

KINETIKA REAKSI SINTESIS HIDROKSIAPATIT MENGUNAKAN METODE PRESIPITASI DENGAN PENCAMPURAN LANGSUNG

Fadhil Mubarak¹⁾, Ahmad Fadli²⁾, Fajril Akbar²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Material dan Korosi, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subranta Km 12,5 Pekanbaru 28293
Email: fadhil.mubarak.fm@gmail.com

ABSTRACT

Hydroxyapatite is a ceramic material that has chemical composition and crystal structure similar to the human bone, then it is incompatible to use as bone implant. The most one of method that used production of hydroxyapatite is precipitation method. The aim of this research is to determine the kinetics reaction of the synthesis of hydroxyapatite using one drop precipitation method. The research was started with stirred 8.27 grams of CaO in 200 ml of aquadest. Then added with 1,8 M phosphoric acid in to while heated with a temperature variation of 40°C, 50°C and 60°C and stirring rate of 300 rpm. The solution in reactor were taken every 10 minutes by 20 ml volume. Further samples were filtered with filter paper, and then the filtrate was analyzed by complexometric titration. The results showed that the reaction followed pseudo second order equation. Constants of reaction increases with increasing temperature following Arrhenius equation, at stirring rate of 300 rpm obtained $k = 1,97e^{-(13194,4/RT)}$.

Key words : ceramic, hydroxyapatite, reaction kinetic, precipitation

1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah penderita kerusakan tulang di Indonesia, salah satunya dipicu oleh kecelakaan pada lalu lintas yang mengakibatkan patah tulang. Indonesia justru menempati urutan pertama peningkatan kecelakaan menurut data Global Status Report on Road Safety yang dikeluarkan WHO. Indonesia dilaporkan mengalami kenaikan jumlah kecelakaan lalu lintas hingga lebih dari 80 persen [Amanda,2014]. Selain kematian kecelakaan dapat menimbulkan kerusakan pada tulang.

Selain itu, penyakit osteoporosis juga menjadi faktor penyebab yang mempengaruhi tingginya kerusakan tulang. Osteoporosis merupakan penyakit tulang

yang ditandai dengan penurunan kualitas dan kepadatan massa tulang, sehingga menyebabkan tulang menjadi rapuh dan patah. Kerusakan tulang ini dapat menyebabkan penurunan fungsi gerak pada tubuh. Untuk memperbaiki kerusakan pada struktur tulang ini dapat digunakan metode cangkok tulang atau implan [Sopyan dkk, 2007].

Strategi pencangkokan tulang yang umum digunakan yaitu *autograf*, *allograf*, dan *xenograf*. Namun setiap strategi tersebut memiliki kelemahan tersendiri. Untuk mengatasi kelemahannya dan merespon kebutuhan yang tinggi dilakukan pengembangan biomaterial sintesis sebagai alternatif [Ardhiyanto,2013]. Pengembangan

ini agar didapatkan biomaterial yang sangat tepat dan murah. Biomaterial yang banyak digunakan untuk substitusi tulang adalah biokeramik senyawa kalsium fosfat, hal ini senyawa tersebut bersifat biokompatibel dan bioaktif, sehingga sangat tepat untuk dijadikan bahan implan. Sifat bioaktif dari biokeramik ini antara lain dapat memberikan respon biologis spesifik pada pertemuan material dengan jaringan sehingga dapat mempercepat proses pembentukan tulang. Salah satu fasa kalsium fosfat untuk tulang yang banyak dikembangkan adalah hidroksiapatit [Dahlan, 2013].

