

## Pengaruh pH terhadap Massa Kristal Tunggal Kalsium Tartrat Tetrahidrat (CaTT) dari Limbah Cangkang Telur Ayam dengan Metode Gel Metasilikat

### Effect of pH on The Single Crystal Mass of Calcium Tartrate Tetrahydrate (CaTT) from Chicken Egg Shell Waste with Metasilicate Gel Method

<sup>1)</sup>Angriyani Ahmad, <sup>2)</sup>Suriati Eka Putri, <sup>3)</sup>Muhammad Syahrir

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Kimia, Jalan Dg. Tata Raya, Makassar 90224

Makassar, Jl. Daeng Tata Telp.0411-864936, Fax.0411-880568

Email: [ekaputri\\_chem@unm.ac.id](mailto:ekaputri_chem@unm.ac.id)

#### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh pH awal gel terhadap massa kristal tunggal kalsium tartrat tetrahidrat dari cangkang telur ayam dengan metode gel metasilikat. Serbuk cangkang telur ayam yang telah dikalsinasi memiliki kandungan CaO sebesar 99,53%. Serbuk CaO dari cangkang telur ayam yang direaksikan dengan asam klorida (HCl) 1,5 M menghasilkan kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>). Kalsium klorida selanjutnya digunakan sebagai larutan supernatan dalam sintesis kristal tunggal kalsium tartrat tetrahidrat (CaTT). Natrium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) yang direaksikan dengan asam tartrat (C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>6</sub>) membentuk gel metasilikat dengan variasi pH awal gel (pH 3,50; 4,00; 4,50; 5,00 dan 5,50). Supernatan CaCl<sub>2</sub> berdifusi ke dalam gel dan membentuk kristal CaTT berwarna kuning bening yang tidak larut dalam akuades. pH awal gel berpengaruh pada massa kristal CaTT dimana pada pH rendah 3,50 dan 4,00 menghasilkan kristal dengan massa rata-rata 0,1722 g dan 0,2191 g, pada pH 4,50 sebesar 0,3003 g dan pada pH 5,00 dan 5,50 massa kristal yang dihasilkan berturut turut yaitu 0,2289 g dan 0,2116 g. Karakterisasi kristal hasil sintesis menggunakan XRD membuktikan bahwa kristal hasil sintesis adalah kristal CaTT tunggal dengan sistem kristal ortorombik.

**Kata kunci:** *Cangkang telur ayam, gel metasilikat, kalsium tartrat tetrahidrat*

#### ABSTRACT

This study aims to determine the effect of the initial pH of the gel on the single crystal mass of calcium tartrate tetrahydrate from chicken egg shell using the metasilicate gel method. The calcined chicken egg shell powder has a CaO content of 99.53%. CaO powder from chicken egg shells reacted with 1.5 M hydrochloric acid (HCl) produced calcium chloride (CaCl<sub>2</sub>). Calcium chloride is then used as a supernatant solution in the synthesis of single crystals of calcium tartrate tetrahydrate (CaTT). Sodium silicate (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) reacted with tartaric acid (C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>6</sub>) formed a metasilicate gel with a variation of the initial pH of the gel (pH 3.50; 4.00; 4.50; 5.00 and 5.50). The CaCl<sub>2</sub> supernatant diffuses into the gel and forms clear yellow CaTT crystals which are insoluble in distilled water. The initial pH of the gel affected the crystal mass of CaTT where at low pH 3,50 and 4,00 produced crystals with an average mass of 0,1722 g and 0,2191 g, at pH 4,50 of 0,3003 g and at pH 5,00 and 5,50 crystal masses produced were 0,2289 g and 0,2116 g, respectively. Characterization of crystals synthesized using XRD proves that the synthesized crystals are single CaTT crystals with orthorhombic crystal systems.

