is formed from main element calcium and phosphor, with formula $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. The material will not cause defensive bodily reaction, and will even establish interactions with the body, and hence are categorized as bioactive materials or surface reactive bioceramics. The main application of surface reactive bioceramics are in the area of ossicular bone replacement prostheses and as coatings for orthopaedic appliances. In this process, formed a chemical bond between tissue and the implant surface. The bonded interface protects the material from further deterioration with time.

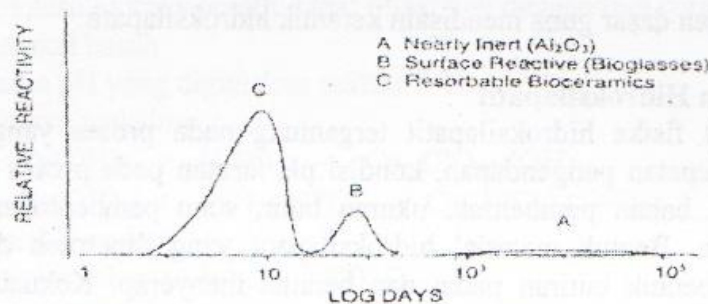
Key words : *Hydroxylapatite, bioceramic, pentacalcium hydroxide triphosphate, implant,*

PENDAHULUAN

Keramik yang digunakan pada bidang yang berhubungan dengan pengobatan dan sebagai material implantasi untuk memperbaiki bagian-bagian tubuh yang terkena penyakit atau cacat dikenal dengan biokeramik. Istilah ini merupakan pengertian dasar dari biokeramik, sebenarnya istilah biokeramik mempunyai pengertian yang cukup luas. Salah satu pengertian biokeramik adalah material yang didisain untuk memenuhi fungsi fisiologis, sebagai bahan konstruksi prostetik atau untuk organ-organ buatan bagian dalam (Hulbert, *et. al.*, 1992). Pengertian lain dilihat dari kata 'biokeramik'. Kata biokeramik merupakan gabungan dari kata bio dan keramik. Arti kata tersebut dibagi dalam dua makna yaitu : (1) Makna yang ditekankan pada kata bio, yang berarti suatu bahan keramik yang diproses secara biosintesa di dalam tubuh; (2) Makna yang ditekankan pada kata keramik yang berarti suatu bahan yang didisain untuk fungsi bio yang diproses secara keramik yaitu melalui proses pembentukan, pematatan dan pembakaran. Biokeramik dapat berupa kristal tunggal (saffir), polikristal (alumina, hidroksilapatit), gelas keramik atau komposit (baja-stainless-gelas diperkuat serat, polietilen-hidroksilapatit) (Hartomo, 1992).

Hulbert, *et. al.* (1992) mengklasifikasikan biokeramik berdasarkan reaktivitas kimianya terhadap lingkungan fisiologisnya yaitu: (1) Biokeramik inert, material ini sangat sedikit atau bahkan tidak mengalami perubahan kimia dalam waktu yang lama pada lingkungan fisiologisnya. Jaringan yang merespon biokeramik inert sangat tipis dengan ukuran hanya beberapa mikrometer atau kurang. Membran berserabut mengelilingi material implant

ini; (2) Biokeramik reaktif permukaan. Komponen biokeramik ini didisain sedemikian rupa agar permukaannya reaktif secara kimia dengan lingkungan fisiologisnya, yang mengakibatkan terbentuk ikatan kimia antara jaringan dan permukaan implant. Ikatan antar muka yang terbentuk merupakan pelindung material implant tersebut. Biokeramik reaktif permukaan dapat digunakan untuk penggantian tulang dan gigi; (3) Biokeramik *resorbable*. Biokeramik ini dikenal juga dengan biokeramik degradasi. Komposisi biokeramik degradasi mengandung hanya unsur-unsur yang mudah diproses melalui jalur metabolik normal seperti kalsium dan posfor. Biokeramik yang termasuk biokeramik degradasi adalah kalsium posfat, karena bahan biokeramik ini di dalam tubuh akan terurai menjadi unsur-unsur pembentuknya yaitu kalsium dan pospor. Biokeramik degradasi (*resorbable*) biasanya digunakan untuk pengisi ruang jaringan tulang atau pengganti jaringan tulang yang rusak. Laju reaktivitas relatif ke-3 jenis biokeramik ini adalah khas (Gambar 1).