Hidroksiapatit dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ merupakan komponen mineral utama penyusun jaringan keras (*hard tissue*) tubuh manusia seperti tulang, dentin dan gigi yang dikenal dengan garam kalsium fosfat [Shojai dkk, 2012]. Mensintesis hidroksiapatit dapat dilakukan dengan berbagai metode salah satunya adalah presipitasi. Presipitasi merupakan reaksi asam-basa yang menghasilkan padatan kristalin yang hasilnya berupa garam dan air [Purwasasmita dan Gultom, 2008]. Beberapa kelebihan dari presipitasi dalam sintesa hidroksiapatit adalah reaksi kimia yang relatif sederhana serta ukuran dan homogenitas ukuran partikel yang didapat cenderung cukup baik, tingkat homogenitas partikel yang baik, komposisi yang tinggi dapat dicapai dengan mudah pada suhu rendah, ekonomis, dan proses yang sederhana [Wahdah dkk, 2014].

Kinetika reaksi merupakan cabang ilmu yang mempelajari reaksi kimia secara kuantitatif dan juga mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhinya, dimana beberapa faktor yang memengaruhi kinetika reaksi adalah :

a. Temperatur reaksi

Temperatur dapat mempengaruhi laju reaksi, yang dimana pada umumnya apabila temperatur dinaikkan maka reaksi akan berlangsung lebih cepat. Secara sistematis

hubungan antara nilai tetapan laju reaksi (k) terhadap suhu dapat dinyatakan dengan persamaan *Arrhenius* :

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

b. Kecepatan pengadukan

Kecepatan pengadukan akan berpengaruh terhadap laju reaksi, hal ini disebabkan karena pengadukan akan mempercepat terjadinya tumbukan antar partikel reaktan sehingga memaksimalkan laju reaksi.

c. Konsentrasi reaktan

Konsentrasi dapat mempengaruhi laju reaksi. Konsentrasi yang tinggi menyebabkan banyaknya partikel sehingga memungkinkan lebih banyak tumbukan, dan itu membuka peluang semakin banyak tumbukan efektif yang menghasilkan perubahan reaktan terkonversi menjadi produk.

Tujuan dari penelitian ini adalah Mempelajari pengaruh temperatur terhadap pengurangan konsentrasi kalsium hidroksida pada sintesis hidroksiapatit dengan metode presipitasi dan menentukan kinetika reaksi sintesis hidroksiapatit pada variasi temperatur.

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kalsium oksida (CaO) (Merck, Jerman) sebagai sumber kalsium, asam fosfat (H_3PO_4) (Merck, Jerman) sebagai sumber fosfat. Aquades sebagai pelarut, buffer pH 10, indikator eriochrom black T (EBT) dan etilendiamina tetra asetat (EDTA) 0,1 M.

Alat yang dipakai

Alat-alat yang digunakan adalah timbangan analitik (Electric Scale, Indonesia), *furnace* (Nabertherm, Jerman), *rotary stirrer* (Heidolph, Jerman), *hot plate*, oven (Cosmos, Indonesia), *freezer* (Sanyo,

Jepang), *beaker glass*, labu ukur 250 ml, gelas ukur 100 ml, termometer raksa, cawan porselin, buret, statif dan klem, batang pengaduk, kertas saring, pipet volume 20 ml, pipet tetes dan *aluminium foil*.

Variabel Penelitian

Variabel yang akan dilakukan pada penelitian ini terbagi atas variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap yang digunakan yaitu perbandingan rasio molar Ca/P berlebih sebesar 1/1,8 M dan kecepatan pengadukan 300 rpm. Sementara variabel berubah yang digunakan adalah temperatur reaksi yang digunakan 40°C, 50°C, dan 60°C.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya, yaitu:

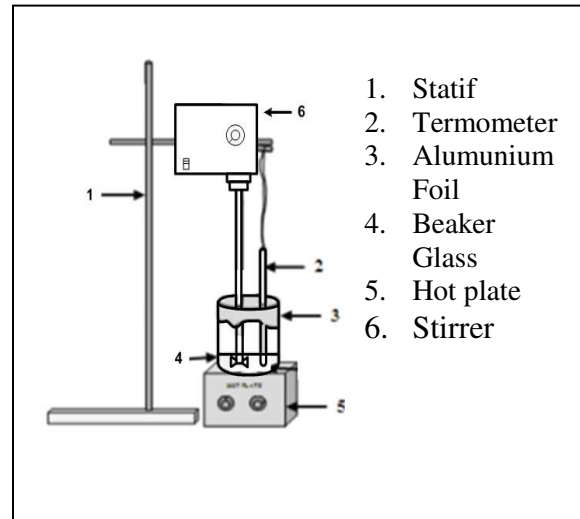
1. Persiapan Larutan Kalsium Hidroksida 1 M dan Asam Fosfat 1,8 M

