

II. TINJAUAN PUSTAKA

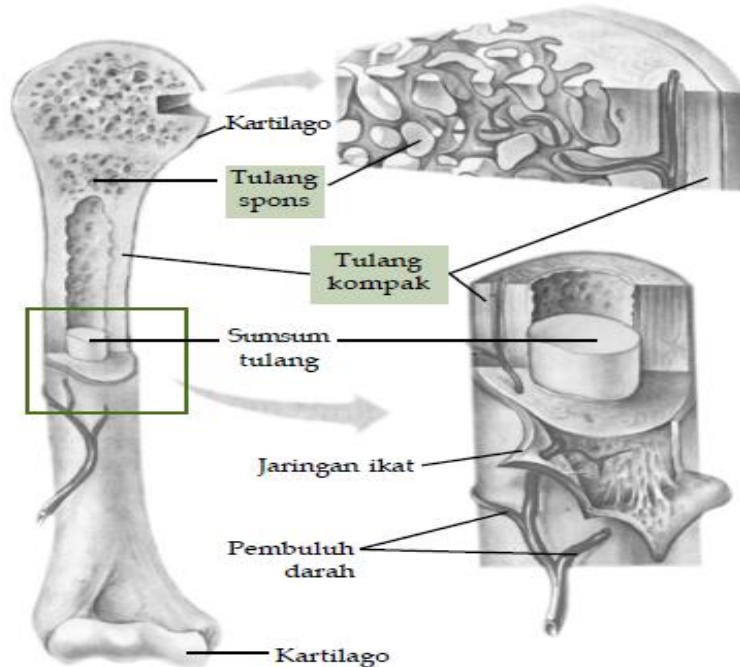
Bab II menjelaskan tentang beberapa konsep dasar teori yang mendukung topik penelitian. Pembahasan dimulai dengan penjelasan mengenai komposisi dasar tulang sapi, hidroksiapatit, mikrostruktur hidroksiapatit, sintesis hidroksiapatit, biokeramik sebagai pengganti tulang (*bone substitute*), komposit, biokompatibilitas, keramik silika dari sekam padi, *planetary ball mill*, aplikasi, dan karakterisasi komposit biokeramik hidroksiapatit.

A. Komposisi Dasar Tulang Sapi

Tulang merupakan jaringan kuat pembentuk kerangka tubuh manusia dengan jaringan kompleks yang berfungsi sebagai sistem penggerak dan pelindung organ tubuh seperti otak, jantung, dan paru-paru (Matsumoto *et al*, 2011). Tulang memiliki sifat keras, kuat, dan kaku (Ooi *et al*, 2007). Tulang terdiri dari dua bagian yaitu bagian kompak yang disebut tulang kortikal dan bagian sponsi yang disebut tulang trabekula (Guo, 2001).

Tulang terdiri dari organik dan anorganik. Pada prinsipnya tulang sapi dengan tulang lainnya memiliki struktur yang sama yaitu terbagi menjadi bagian *epiphysis* dan *diaphysis*. Tulang sapi merupakan unsur anorganik yang terdiri dari 93%

hidroksiapatit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ dan 7% β -tricalcium phosphate ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, β -TCP (Ooi *et al*, 2007 ; Ylinen, 2006).



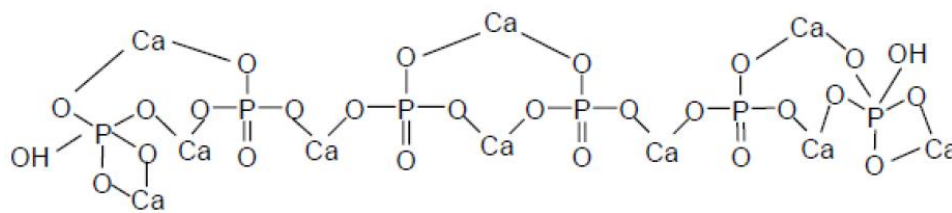
Gambar 2.1 (a) tulang femur, (b) bagian dalam tulang femur