Gambar 1. Spektrum Reaktivitas Relatif dari Berbagai Jenis biokeramik. (Hulbert, S.F, *et.al.*, 1992).

Berdasarkan klasifikasi Hulbert ini, hidroksilapatit termasuk biokeramik aktif permukaan. Hidroksilapatit sebagai biokeramik telah dipelajari secara *in vitro* dan *in vivo* sejak tahun 1970. Hidroksilapatit telah diuji secara klinis dan merupakan material yang dapat dipercaya dan telah digunakan dengan sangat sukses pada pembedahan tulang, kedokteran gigi dan bedah muka plastik (Willmann, 1993). Kunci suksesnya adalah kemiripan komposisi dan struktur biokeramik ini dengan komposisi dan struktur tulang hewan dan manusia. Hal ini membuat hidroksilapatit mudah diterima oleh tubuh manusia (Li, 1990). Pada tulisan ini dipaparkan sifat, pembuatan dan penggunaan hidroksilapatit.

Sifat Hidroksilapatit

Hidroksilapatit merupakan nama mineral, sedangkan nama kimianya adalah pentakalsium hidroksi tripofat. Hidroksilapatit merupakan senyawa yang dibentuk dari unsur-unsur utama kalsium dan posfor, dengan rumus molekul $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ dan rumus empiris $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. Material ini tidak menyebabkan defensif terhadap reaksi-reaksi yang terjadi di dalam tubuh bahkan mengadakan interaksi dengan tubuh (Willmann, 1993). Oleh sebab itu hidroksilapatit dikategorikan sebagai material bioaktif atau dikenal juga dengan biokeramik aktif permukaan. Pemakaian utama dari bahan

biokeramik aktif permukaan ini adalah untuk menetralkan jaringan tulang yang rusak atau pengganti tulang atau sebagai pelapis untuk pemakaian dalam ortopedik.

Prasyarat yang harus diikuti jika hidroksilapatit ingin digunakan sebagai biokeramik adalah: (1) Perbandingan mol Ca dan P dalam $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ adalah 1,67; (2) Fase mineral dari hidroksilapatit harus ada; (3) Material harus diproses secara keramik yaitu melalui proses pembentukan, pemadatan dan pembakaran (Willmann, 1993). Hidroksilapatit yang tersedia pada industri kimia adalah sebagai material mentah hasil sintesa. Dengan demikian material mentah hidroksilapatit harus ditransformasikan ke dalam material dengan luas permukaan, morfologi dan porositas yang spesifik. Material hidroksilapatit yang melewati proses ini disebut dengan keramik hidroksilapatit. Jenis keramik hidroksilapatit yang terbentuk secara proses keramik mempunyai sifat-sifat yang karakteristik, baik sifat kimia, fisika, mineralogi, morfologi maupun sifat implantasinya. Di bawah ini dimuat beberapa sifat material hidroksilapatit yang harus diketahui untuk tujuan pertimbangan dasar guna mendisain keramik hidroksilapatit.