**Keywords:** *Chicken egg shell, metasilicate gel, calcium tartrate tetrahydrate*

## PENDAHULUAN

Telur merupakan sumber protein yang banyak manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari. Mulai pemanfaatannya sebagai lauk-pauk, bahan utama pembuatan kue hingga dijadikan sebagai masker pada wajah. Dari beragam pengolahan tersebut menyebabkan kebutuhan telur semakin meningkat sehingga menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan berupa cangkang telur.

Menurut data Badan Pusat Statistik (2009) cangkang telur sangat melimpah di Indonesia yaitu sebesar  $\pm 86,000$  ton atau 10 % dari produksi telur per tahunnya namun pengolahannya belum maksimal. Cangkang telur tersusun dari 94 %  $\text{CaCO}_3$ , 1 %  $\text{MgCO}_3$ , 1 %  $\text{CaPO}_4$ , dan 4 % senyawa organik (Saleha, dkk, 2015).

Hingga saat ini cangkang telur sudah mulai dimanfaatkan dalam sintesis hidroksiapatit sebagai pelapis pada implan tulang ke dalam tubuh manusia, namun pemanfaatannya pada sintesis kristal masih sangat jarang dilakukan sehingga penelitian ini diarahkan untuk mengembangkan sintesis kristal tunggal kalsium tartrat dari kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang terkandung pada cangkang telur ayam melalui tahap kalsinasi.

Kalsinasi berasal dari Bahasa Latin yaitu *calcinare* yang berarti membakar kapur. Proses kalsinasi pada umumnya diaplikasikan untuk dekomposisi kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) menjadi kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Normalnya proses kalsinasi dilakukan di bawah temperatur leleh (*melting point*) dari bahan produk. Untuk batu kapur, proses kalsinasi dilakukan pada temperatur antara 900-1000 °C (Rini dan Amilia, 2014).

Terdapat beberapa metode sintesis kristal, seperti difusi uap, metode padatan, hidrotermal, sol gel, dan gel metasilikat. Dari beberapa metode tersebut, gel metasilikat merupakan metode yang relatif sederhana dalam pembuatan dan peralatannya. Gel ini juga stabil pada suhu ruang hingga beberapa minggu serta tidak bereaksi dengan reaktan yang digunakan dan kristal yang dihasilkan sehingga inti kristal berpeluang tumbuh lebih besar. Gel metasilikat merupakan suatu polimer anorganik yang tersusun atas tautan silang Si-O-Si tiga dimensi serta memiliki rongga yang dapat digunakan sebagai tempat tumbuhnya kristal. Dengan menggunakan metode gel, ukuran kristal yang diperoleh diharapkan lebih besar dan memiliki kemurnian yang lebih tinggi (Suyono, dkk, 2013).

Kristal tunggal adalah suatu padatan yang atom-atom dalam molekul-molekulnya diatur dalam keterulangan. Kristal tunggal juga dapat didefinisikan sebagai kristal yang tumbuh dari inti kristal lain, sehingga membentuk kristal yang lebih besar dan mempunyai struktur kristal yang khas (Miligan, 1979).

Identifikasi kristal dilakukan dengan membandingkan harga  $d$  pada puncak-puncak difraktogram standar yang diambil dari JCPDS. Bila harga  $d$  antara sampel dan standar relatif sama maka puncak-puncak tersebut dihasilkan dari bidang difraksi yang sama pada struktur kristal yang sama. Sedangkan untuk memastikan bahwa kristal hasil sintesis juga memiliki sistem kristal ortorombik maka dianalisis dengan cara membandingkan harga  $d$  kristal hasil sintesis dengan harga  $d$  yang diperoleh dari rumus Bragg ( $d = \lambda / 2 \sin \theta$ , dimana  $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$ ) dan dari data hkl pada puncak-puncak tertinggi sesuai rumus struktur kristal ortorombik yaitu:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

dengan parameter sel standar kristal CaTT yaitu  $a = 9,627$ ;  $b = 10,560$ ;  $c = 9,215$  (Prananto, dkk, 2007).