Komposisi kimia tulang sapi terdiri dari zat anorganik berupa Ca, P, O, H, Na dan Mg, dimana gabungan reaksi kimia unsur-unsur Ca, P, O, H merupakan senyawa apatite mineral sedangkan Na dan Mg merupakan komponen zat anorganik tambahan penyusun tulang sapi dengan suhu titik lebur tulang sapi sebesar 1227 °K (Sontang, 2000). Tulang sapi mengandung $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 58,30%, CaCO_3 7,07%, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 2,09%, CaF_2 1,96%, kolagen 4,62% (Perwitasari, 2008).

B. Hydroxyapatite (HA)

Hidroksiapatit (HA) adalah senyawa polikristalin kalsium fosfat (Ylinen, 2006) dengan rumus molekul $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ merupakan mineral apatit yang mengkristal dalam struktur heksagonal dan berbentuk padatan berwarna putih.

Hidroksiapatit digunakan sebagai material pengganti tulang dan gigi manusia (Darjito dkk, 2014). Karena HA merupakan material penyusun tulang dengan 60-70% berat tulang kering. HA murni adalah $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ namun biasa ditulis $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ untuk menunjukkan bahwa unit kristalnya terdiri dari dua molekul.

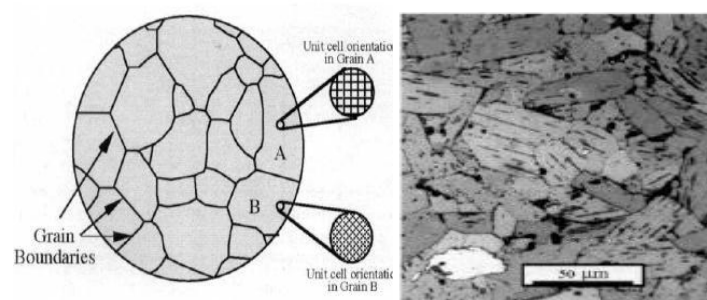


Gambar 2.2 Struktur kimia HA (Ylinen, 2006)

Apatit merupakan istilah pada senyawa mineral. Apatit berasal dari kata yunani “*απατω*” (apato) yang berarti “rekayasa atau untuk menipu” (Ylinen, 2006). Hidroksiapatit telah teruji sebagai tulang buatan karena memiliki kemiripan dengan tulang alami meskipun tidak semirip dengan unsur pokok organik seperti kolagen dan polisakarida (Park, 2008). Hidroksiapatit merupakan unsur anorganik alami berasal dari tulang yang dapat dimanfaatkan sebagai regenerasi tulang, memperbaiki, mengisi, memperluas, dan merekonstruksi jaringan tulang (Wahdah dkk, 2014). Karena HA memiliki sifat biokompatibel yang sangat baik terhadap tubuh manusia yang mengandung kalsium fosfat dalam jaringan keras pada tubuh manusia (Dahlan dkk, 2009). Mineral HA sebagai komponen utama tulang merupakan kalsium fosfat yang paling stabil dibawah kondisi fisiologi normal. Material ini baik untuk transplantasi tulang karena dapat berikatan kuat dengan tulang, membentuk lapisan pada permukaan jaringan tulang dan mempercepat pembentukan tulang yang diimplantasi (Pang & Zhitomirsky 2005; Maachou *et al*, 2008).

C. Mikrostruktur *Hydroxyapatite* (HA)

Padatan kristalin ada dalam keadaan kristal tunggal atau polikristalin. Kristal tunggal adalah suatu padatan yang susunan atom-atomnya berulang dan periodik sempurna, sampai seluruh spesimen semuanya tanpa gangguan. Suatu padatan polikristalin tersusun dari kumpulan banyak kristal-kristal tunggal yang disebut *grain*, pemisah *grain* satu dengan yang lain dengan luasan yang tidak teratur yang disebut *grain boundaries* (batas *grain*). Pertumbuhan *grain* terjadi setelah HA mengalami sintering (Berezhnaya *et al*, 2008), pada proses pertumbuhan *grain* bagian yang signifikan adalah mengecilnya pori-pori diantara *grain* (Volceanov, *et al*, 2006) sehingga terjadi penambahan ukuran *grain*.