Sifat Fisika Hidroksilapatit

Sifat fisika hidroksilapatit tergantung pada proses yang dilakukan seperti kecepatan pengendapan, kondisi pH larutan pada proses pembuatan, konsentrasi bahan pembentuk, ukuran butir, suhu pembentukan dan suhu pembakaran. Bentuk material hidroksilapatit yang diperoleh dari industri adalah berbentuk butiran padat dan bersifat menyerap. Kekuatan mekanik hidroksilapatit ada hubungannya dengan massa jenisnya, jika massa jenis tinggi maka kekuatan mekanik juga tinggi. Beberapa sifat fisika hidroksilapatit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisika Hidroksilapatit

Sifat fisika	Hidroksilapatit	Natrium hidroksilapatit
1. Berat jenis (g/cm^3)	3,13 - 3,15	3,13 - 3,15
2. Ukuran butir (nm)	60 - 300	10 - 300
3. Luas permukaan spesifik (m^2/g)	29,0 - 36,0	29,0 - 36,0
4. Kuat lentur (MPa) pada suhu 1250 - 1275 ^o C	60 - 110	> 110
5. Kekerasan pada 5N (GPa)	3,6 - 4,0	-
6. Kuat tekan (MPa)	< 600	600 - 680

Keterangan : 1 - 3 = dalam bentuk serbuk hasil pengendapan
4 - 6 = dalam keadaan sinter pada suhu 1250 - 1275^o C

Sifat Kimia dalam Pembuatannya

Keramik hidroksilapatit mempunyai perbandingan mol Ca terhadap P antara 1,33 sampai dengan 1,67. Angka perbandingan ini erat hubungannya

dengan tingkat substitusi atau penggantian unsur kalsium dengan unsur lain yang melibatkan penggunaan ion hidroksil. Penggantian unsur kalsium oleh unsur lain dapat dimonitor oleh harga pH dalam suatu reaksi basah. Secara teoritis perbandingan mol Ca dengan P dalam hidroksilapatit yang optimum adalah 1,67. Angka ini dapat dihitung dari reaksi stoikiometri pembentukan hidroksilapatit atau dari rumus molekul hidroksilapatit.

Perbedaan angka perbandingan mol antara Ca dengan P mempunyai pengaruh terhadap tingkat kestabilan molekul hidroksilapatit akibat pemasukan ion lain seperti Na^+ , K^+ , Mg^{2+} . Ion kalsium dalam hidroksilapatit dapat diganti dengan ion natrium. Penggantian ion ini dapat memperbaiki sifat fisiknya. Senyawa hasil penggantian kalsium dengan natrium ini dapat bermacam-macam, tergantung pada kondisi atau konsentrasi dari ion pengganti tersebut.

Sintesa Hidroksilapatit

Sintesa hidroksilapatit dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu :

a. Cara reaksi basah

Biasanya pH yang digunakan sekitar 8-12.

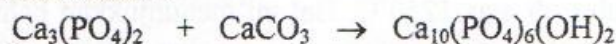
Persamaan reaksinya :



b. Cara reaksi padatan

Reaksi dilakukan pada suhu 1200°C .

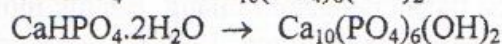
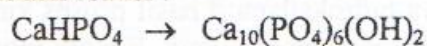
Persamaan reaksi :



c. Cara hidrotermal

Cara ini dilakukan pada temperatur 200°C dan tekanan 15 atm.

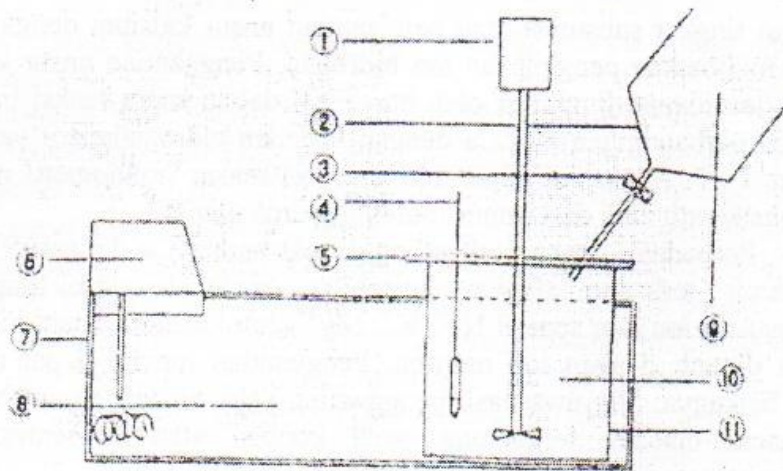
Persamaan reaksi :



Pada tulisan ini diuraikan hanya salah satu cara yaitu pembentukan hidroksilapatit dengan cara reaksi basah.