## METODE PENELITIAN

### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya alat-alat gelas yang umum digunakan, lumpang dan alu, neraca analitik Cheetah® FA2204B, tanur Stuart, ayakan  $\leq 200$  mesh, *hot plate* Stuart®, *magnetic stirrer*, desikator, pinset, pH meter PH-009(I) dan alat instrumen XRF Thermo Scientific dan XRD Rigaku Miniflex II.

### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang telur ayam, akuades, HCl (asam klorida) 1,5 M, larutan Na- metasilikat 1 M, larutan asam tartrat 0,5 M dan plastik buah.

### Prosedur Kerja

#### 1. Preparasi sampel

Limbah cangkang telur dicuci hingga bersih kemudian dikeringkan. Selanjutnya cangkang telur dihaluskan menggunakan lumpang dan alu dan diperoleh serbuk cangkang sebanyak 704,7 g. Kemudian dikalsinasi pada suhu 900 °C selama 5 jam sampai terbentuk serbuk putih halus. Serbuk putih setelah kalsinasi diperoleh sebanyak 228,1 g, lalu diayak dengan ukuran  $\leq 200$  mesh, kemudian dianalisis kandungannya menggunakan XRF.

#### 2. Pembuatan Gel Metasilikat

Gelas kimia disiapkan sebagai wadah pembuatan gel metasilikat. Ke dalam gelas tersebut ditambahkan 5 mL larutan Na-metasilikat 1 M. Kemudian

ditambahkan larutan asam tartrat 0,5 M dan diaduk menggunakan *magnetik stirrer* hingga diperoleh pH 3,50. Larutan tersebut dituang ke dalam tabung reaksi dan ditutup. Selanjutnya dilakukan prosedur yang sama untuk pH 4,00; 4,50; 5,00 dan 5,50 dan didiamkan hingga terbentuk gel.

#### 3. Pembuatan Larutan Supernatan CaCl<sub>2</sub>

Serbuk CaO yang diperoleh ditimbang sebanyak 4 g dan dilarutkan dalam 95,2 mL HCl 1,5 M.

#### 4. Sintesis Kristal CaTT dengan Metode Gel Metasilikat

Larutan supernatan CaCl<sub>2</sub> diteteskan sebanyak 2,5 mL ke dalam gel metasilikat yang sudah terbentuk melalui dinding tabung. Kemudian tabung ditutup kembali dan didiamkan selama 8 hari. Setelah kristal terbentuk, gel dilarutkan dengan akuades dan didekantasi, kemudian kristal diambil dengan cara disaring kemudian dikeringkan dalam desikator. Kristal yang telah dikeringkan ditimbang. Kristal pada pH optimum yaitu pH 4,5 dikarakterisasi dengan menggunakan XRD.

#### 5. Karakterisasi Kristal Hasil Sintesis

Kristal tunggal CaTT dengan massa paling besar dikarakterisasi dengan XRD untuk mengetahui fasa kristalin. Hasil analisis tersebut kemudian dibandingkan dengan data JCPDS (*Joint on Committee Powder Diffraction Standart*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Preparasi Sampel Cangkang Telur

#### Ayam

Sampel abu cangkang telur ayam yang diperoleh berwarna putih setelah dilakukan pengabuan pada suhu 900°C selama 5 jam dan pengayakan

dengan ukuran  $\leq 200$  Mesh yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Pada tahap kalsinasi, kalsium karbonat terdekomposisi menjadi kalsium oksida. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Kalsinasi merupakan proses menghilangkan senyawa  $\text{CO}_2$  yang terdapat di dalam telur ayam sehingga membentuk  $\text{CaO}$ . Temperatur kalsinasi yang digunakan harus di atas  $800\text{ }^\circ\text{C}$  (Efendi, dkk, 2018). Abu  $\text{CaO}$  yang digunakan adalah abu yang lolos ayakan 200 Mesh. Pengayakan bertujuan untuk memperluas permukaan partikel abu  $\text{CaO}$ .