Gambar 2.3 (a) Skematik sampel polikristalin (b) Mikrostruktur ditunjukkan melalui mikroskop optik (Barsoum, 2005).

D. Sintesis Hidroksiapatit

Hidroksiapatit dapat disintesis dari beberapa sumber di alam seperti tulang sapi, tulang babi, tulang ikan (Barakat *et al*, 2009) koral (Gravel *et al*, 2006), cangkang telur (Sari dkk 2004), cumu-cumi, gipsum alam, dan kalsit (Darjito, 2014). Beberapa metode telah dipergunakan untuk mensintesis HA melalui *solid state reactions*, teknik pengendapan (*precipitation technique*), proses sol-gel (*sol-gel process*), teknik hidrotermal (*hydrothermal technique*). Metode dengan teknik

pengendapan adalah metode yang paling banyak dipergunakan untuk sintesis HA, karena teknik ini dapat mensintesis HA dalam jumlah besar tanpa menggunakan pelarut-pelarut organik dengan biaya yang terjangkau (Oliveira, 2004). Sintesis menggunakan metode sol-gel adalah sebuah metode efektif untuk sintesis HA fasa-nano. Material HA yang disintesis dengan proses sol-gel efisien untuk meningkatkan kontak dan stabilitas pada antarmuka alami/buatan di dalam lingkungan *in vitro* dan juga di dalam tubuh (*in vivo*) (Suryadi, 2011).

- Preparasi *Hydroxyapatite* (HA)

Ada 3 cara untuk preparasi HA yaitu: (1) metode *wet chemical* (presipitasi atau pengendapan dan hidrolisis) pada suhu yang relatif rendah; (2) metode hidrotermal menggunakan suhu tinggi dan tekanan tinggi dalam larutan encer, dan (3) metode reaksi *solid-state reaction* konvensional (proses basah dan kering) (Shackelford, 2005).

Proses wet-chemical sebagai berikut:

1. Menggunakan presipitasi dari campuran larutan encer atau hidrolisis kalsium phosphat.
2. Dipreparasi dengan presipitasi dibawah kondisi dasar dan disentering pada 950 °C hingga 1100 °C .
3. Serbuk yang dipreparasi umumnya mengkristal buruk, tak homogen dalam komposisi dan terbentuk tidak teratur, memiliki luas permukaan tinggi dan ukuran partikel halus.

Proses Hydrothermal sebagai berikut:

1. Melibatkan reaksi dalam lingkungan air.

2. Dilakukan pada suhu dan tekanan yang relatif tinggi, sistemnya tertutup. Suhu dan tekanan dapat bervariasi dalam range 80 °C hingga 400 °C dan tekanan hingga 100 Mpa atau lebih.
3. Serbuk yang dihasilkan terkristal baik, namun pada HA masih kekurangan kalsium.

Proses solid-state reaction sebagai berikut:

1. Metode ini lebih populer dimasyarakat. Ada 2 proses teknik dalam penggrindingan yaitu basah dan kering.
2. Proses basah menghasilkan serbuk yang lebih halus, lebih homogen dan lebih reaktif dari pada proses kering.
3. sintering dilakukan umumnya pada suhu diatas 1100 °C (Shackelford, 2005).