Penyediaan Material

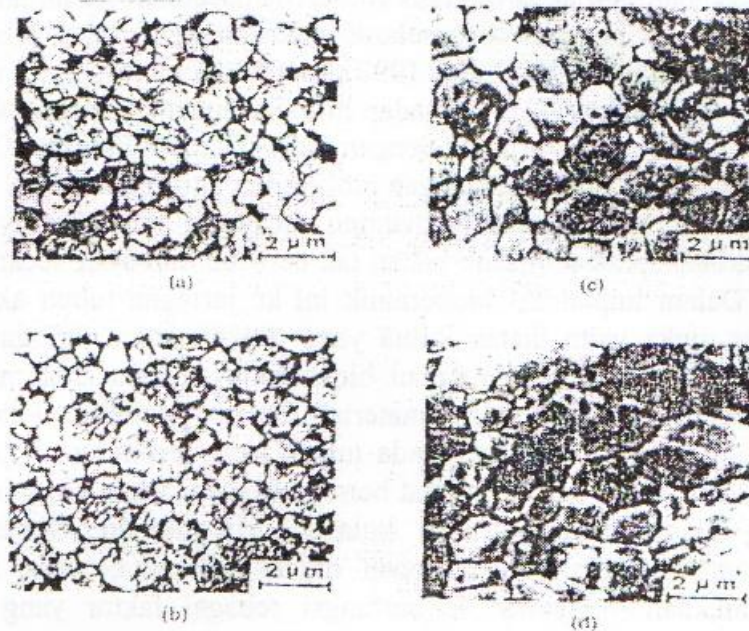
Hidroksilapatit disintesa dengan menggunakan reagen Ca(OH)_2 dan NaOH serta larutan H_3PO_4 . Reagen-reagen ini diaduk di dalam beaker (Gambar 2) dan pH diatur dengan menggunakan larutan H_3PO_4 . Setelah filtrasi, bubuk hidroksilapatit yang terbentuk dicuci dengan agudes untuk menyempurnakan pertukaran ion PO_4^{3-} dan ion Ca^{2+} , kemudian dikeringkan pada suhu 80°C . Sampel ini ditekan dengan tekanan 170 MPa dan selanjutnya dipadatkan pada suhu $1100\text{-}1300^\circ\text{C}$ selama 1-10 jam.



Gambar 2. Diagram Alat untuk Sintesa Hidroksilapatit. Nomor pada gambar: (1) Pengaduk berbaling-balang; (2) Corong pemasukan zat; (3) Kran corong; (4) pH meter; (5) *Cover glass*; (6) Pengatur temperatur; (7) Termostat; (8) Air ; (9) H_3PO_4 0,3 M; (10) $Ca(OH)_2$ 0,5 M; (11) Gelas kimia. (Lin, *et. al*, 1989).

Analisa Mikroskopis Hidroksilapatit

Berdasarkan spektrum inframerah, gugus fungsi OH hidroksilapatit berada pada daerah $3550-3200\text{ cm}^{-1}$. Intensitas gugus fungsi OH hidroksilapatit pada spektrum inframerah akan menurun jika suhu dinaikkan dan hilang pada suhu di atas 1250°C . Hal ini menunjukkan bahwa senyawa hidroksilapatit akan hilang sifat asalnya bila dibakar sinter pada suhu lebih dari 1250°C . Dari hasil analisa DTA dan DTG pada suhu $70-1250^\circ\text{C}$ dapat disimpulkan bahwa kestabilan struktur molekulnya masih bisa dipertahankan. Hal ini dapat menunjukkan bahwa hidroksilapatit hasil proses kimia keramik dapat dipakai untuk produksi bahan pengganti tulang. Bentuk morfologi hasil pembakaran hidroksilapatit pada temperatur 1200°C dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Scanning Electron Micrographs (SEM) dari hidroksilapatit. Hidroksilapatit dibakar pada suhu 1200⁰ C selama (a) 1 jam, (b) 4 jam, (c) 6 jam dan (d) 10 jam. (Lin, *et.al*, 1989).