Sampel abu cangkang telur ayam yang telah diayak, kemudian dianalisis menggunakan XRF. Hasil analisis kandungan abu cangkang telur ayam ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi Abu Cangkang Telur Ayam

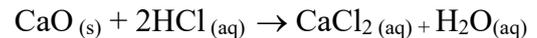
Senyawa	Persentase (%)
CaO	99,53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,394
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,0280
MoO <sub>3</sub>	0,0182
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0076
RuO <sub>4</sub>	0,0069
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0067
SnO <sub>2</sub>	0,0063

Analisis abu cangkang telur ayam dilakukan dengan menggunakan XRF untuk mengetahui kandungan logam oksidanya. Kadar  $\text{CaO}$  cangkang telur ayam yang diperoleh yaitu sebesar 99,53 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar  $\text{CaO}$  yang diperoleh sangat tinggi sehingga dapat digunakan pada pembuatan larutan supernatan  $\text{CaCl}_2$

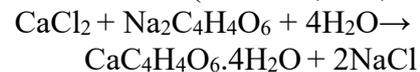
sebagai penyuplai ion  $\text{Ca}^{2+}$  dalam sintesis kristal  $\text{CaTT}$ .

## 2. Sintesis Kristal Tunggal Kalsium Tartrat Tetrahidrat ( $\text{CaTT}$ ) dari Cangkang Telur Ayam

Pembuatan larutan supernatan  $\text{CaCl}_2$  dilakukan dengan melarutkan abu cangkang telur ayam dengan  $\text{HCl}$  1,5 M. Ion  $\text{Cl}^-$  dari  $\text{HCl}$  yang telah terionisasi dalam  $\text{H}_2\text{O}$  akan berikatan dengan  $\text{CaO}$  sehingga menghasilkan  $\text{CaCl}_2$  dan molekul air. Reaksinya yaitu :



Larutan supernatan  $\text{CaCl}_2$  merupakan penyuplai kation  $\text{Ca}^{2+}$  yang akan bereaksi dengan tartrat di dalam gel berdasarkan reaksi (Prananto, dkk, 2007):



Sintesis kristal  $\text{CaTT}$  dilakukan dengan cara meneteskan  $\text{CaCl}_2$  melalui dinding tabung ke dalam gel. Penetesan supernatan dilakukan melalui dinding tabung agar pertumbuhan kristal dapat merata. Di dalam gel sebagian besar kristal terbentuk di bagian permukaan dengan ukuran yang kecil karena bagian permukaan gel merupakan pertemuan awal kedua reaktan sehingga membentuk inti kristal seketika. Namun semakin lama, supernatan berdifusi melalui celah-celah kristal yang sudah terbentuk sehingga kristal tumbuh seperti jarum-jarum (Ramadhani, 2017). Hal tersebut, terjadi pada kristal dengan pH gel 5,0 dan 5,5 karena teksturnya yang keras membuat supernatan sulit berdifusi sehingga kristal yang dihasilkan berbentuk serbuk dan jarum.

Supernatan yang mampu berdifusi ke bagian tengah gel dapat membentuk inti kristal yang tumbuh lebih besar karena besarnya laju pertumbuhan kristal di bagian tengah gel. Hal ini terjadi pada pH 3,5; 4,0 dan 4,5 yang

teksturnya lebih lunak membuat supernatan lebih mudah berdifusi ke tengah gel, sehingga kristal yang dihasilkan berbentuk butiran bulat. Dari hasil sintesis diperoleh kristal kuning bening yang tidak larut dalam akuades.