E. Biokeramik Sebagai Pengganti Tulang (*Bone Substitute*)

Keramik adalah material logam dan nonlogam yang memiliki ikatan ionik dan ikatan kovalen. Sedangkan Bio-Keramik adalah produk yang terbuat dari berbagai jenis keramik yang dicampur dengan oksida mineral seperti silika, aluminium oksida, dan sebagainya (Putra, 2009). Bahan biokeramik telah berhasil digunakan untuk memperbaiki, merekonstruksi, dan mengganti bagian yang sakit atau bagian tubuh yang rusak terutama tulang dan gigi. Bahan biokeramik memiliki biokompatibilitas dan ikatan tulang atau sifat regenerasi tulang yang baik (Miao *et al*, 2004). Sifat biokeramik antara lain tidak beracun, tidak mengandung zat karsinogenik, tidak menyebabkan alergi, dan radang. Biokeramik yang paling banyak digunakan adalah kalsium fosfat yang terdapat pada hidroksiapatit (HA)

yang terkandung pada tulang, gigi, dan tendon. Kalsium fosfat merupakan kandungan senyawa anorganik yang paling penting pada jaringan keras manusia yang memiliki 69% kalsium fosfat dari berat tulang (Lavernia & Schoenung, 1991). Selain itu biokeramik juga digunakan sebagai penguat komponen komposit dengan menggabungkan kedua sifat material menjadi material baru yang memiliki sifat mekanis dan biokompatibilitas yang baik dan apabila diimplankan tidak menunjukkan reaksi penolakan yang dianggap benda asing oleh tubuh. Biokeramik dapat diklasifikasikan karena memiliki sifat sebagai berikut :

1. Bioaktif keramik

Memiliki stabilitas kimia yang tinggi dalam tubuh dan ketika diimplankan pada tulang yang hidup maka tulang tersebut akan melebur dan menyatu pada jaringan tulang tersebut.

2. Bioinert keramik

Tidak menyebabkan perubahan dalam tubuh, baik dari segi fisik maupun kimia.

3. Bioresorable

Material akan diserap dalam tubuh dan membentuk jaringan tulang yang baru pada jaringan tulang (Ylinen, 2006).

Pengganti tulang buatan baru untuk sementara atau implan permanen telah dikembangkan yaitu logam, polimer, dan keramik untuk digunakan dalam biomaterial. Tiga logam umum yang digunakan sebagai bahan implan adalah baja, cobalt, dan titanium. Tetapi tidak satupun dari logam tersebut dapat memberikan keuntungan (Lin *et al*, 1994). Saat ini perhatian terfokus pada bahan keramik yang

memiliki kekuatan mekanik yang tinggi dan telah dikembangkan sebagai pengganti jaringan keras dalam aplikasi medis karena bioaktivitas baik serta osteoinduktivitas dan karakteristik biodegradasi (Nayak *et al*, 2010). Berbagai komposit keramik yaitu termasuk campuran-campuran seperti silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang memiliki kemurnian tinggi serta mampu menunjukkan biokompatibilitas yang baik dan ketahanan tinggi. Keramik yang digunakan untuk implan biologis ada tiga jenis antara lain :

1. Keramik oksida seperti Alumunium Oksida Al_2O_3 dan Zirkonium Oksida ZrO_2 .
2. Kalsium fosfat yang mengandung keramik seperti silika, dan
3. Keramik kalsium fosfat seperti tri-kalsium fosfat (TCP), Hidroksiapatit (HA) dan BCP (Heimke dan Gross, 1980 ; Jarcho, 1981).

F. Komposit

Komposit adalah material yang terbentuk dari dua macam atau lebih material yang dipadukan dalam skala makroskopis. Sifat yang dimiliki bahan komposit merupakan paduan dari sifat-sifat dan bahan-bahan penyusunnya. Secara umum, komposit tersusun atas 2 bagian utama, yaitu:

- a. Matriks, merupakan dasaran untuk merekatkan, melindungi *filler* (pengisi) dari gangguan eksternal. Matriks yang biasa digunakan adalah: karbon, gelas, Kevlar.
- b. *Filler* (pengisi), merupakan penguat dari matriks, kekuatan bahan komposit tergantung dari berapa jumlah, jenis, dan perbandingan *filler* yang ditambahkan

pada suatu matriks. *Filler* yang sering digunakan antara lain: aramid, hidroksiapatit, karbon, dll.