Penggunaan Hidroksilapatit

Hidroksilapatit merupakan zat anorganik utama yang terdapat dalam tulang sedangkan zat organik utama dalam tulang adalah kolagen (Voet, 1995). Hidroksilapatit dibentuk dari unsur-unsur utama Ca dan P. Oleh sebab itu hidroksilapatit banyak ditemukan dalam struktur tulang dan gigi pada hewan dan manusia. Senyawa hidroksilapatit yang terdapat di dalam tulang sekitar 65-70 % dan di dalam enamel gigi sekitar 95%. Proses biosintesa hidroksilapatit di dalam tubuh berjalan lambat. Hasil biosintesa ini akan mengendap sebagai jaringan dari struktur tulang, mulai dari pembentukan tulang rawan sampai pembentukan tulang yang kokoh.

Pembentukan senyawa hidroksilapatit selain dapat terbentuk di dalam tubuh, juga dapat dilakukan secara laboratorium melalui proses kimia dan keramik. Hidroksilapatit yang dibuat secara laboratorium dikenal dengan keramik hidroksilapatit. Keramik hidroksilapatit digunakan sebagai implant untuk penggantian tulang, gigi, pengisi tulang setelah bedah tumor.

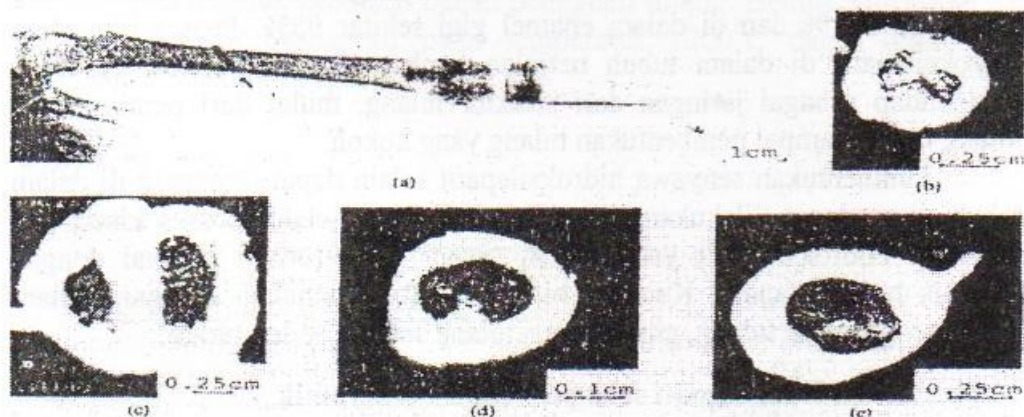
Implantasi Hidroksilapatit sebagai Bahan Biokeramik

Dalam implantasi biokeramik ke jaringan tubuh maka mekanisme yang menyertainya ditentukan oleh respon tubuh pada batas antar muka biokeramik dan jaringan. Tidak ada bahan yang inert bila diimplantasikan ke dalam tubuh, selalu ada respon dari jaringan hidup. Respon dari jaringan hidup tersebut adalah: (1) Bila bahan (biokeramik) itu beracun, maka jaringan di sekitarnya akan mati; (2) Bila bahan tak beracun dan tak aktif biologis

(nyaris inert) akan terbentuk jaringan serat bertebal aneka ukuran; (3) Bila bahan tak beracun dan aktif biologis (bioaktif) terjadilah ikatan antar muka; (4) Bila bahan tak beracun dan melarut maka jaringan hidup di sekitarnya akan menggantikannya (Hartomo, 1992). Berdasarkan respon di atas maka respon yang ditunjukkan tubuh terhadap hidroksilapatit implant adalah terjadi ikatan antar muka antara jaringan dengan hidroksilapatit implant. Oleh sebab itu hidroksilapatit dikenal juga dengan biokeramik aktif permukaan.