Larutan kalsium hidroksida 1 M dibuat dengan melarutkan 8,27 gram kalsium oksida (CaO) dengan aquades sebanyak 200 ml. Untuk asam fosfat berdasarkan stoikiometri dibuat 0,6 M namun pada penelitian ini larutan asam fosfat dibuat dengan konsentrasi diperbesar tiga kali dari stoikiometri yaitu 1,8 M. Pembuatannya dengan cara mengencerkan asam fosfat (H₃PO₄) 17,45 M sebanyak 25,80 ml, kemudian ditambahkan aquades sampai 250 ml.

2. Sintesis Hidroksiapatit

Proses sintesis dimulai dengan pembuatan larutan kalsium hidroksida 1 M dengan cara memasukkan 8,27 gram CaO kedalam gelas kimia dan ditambahkan aquades sebanyak 200 ml sambil diaduk. Kemudian dimasukkan asam fosfat 1,8 M 100 ml. Proses titrasi sambil dipanaskan dengan temperatur 40°C diatas *hot plate* dan diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 300 rpm selama 60 menit. Larutan didalam gelas kimia diambil

sebanyak 20 ml setiap 10 menit. Selanjutnya endapan yang terbentuk disaring menggunakan kertas saring. Kemudian filtrat (cairan) yang didapatkan diuji menggunakan titrasi kompleksometri untuk menentukan konsentrasi kalsium hidroksida didalamnya. Rangkaian alat sintesis ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Rangkaian Alat Sintesis

3. Pengujian Filtrat

Filtrat akan diuji kadar kalsium yang belum terbentuk menjadi produk dengan cara titrasi kompleksometri. Kandungan kalsium dapat dihitung dengan rumus:

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

Keterangan :

V₁ : Volume filtrat (ml)

M₁ : Konsentrasi filtrat (mol)

V₂ : Volume EDTA yang digunakan (ml)

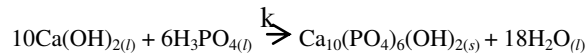
M₂ : Konsentrasi EDTA yang digunakan (mol)

3. Hasil dan Pembahasan

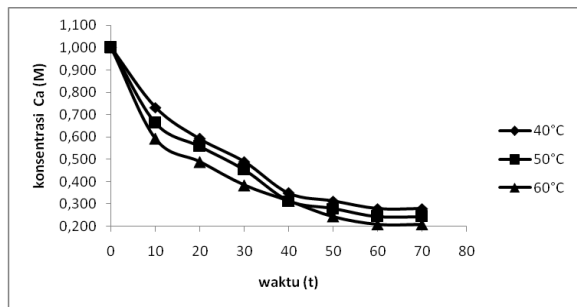
1. Perubahan Konsentrasi Kalsium hidroksida

Kalsium hidroksida dibuat dengan melarutkan CaO dengan aquades dengan konsentrasi awal (C_{AO}) sebesar 1 M.