Komposit dibagi menjadi 3 jenis, jika diklasifikasikan berdasarkan matriks penyusunnya, yaitu antara lain:

- a. MMC (*Metal Matriks Composite*), yang menggunakan matriks dari material logam.
- b. CMC (*Ceramic Matriks Composite*), yang menggunakan matriks dari material keramik.
- c. PMC (*Polymer Matriks Composite*), yang menggunakan matriks dari material polimer.

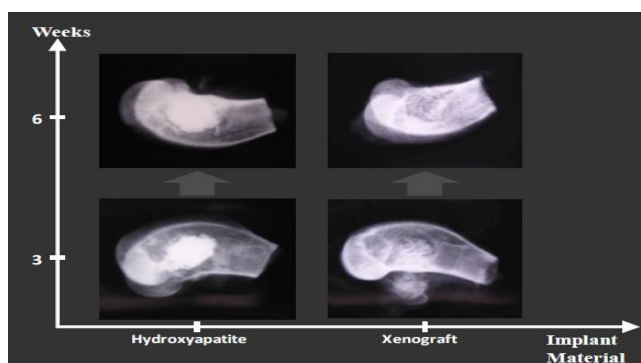
Hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) adalah salah satu jenis biokeramik inert berpori dan berbentuk seperti jarum-jarum (Vlack, 2004). Dalam komposit hidroksiapatit dengan silika, hidroksiapatit bertindak sebagai *filler* (pengisi) dan silika sebagai matriks. Manfaat utama dari penggunaan komposit hidroksiapatit adalah mendapatkan kombinasi sifat kekuatan serta kekakuan tinggi dan berat jenis yang ringan. Dengan memilih kombinasi material serat dan matriks yang tepat, dapat membuat suatu material komposit dengan sifat yang tepat sama dengan kebutuhan sifat untuk suatu struktur tertentu dan tujuan tertentu pula.

G. Biokompatibilitas

Biokompatibilitas adalah kemampuan dari material untuk tidak menimbulkan reaksi inflamasi atau reaksi penolakan (*rejection*) pada resipien (Migliaresi *et al*,

2007). Sifat bioresorpsi menunjukkan tingkat kemampuan suatu material untuk dapat terserap/larut/melebur dengan lingkungan resipien. Dalam konteks material sebagai pengganti tulang, sifat bioresorpsi menunjukkan kemampuan material tersebut untuk dapat terserap oleh jaringan tulang resipien akibat aktivitas selular dan/atau pengaruh lingkungan biologis tubuh (Ylinen, 2006).

Salah satu indikasi dalam penerapannya pada bidang ortopedi, suatu material implan dikatakan teresorpsi adalah ketika batas antara material implan dan tulang induk menghilang sehingga implan tersebut dapat dikatakan menyatu dengan tulang induknya, seperti pada gambar 4. di bawah yang memperlihatkan hasil uji biokompatibilitas secara *in vivo* pada kelinci yang dilakukan BPPT pada tahun 2007. Pada gambar tersebut tampak bahwa pada waktu pengamatan selama 3 minggu batas antara implan HA dengan tulang induk masih sangat tegas. Berbeda halnya dengan *xenograft*, batas antara implan dan tulang induk sudah mulai tersamar yang mengindikasikan sudah terjadinya proses bioresorpsi. Pada minggu ke 6, batas antara HA dan tulang induk juga masih jelas terlihat meskipun tidak setegas minggu ke 3, sementara pada *xenograft* batas itu sudah hampir hilang. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa HA kurang teresorpsi sementara *xenograft* dapat teresorpsi dengan baik.



Gambar 2.4 Radiologi dari HA (kiri) dan *xenograft* tulang sapi (kanan) yang memperlihatkan bahwa *xenograft* lebih *bioresorbable* dibandingkan HA.