Senyawa hidroksilapatit maupun senyawa substitusinya seperti natrium hidroksilapatit termasuk bahan tak beracun dan aktif secara biologis (bioaktif). Dalam implantasi biokeramik ini ke jaringan tubuh akan terjadi ikatan antar muka yaitu ikatan kimia yang terjadi antara jaringan (tulang) dengan permukaan implant (material biokeramik). Ikatan antar muka yang terbentuk merupakan pelindung material implant tersebut. Pembentukan hidroksilapatit secara biosintesis pada tulang akan tertimbun di permukaan implant ini. Ini berarti implant dapat bersatu dengan bahan bio lainnya yang terkandung dalam tulang, seperti kolagen, glikoprotein. Senyawa yang dihasilkannya dalam bentuk komposit organik-anorganik yang berada di antara permukaan. Senyawa ini berfungsi sebagai faktor yang memberi kekuatan mekanik pada ikatan struktur tulang yang baru.

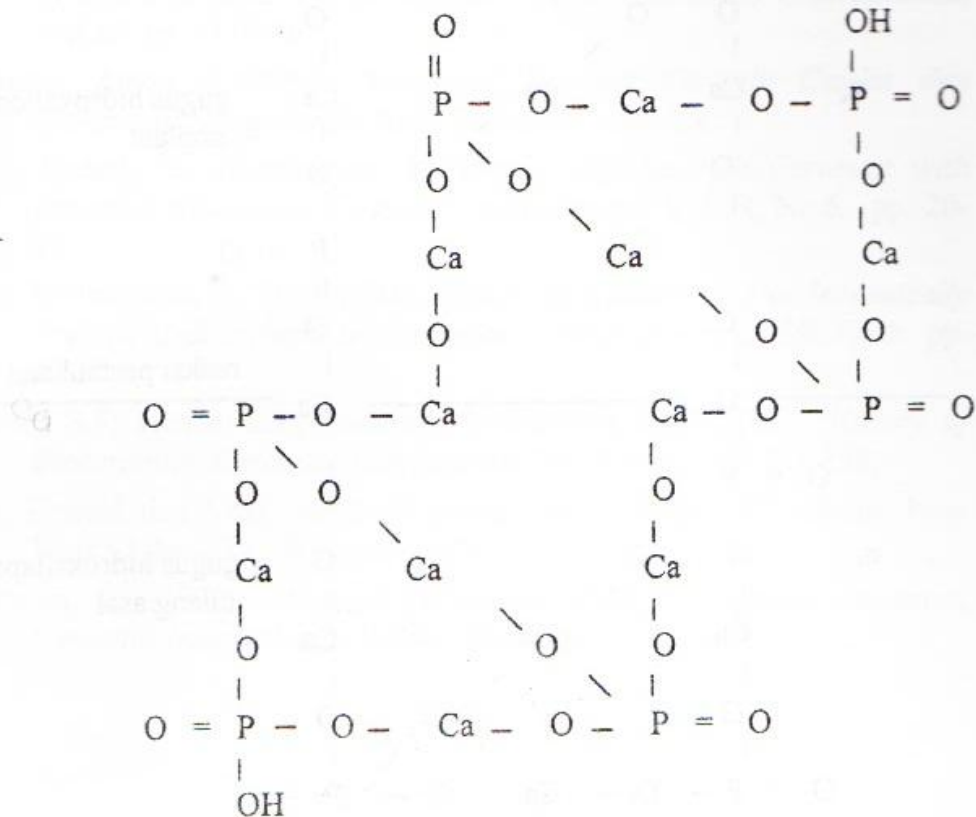
Lin, *et.al.* (1989) telah mencoba mempelajari mekanisme sifat implantasi keramik hidroksilapatit terhadap tulang. Ia mengimplantasikan hidroksilapatit ke dalam tulang paha kelinci percobaan. Setelah umur implantasi 2 dan 3 bulan diteliti sifat pertumbuhan dari biologikal apatitnya. Hasilnya adalah sebagai berikut: (a) Pada implantasi umur dua bulan, ruangan antara bahan implant dan sekeliling tulang telah diisi oleh jaringan syaraf yang halus dan telah terbentuk tulang baru yang melapisi tulang yang tua atau rusak; (b) Setelah implantasi umur tiga bulan, jaringan-jaringan antara tulang yang padat (tua) dan tulang yang baru hampir tidak dapat dibedakan. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Implantasi Hidroksilapatit ke dalam Tulang paha Kelinci. Tanda panah pada (a) adalah tulang yang akan disambung; (b) dan (c) adalah implantasi setelah 2 bulan; (d) dan (e) adalah implantasi setelah 3 bulan. (Lin, *et.al.*, 1989).