**Gambar 1.** Kristal CaTT Hasil Sintesis

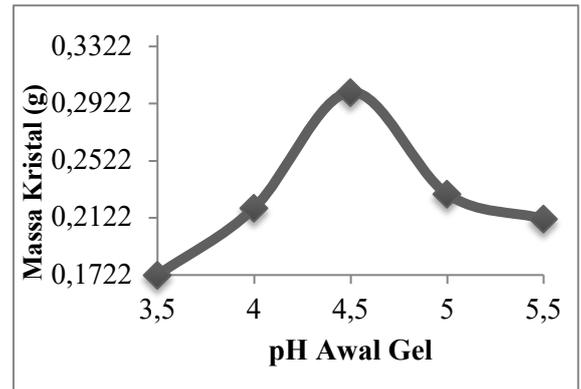
Massa kristal CaTT yang diperoleh berdasarkan variasi konsentrasi pH awal gel metasilikat, dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Massa Kristal CaTT pada Variasi pH Gel Metasilikat

Grafik hubungan antara pH gel

pH awal gel	Massa kristal rata-rata (g)
3,50	0,1722
4,00	0,2191
4,50	0,3003
5,00	0,2289
5,50	0,2116

metasilikat dengan massa kristal CaTT yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Massa Kristal CaTT pada Variasi pH Gel Metasilikat

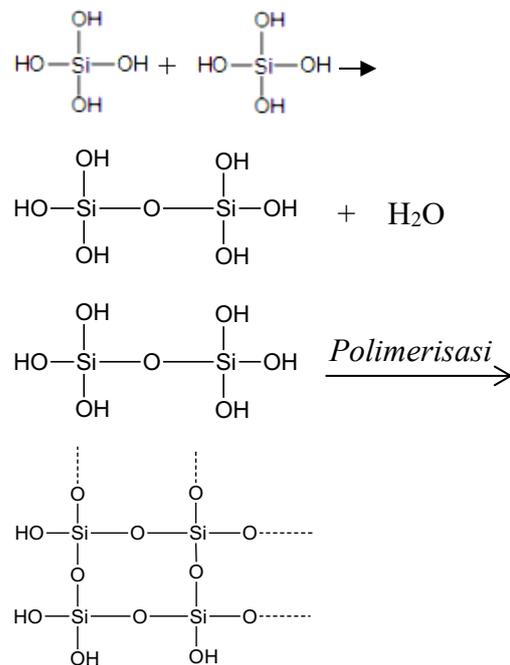
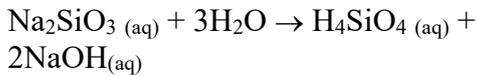
### 3. Pengaruh pH Gel Metasilikat terhadap Massa Kristal Kalsium Tartrat Tetrahidrat (CaTT)

Gel metasilikat dibuat dengan memvariasikan pH gel yaitu 3,50; 4,00; 4,50; 5,00 dan 5,50. Gel dengan pH awal 3,50 terbentuk pada hari ke-5 dan pH 4,00 dan 4,50 terbentuk pada hari ke-2 sedangkan pH 5,00 dan 5,50 terbentuk pada hari pertama. Hal ini menandakan gel pada pH rendah memiliki tekstur yang lebih lunak dibandingkan dengan gel pada pH yang pembentukannya terjadi pada hari pertama yang memiliki tekstur yang keras.



**Gambar 3.** Gel Metasilikat

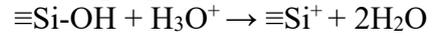
Gel metasilikat merupakan media tumbuh kristal CaTT yang dibuat dari campuran larutan natrium silikat dengan asam tartrat sebagai pengatur pH awal gel. Selain itu asam tartrat merupakan penyuplai anion tartrat dalam pembentukan kristal CaTT (Henisch dalam Prananto, dkk, 2007). Larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dalam akuabides akan terdispersi menjadi senyawa asam monosilikat, yaitu  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ . Asam monosilikat ini akan bergabung dengan asam monosilikat lainnya membentuk suatu polimer Si-O-Si dan gel metasilikat (Radiansyah, 2013).