Bioresorpsi suatu material implan merupakan hal penting karena adanya kemampuan ini maka tidak diperlukan lagi operasi kedua untuk pelepasan implan. Jadi resorpsi ini harus dicapai agar resipien mampu mengadakan pertumbuhan pada tempat yang mengalami defek. Sementara itu implan tersebut bertindak sebagai *scaffold* yang mengalami resorpsi secara parsial sehingga mampu mempertahankan integritas mekanik hingga jaringan baru yang terbentuk memiliki kekuatan yang cukup untuk.

H. Keramik Silika dari Sekam Padi

Sekam padi memiliki kandungan silika 20%, sehingga dapat dijadikan bahan baku yang berharga untuk produksi silika untuk aplikasi seperti pemisahan, adsorpsi, katalis dan isolasi termal (Jullaphan *et al*, 2009 ; Li *et al*, 2011). Penggunaan sekam padi sebagai sumber silika untuk produksi nano komposit dengan proses sol gel juga telah diteliti (Qu *et al*, 2010).

Salah satu metoda dalam pembuatan nanopartikel silika, SiO_2 adalah metoda sol-gel. Metoda sol-gel merupakan metoda yang paling banyak dilakukan. Hal ini disebabkan karena beberapa keunggulannya, antara lain: proses berlangsung pada temperatur rendah, prosesnya relatif lebih mudah, bisa diaplikasikan dalam segala kondisi (*versatile*), menghasilkan produk dengan kemurnian dan kehomogenan yang tinggi. Proses sol gel dapat didefinisikan sebagai proses pembentukan senyawa anorganik melalui reaksi kimia dalam larutan pada suhu rendah, dimana dalam proses tersebut terjadi perubahan fasa dari suspensi koloid (sol) membentuk fasa cair kontinyu (gel) (Zawrah *et al*, 2009).

Silika gel merupakan salah satu bahan anorganik yang memiliki kelebihan sifat, yaitu memiliki kestabilan tinggi terhadap pengaruh mekanik, temperatur, dan kondisi keasaman (Sriyanti dkk, 2005). Silika gel tergolong sebagai silika *amorphous* yang terdiri dari partikel-partikel dalam bentuk polimer (SiO_2). Atom Si pada silika gel berikatan kovalen terhadap empat atom O dalam susunan tetrahedral. Setiap atom O tersebut berikatan kovalen dengan atom Si yang lain membentuk gugus fungsional siloksan ($-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$) dan silanol ($-\text{Si}-\text{OH}$). Pada umumnya panjang ikatan $\text{Si}-\text{O} \pm 0,16 \text{ nm}$ dan sudut ikatan $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ sekitar 1480° (Brinker dan Scherer, 1990)

Silika gel umumnya disintesis dengan cara presipitasi larutan silikat dan sol silikat. Pori-pori silika gel tergantung pada kondisi preparasinya pada rata-rata berdiameter $7.103-1,8.103 \text{ \AA}$ sedangkan luas permukaan silika gel antara $450-530 \text{ m}^2/\text{g}$, dan densitasnya sekitar $0,67-0,75 \text{ g/cm}^3$. Luas permukaan silika gel

biasanya akan bertambah dengan kenaikan ukuran pori-pori silika gel. Adanya gugus aktif dan sifat-sifat fisik silika gel tersebut maka silika gel secara umum sering digunakan sebagai adsorben, desikan dan pengisi pada kromatografi (sebagai fase diam) (Ishizaki, 1998). Silika gel murni dengan adanya gugus silanol dan siloksan telah dilaporkan dapat mengabsorpsi ion logam keras seperti Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , dan Fe^{2+} (Cestari, 2000).

Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatan aplikasinya sangat luas mulai bidang elektronik, mekanis, medis, seni, hingga bidang-bidang lainnya (Harsono, 2002). Keramik dalam aplikasi biomedis digunakan sebagai komposit karena bioaktivitas sangat baik serta osteoinduktivitas dan karakteristik biodegradasi. Apabila di implankan pada tulang keramik tidak menunjukkan toksitas lokal dan sistemik, peradangan, bahkan tidak menolak dan tidak dianggap sebagai benda asing pada tubuh. Keuntungan dari keramik adalah memiliki kekuatan mekanik, serta bioaktivitas yang sangat mirip dengan tulang alami (Nayak, 2010).

I. Planetary Ball Mill

Planetary ball mill adalah *ball mill* dengan skala kecil yang digunakan di dalam laboratorium dan digunakan untuk mereduksi ukuran baik dengan penggilingan secara kering dan basah. Pencampuran, homogenisasi dari bahan kimia, tanah, dan bahan farmasi. Umpan yang diizinkan masuk ke dalam *planetary ball mill* berukuran hingga 10 mm dengan keadaan lunak, keras, dan rapuh.

Planetary ball mill terdiri dari bola giling dan wadah penggilingan. Bola giling berfungsi sebagai penghancur, sehingga material pembentuk bola giling harus memiliki kekerasan yang tinggi agar tidak terjadi kontaminasi saat terjadi benturan dan gesekan antara serbuk, bola dan wadah penggilingan. Ukuran bola yang digunakan dalam proses pereduksi mempengaruhi efisiensi serta bentuk aktif serbuk setelah dilakukan proses *milling*. Penggunaan bola yang besar memungkinkan adanya kontaminan yang semakin besar dan bagian bola yang menumbuk serbuk akan semakin kecil luasnya. Selain itu penggunaan bola besar akan mempercepat kenaikan temperatur.

Wadah penggiling merupakan media yang digunakan untuk menahan gerakan bola-bola giling dan ketika proses penggilingan berlangsung. Akibat yang ditimbulkan dari proses penahanan gerak bola-bola giling tersebut adalah terjadinya benturan antara bola giling, serbuk dan wadah penggilingan sehingga menyebabkan terjadinya proses penghancuran serbuk secara berulang-ulang (Rachmania, 2012).



Gambar 2.5 *Planetary Ball Mill*.

J. Aplikasi

Fungsi HA dalam aplikasi biomedis sangat ditentukan oleh kesamaan dalam struktur kimia dengan apatit biologis, yang terdiri dari klasifikasi jaringan fase

mineral dalam enamel, dentin, dan tulang (Nather, 2012). Sifat hidroksiapatit sangat mirip dengan komponen organ-organ tertentu dari tubuh manusia seperti tulang dan gigi. Meluasnya penggunaan HA untuk aplikasi biomedis tulang dalam kaki palsu yang di dasarkan pada analogi struktural dan kelembaban dengan biologi tulang yang hidup (Ylinen, 2006). Tulang dan gigi mengandung komponen mineral HA yang menyangga mayoritas beban *in vivo* (dalam tubuh). Jaringan otot keras juga mengandung fasa mineral yang mirip dengan keramik *hydroxyapatite*. Tulang (berpori) banyak digunakan untuk membuat implan.

Teknik jaringan sering didefinisikan sebagai teknik penerapan dan ilmu kedokteran untuk desain, sintesis, memodifikasi, pertumbuhan, dan regenerasi jaringan hidup. Sejumlah bahan implan berdasarkan kalsium hidroksiapatit, kalsium fosfat, keramik fosfat, bio-glass dan komposit telah diterapkan. Implan telah digunakan dalam ortopdi bedah saraf dan kedokteran gigi (Habib dan Alam, 2012). Bahan implan dapat menunjukkan afinitas dan aktifitas biologis untuk jaringan sekitarnya ketika pada saat ditanamkan (Sargolzaei *et al*, 2006).

K. Karakterisasi Material Komposit Biokeramik Hidroksiapatit (HA)

Beberapa teknik karakterisasi digunakan untuk mengetahui karakteristik dari material yang dihasilkan pada penelitian ini antara lain Fourier Transform Infra Red (FTIR), X-Ray Diffractometer (XRD), dan Scanning Electron Microscopy (SEM).

1. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Konsep dari teknik pengujian ini adalah memberikan radiasi kepada sampel sehingga nantinya akan diketahui perilaku sampel tersebut terhadap radiasi yang diberikan, apakah radiasi tersebut ada yang diserap atau dilewatkan. Metode FTIR merupakan bagian dari metode pengujian berbasis serapan spektroskopi tujuannya adalah untuk mengetahui seberapa baik sebuah sampel menyerap cahaya pada tiap panjang gelombang. Pada FTIR, sampel disinari dengan sebuah berkas cahaya sekaligus yang mengandung banyak frekuensi cahaya berbeda, dan mengukur berapa banyak berkas cahaya tersebut yang diserap oleh sampel dan digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari komposit biokramik hidroksiapatit yang diperoleh.

Analisa sampel pada spektroskopi FTIR diawali dengan dipancarkannya sinar infra merah dari sumber benda hitam. Sinar tersebut melaju dan melawati celah yang mengontrol jumlah energi yang disediakan untuk sampel. Sinar akan masuk kedalam interferometer, yang mengizinkan beberapa panjang gelombang untuk lewat dan memblokir yang lainnya berdasarkan interferensi gelombang. Sinar tersebut kemudian memasuki ruang sampel, dimana sinar ditransmisikan keluar atau dipantulkan kembali bergantung pada tipe analisis yang diselesaikan. Setelah itu sinar tersebut masuk ke detektor untuk di analisa akhir. Hasil keluaran diolah menjadi sinyal digital berupa interferogram dan dikirimkan ke komputer. Komputer digunakan untuk merubah data mentah menjadi hasil yang diinginkan.

2. *X-Ray Diffraction (XRD)*

X-Ray Diffraction (XRD) digunakan untuk melihat pola difraksi dan kristalin komposit biokramik hidroksiapatit. XRD merupakan suatu metode yang berdasarkan pada sifat-sifat difraksi sinar X, yakni hamburan dengan panjang gelombang λ saat melewati kisi kristal dengan sudut datang θ dan jarak antar bidang kristal sebesar d . Data yang diperoleh dari metode XRD adalah sudut hamburan (sudut Bragg) dan intensitas cahaya difraksi. XRD dapat digunakan untuk menentukan fasa kristal, parameter kisi, derajat kiralinitas, dan fasa yang terdapat dalam suatu sampel. Metode XRD dapat memberikan informasi secara kuantitatif tentang komposisi fasa-fasa yang terdapat dalam suatu sampel.

3. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Struktur mikroskopik diamati menggunakan SEM, prinsip kerjanya yaitu dengan memindai permukaan dari material. Ketika elektron berenergi tinggi menumbuk spesimen, elektron tersebut akan dihamburkan oleh atom dari spesimen. Hamburan elektron menyebabkan perubahan arah hambatan elektron dibawah permukaan spesimen. Interaksi yang terjadi antara berkas elektron hanya terjadi pada volum tertentu di bawah permukaan spesimen. Dari interaksi tersebut dihasilkan apa yang disebut dengan *Secondary Electron (SE)* dan *Backscattered Electron (BSE)* yang nantinya dipergunakan sebagai sumber sinyal untuk membentuk gambar.

Prinsip kerja SEM mirip dengan mikroskop optik, hanya saja berbeda dalam perangkatnya. Pertama berkas elektron disejajarkan dan difokuskan oleh magnet

yang didesain khusus berfungsi sebagai lensa. Energi elektron biasanya 100 keV, yang menghasilkan panjang gelombang kira-kira 0,04 nm. Spesimen sasaran sangat tipis agar berkas yang dihantarkan tidak diperlambat atau dihamburkan terlalu banyak. Bayangan akhir diproyeksikan ke dalam layar pendar atau *film*.