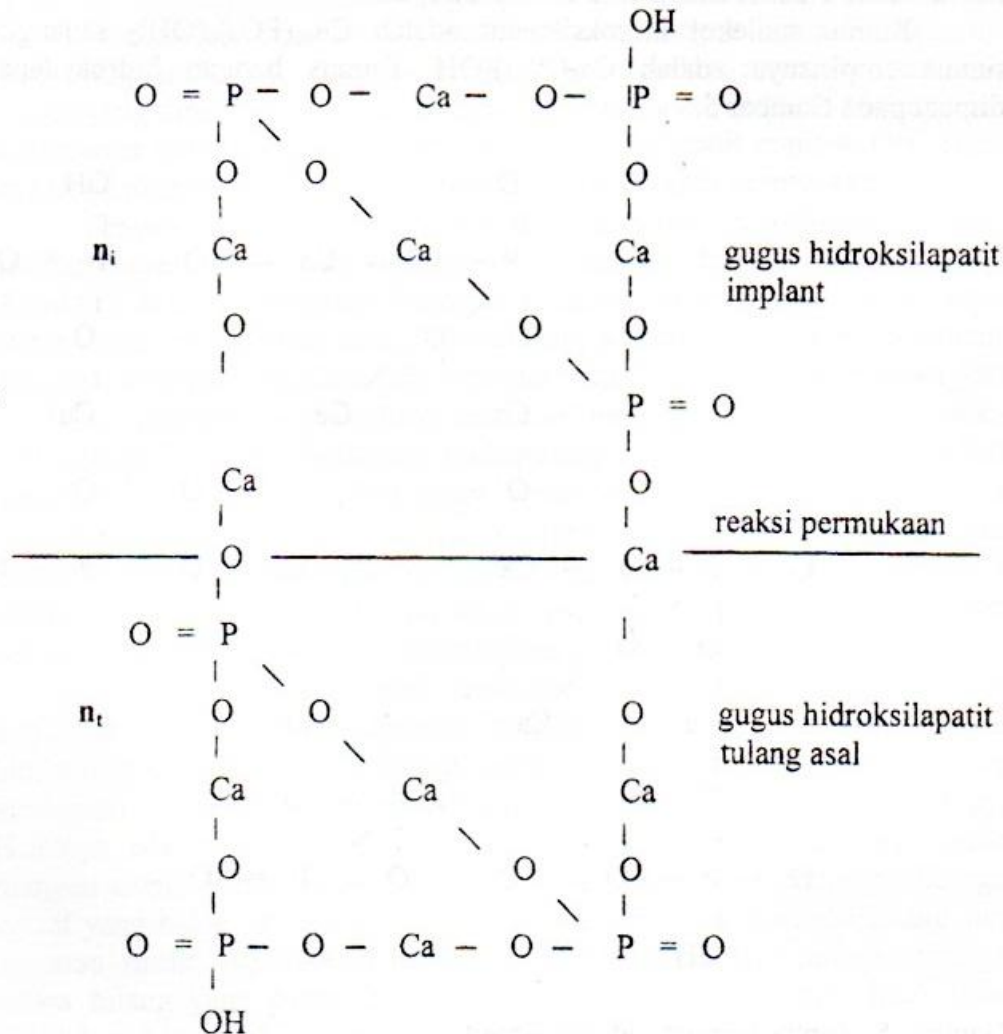
Mekanisme Reaksi Biosintesa Hidroksilapatit