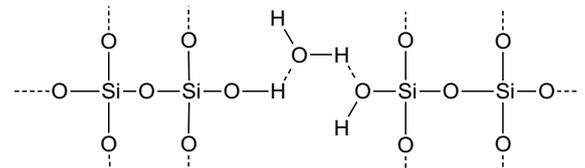
**Gambar 4.** Reaksi Polimerisasi Gel Metasilikat

Adanya sistem tiga dimensi pada gel memberikan tempat yang kondusif untuk terbentuknya inti kristal serta tumbuhnya kristal tunggal. Tekstur gel metasilikat sangat dipengaruhi oleh pH gel, dimana pada pH gel < 4,50 akan membentuk gel yang sangat lunak. Ketika

pH gel rendah maka konsentrasi ion  $\text{H}^+$  sangat besar sehingga semua gugus silanol ( $\equiv\text{Si-OH}$ ) akan terprotonasi sempurna membentuk ion silikonium ( $\equiv\text{Si}^+$ ) dan dua molekul air sebagai produk samping seperti reaksi berikut:

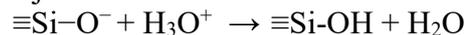


Jumlah molekul air di dalam gel tergantung banyaknya volume asam tartrat yang ditambahkan, semakin bertambah ion  $[\text{H}^+]$  maka semakin banyak molekul air di dalam gel yang menyebabkan rongga gel semakin renggang. Hal ini disebabkan karena adanya ikatan hidrogen antara molekul air dan dua molekul  $\equiv\text{Si-OH}$  sehingga gel yang terbentuk relatif lunak. Molekul air berperan sebagai jembatan antar  $\equiv\text{Si-OH}$  seperti pada Gambar 4.6.



**Gambar 5.** Ikatan Hidrogen antar  $\equiv\text{Si-OH}$

Sebaliknya, pada pH gel > 4,50 jumlah asam yang ditambahkan sangat sedikit sehingga membentuk gel yang relatif lebih keras. Kondisi ini menyebabkan jumlah air yang dihasilkan lebih sedikit sebagai hasil samping pembentukan gugus silanol pada pembentukan struktur gel seperti yang ditunjukkan reaksi berikut:



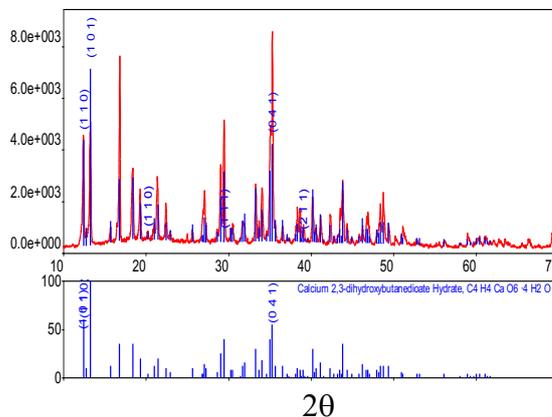
Gel yang terlalu lunak dan terlalu keras kurang sesuai sebagai media pertumbuhan Kristal, sehingga pH optimum gel yang diperoleh adalah pH 4,50

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa pH berpengaruh pada massa kristal CaTT dimana pada pH 3,50 dan 4,00 menghasilkan kristal dengan massa rata-

rata 0,1722 g dan 0,2191 g, sedangkan pada pH 4,50 massa kristal yang diperoleh sebanyak 0,3003 g dan pada pH 5,00 dan 5,50 massa yang diperoleh berturut turut yaitu 0,2289 g dan 0,2116 g.

#### 4. Karakteristik Kristal CaTT Hasil Sintesis

Karakterisasi menggunakan XRD dilakukan untuk mengetahui karakteristik kristal hasil sintesis. Kristal yang dikarakterisasi adalah kristal pada pH 4,50 yang merupakan pH optimum.