Kalsium hidroksida akan direaksikan dengan asam fosfat sehingga akan terkonversi menjadi hidroksiapatit dengan reaksi sebagai berikut [Santhosh dan Prabu, 2012] :



Konsentrasi kalsium hidroksida akan mengalami pengurangan setiap waktu (C_A) selama proses berlangsung, karena kalsium hidroksida akan bereaksi dengan asam fosfat membentuk hidroksiapatit. Perubahan konsentrasi kalsium hidroksida didalam reaktor setiap waktunya di tunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan Konsentrasi kalsium hidroksida

Konsentrasi kalsium hidroksida akan mengalami pengurangan setiap waktu (C_A) selama proses berlangsung, karena kalsium hidroksida akan bereaksi dengan asam fosfat membentuk hidroksiapatit. Perubahan konsentrasi kalsium hidroksida didalam reaktor setiap waktunya di tunjukkan pada Gambar 2, dimana dapat dilihat bahwa waktu reaksi, temperatur reaksi berpengaruh terhadap pengurangan konsentrasi kalsium hidroksida didalam reaktor.

Gambar 2 menunjukkan semakin lama waktu sintesis maka jumlah pengurangan konsentrasi kalsium hidroksida semakin besar, hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak antar reaktan untuk bereaksi dan terkonversi membentuk produk (hidroksiapatit). Dengan semakin dinaikkan temperatur sintesis dapat mempengaruhi

pengurangan konsentrasi reaktan, dimana temperatur yang tinggi menyebabkan pengurangan konsentrasi reaktan semakin cepat dan pembentukan produk juga menjadi lebih cepat. Hal ini dikarenakan temperatur yang tinggi dapat meningkatkan energi kinetik partikel-partikel reaktan sehingga tumbukan antar partikel untuk bereaksi semakin cepat.

2. Pengujian Orde Reaksi Sintesis Hidroksiapatit

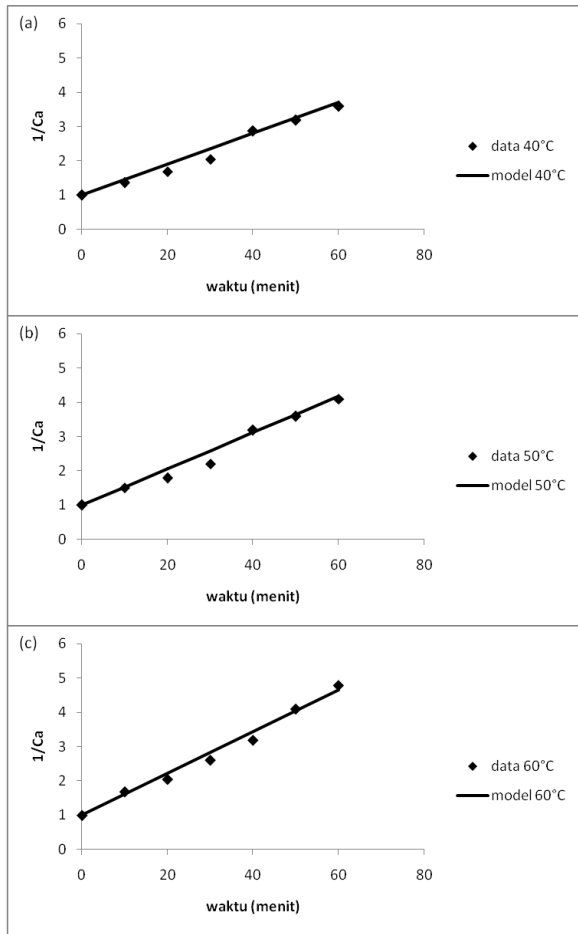
Metode yang digunakan pada penelitian ini untuk pengolahan data kinetika reaksi adalah metode integral. Pengujian orde dilakukan dengan membandingkan data dan model. Berikut ditampilkan gambar 3 untuk data pengadukan 300 rpm dengan suhu 40°C, 50°C dan 60°C untuk pengujian orde 2.

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa konsentrasi kalsium hidroksida didalam filtrat pada kecepatan pengadukan 300 rpm dan temperatur 40°C, 50°C dan 60°C pada penelitian ini dibandingkan model yang digunakan menunjukkan ralat sebesar 0,84% sampai 51,86%. Didapatkan ralat yang besar sehingga dilakukan pada uji orde dua. Pada uji orde dua didapatkan ralat berkisar antara 1,19% sampai 14,76%. Kecilnya persentase kesalahan yang didapat menunjukkan bawa sintesis hidroksiapatit dengan metode presipitasi mengikuti persamaan *pseudo second order*.

3. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Nilai Konstanta Kecepatan Reaksi

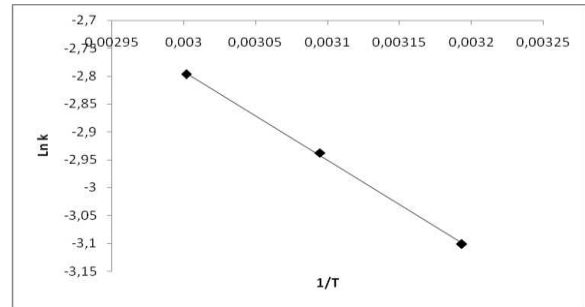
Semakin besar temperatur maka nilai dari konstanta reaksi semakin besar, hal ini menunjukkan bahwa temperatur dapat mempengaruhi nilai konstanta reaksi. kinetik pada partikel semakin besar sehingga memungkinkan terjadinya tumbukan untuk bereaksi. Dengan memplotkan nilai $\ln k$ terhadap $1/T$ maka akan didapatkan nilai k

overall berdasarkan persamaan Arrhenius dimana akan dihasilkan suatu grafik garis lurus seperti ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 3. Perbandingan Data dan Model Orde 2 pengadukan 300 rpm.

Kenaikan temperatur yang disertai kenaikan konstanta laju reaksi menyebabkan reaksi berjalan lebih cepat dikarenakan energi. Berdasarkan gambar 4 harga konstanta laju reaksi yang didapatkan adalah harga k overall yang dengan menggunakan persamaan Arrhenius dengan nilai k sebesar $k = 1,97e^{-(13194,37/RT)}$ dengan ralat sebesar 0,33% pada kecepatan pengadukan 300 rpm



Gambar 4. Hubungan $\ln k$ Terhadap $1/T$ Untuk Orde 2

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sintesis hidroksiapatit dengan metode presipitasi dipengaruhi oleh temperatur reaksi. Kinetika reaksi didapatkan mengikuti *pseudo second order* dengan nilai konstanta kecepatan reaksi dengan pendekatan Arrhenius sebesar $k = 1,97e^{-(13194,37/RT)}$.

Daftar Pustaka

- Amanda, G. (2014). *Survei kecelakaan lalu lintas di seluruh dunia*. Republika. Edisi 7 November 2014. Hal 2.
- Ardhiyantho, H. B. (2013). *Sintesis dan karakterisasi hidroksiapatit dari kalsit puger Kabupaten Jember sebagai material bone graft*. Universitas Jember.
- Dahlan, K. (2013). *Potensi kerang rangka sebagai sumber kalsium dalam sintesis biomaterial substitusi tulang*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Purwasasmita, B. S dan Gultom R. S., 2008, *Sintesis dan karakterisasi serbuk hidroksiapatit skala sub-mikron menggunakan metode presipitasi*. Jurnal Bionatura, 2 (10) : 155-167
- Santhosh, S dan Prabu, B. S., 2012, *Thermal stability of nano hydroxyapatite synthesized from sea shells through wet chemical synthesis*. Materials Letters, 97 : 121-124.

- Shojai, M. S., Khorasani, M. T., Khoshdargi, E. D., Jamshidi, A., 2012, *Synthesis methods for nanosized hydroxyapatite with diverse structures*. *Acta Biomaterialia*, 9 : 7591–7621
- Sopyan, I., Mel, M., Ramesh, S., dan Khalid, K. A. (2007). *Porous hydroxyapatite for artificial bone applications*. *Science and Technology of Advanced Materials*. 8: 116-123.
- Wahdah, I., Wardhani, S., Darjito., 2014, *Sintesis hidroksiapatit dari tulang sapi dengan metode basah-pengendapan*. *Kimia Student Journal*, 1 (1) : 92-97