Rumus molekul hidroksilapatit adalah $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ sedangkan rumus empirisnya adalah $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$. Rumus bangun hidroksilapatit dimuat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rumus bangun hidroksilapatit

Mekanisme pembentukan lapisan tulang baru (*biological apatit*) merupakan penambahan rantai hasil interaksi antara hidroksilapatit implant dengan hidroksilapatit tulang asal. Hidroksilapatit hasil biosintesa ini akan membaaur dengan bahan bio seperti kolagen, mukopolisakarida, glikoprotein dan bahan bio lainnya yang terdapat dalam tulang, sehingga tidak akan kelihatan batas pemisah hasil reaksi tersebut. Mekanisme pembentukan lapisan tulang baru disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Mekanisme pembentukan lapisan tulang baru. Hidroksilapatit pada tulang asal dapat membentuk ikatan antar muka dengan hidroksilapatit pada implant. Arti simbol n_i adalah banyaknya molekul hidroksilapatit pada implant dan n_t adalah banyaknya molekul hidroksilapatit pada tulang.

PENUTUP

Hidroksilapatit termasuk material biokeramik aktif permukaan yang mengandung unsur utama kalsium dan posfor dengan rumus molekul $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Hidroksilapatit dapat dibuat secara laboratorium dengan tiga cara yaitu cara reaksi basah, cara reaksi padatan dan cara hidrotermal. Hidroksilapatit banyak digunakan untuk pengganti tulang, gigi, pengisi tulang, menetralkan jaringan tulang yang rusak dan sebagai pelapis untuk pemakaian dalam ortopedik. Pada implantasi hidroksilapatit ke jaringan tubuh akan terjadi ikatan antar muka antara hidroksilapatit pada tulang dengan hidroksilapatit pada permukaan implant.

DAFTAR PUSTAKA

- Lin, Feng-Huei; Harn, Tzung-Ling; Hon, Min-Hsiung. (1989). *A Study on Synthesized Hydroxylapatite Bioceramic*, *Ceramics International*, Vol.15. pp. 351-356.
- Hartomo, Anton J (1992). *Mengenal Keramik Canggih Cerdas dan Biokeramik*, Yogyakarta: Andi Offset. pp. 121-126.
- Li, J; Fartash, B; Hermansson, L (1990). *High-Strength Ceramics with Potential Bioactivity*, *Ceramics International*, Vol.39, No.6. pp. 20-23.
- Li, J; Hermansson, L. (1990). *Mechanical Evaluation of Hot Isostatically Pressed Hydroxylapatite*, *Ceramics International*, Vol. 39. No.2. pp. 13-15.
- Hulbert, S.F; Hench, L.L; Forbers, D; Bowman, L.S. (1992). *History of Bioceramics*, *Ceramics International*, Vol.8, No.4. pp. 131-138.
- Voet, Donald dan Voet, Judith G (1995). *Biochemistry*. 2nd edition. New York : John Wiley & Sons. p.163.
- Willmann, G. (1993). *Material Properties of Hidroxylapatite Ceramics*, *Ceramics International*, Vol.42, No.4. pp. 206-208.