**Gambar 6.** Difraktogram Kristal CaTT Hasil Sintesis

Berdasarkan difraktogram pada Gambar tersebut, adanya puncak-puncak yang tajam menunjukkan bahwa hasil sintesis yang diperoleh merupakan kristal. Identifikasi kristal dilakukan dengan membandingkan difraktogram kristal CaTT yang dihasilkan dengan difraktogram standar pada *Joint on Committee Powder Diffraction Standard* (JCPDS). Jika nilai  $d$  hasil sintesis dengan nilai  $d$  standar JCPDS relatif sama maka puncak-puncak tersebut dihasilkan dari bidang difraksi yang sama pada struktur kristal yang sama.

**Tabel 3.** Perbandingan  $d$  kristal CaTT Hasil Sintesis dengan standar JCPDS

JCPDS		Kristal hasil sintesis	
$2\theta$	$d$	$2\theta$	$d$
12,42	7,120	12,39	7,136
13,28	6,660	13,24	6,677
16,78	5,280	16,80	5,270
18,43	4,810	18,38	4,821
29,45	3,030	29,45	3,030
33,32	2,687	33,28	2,689
35,02	2,560	35,02	2,559
35,34	2,538	35,29	2,540
40,21	2,241	40,15	2,243
43,85	2,063	43,83	2,063

Tabel 3 menunjukkan bahwa hanya sedikit perbedaan antara nilai  $d$  standar JCPDS dengan nilai  $d$  hasil sintesis, sehingga dapat disimpulkan bahwa puncak-puncak kristal CaTT yang dihasilkan berasal dari bidang difraksi yang sama pada struktur kristal yang sama.

Kristal tunggal CaTT hasil sintesis memiliki nilai sel standar  $a, b$  dan  $c$  yaitu berturut-turut yaitu 9,63, 10,57 dan 9,22 dengan sudut  $\alpha, \beta$  dan  $\gamma$  yaitu  $90^\circ$  hal ini sesuai dengan parameter sel standar sistem ortorombik dimana  $a \neq b \neq c$  dan  $\alpha = \beta = \gamma$  yaitu  $90^\circ$  (Sugiyarto, 2001).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. pH berpengaruh terhadap massa kristal CaTT dimana pada pH 3,50 dan 4,00 menghasilkan kristal dengan massa rata-rata 0,1722 g dan 0,2191 g, pada pH 4,50 massa kristal yang diperoleh sebesar 0,3003 g. Sedangkan pada pH 5,00 dan 5,50 massa kristal berturut turut yaitu 0,2289 dan 0,2116
2. Kristal CaTT hasil sintesis berwarna kuning bening dan tidak larut dalam akuades. Berdasarkan hasil analisis XRD menunjukkan bahwa kristal yang diperoleh adalah kristal CaTT dengan fase ortorombik.

### B. Saran

Adapun hal-hal yang disarankan berkaitan dengan penyempurnaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan sterilisasi terhadap wadah gel yang digunakan agar gel yang terbentuk tidak ditumbuhi jamur.
2. Untuk hasil maksimal sebaiknya digunakan wadah gel yang datar sehingga pada proses pembentukan gel, gel tidak mengalami guncangan yang dapat merusak struktur gel sehingga menghasilkan kristal dengan bentuk dan massa yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Efendi, Syahrial, Farida Hanum Hamzah dan Akhyar Ali. 2018. Konsentrasi Katalis CaO dari Cangkang Telur Ayam pada Proses Transesterifikasi Biodiesel Minyak Biji Pangi. *Jom FAPERTA* Vol.5 No.1
- Henisch, H.K. 1988. *Crystal in Gel and Liesegang Rings*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Miligan. 1979. *McGraw-Hill Concise Encyclopedia of Science and Technology*. New York: McGraw-Hill Publishing Co.
- Prananto, Y.P., M. M. Khunur dan S. Mutrofin. 2007. Sintesis Kristal Tunggal Kalsium Tartrat tetrahidrat ( $\text{CaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) dari Limbah Kalsium Oksalat ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ) Nira Tebu dengan Metode gel metasilikat. *Jurnal Natural*. Vol.11 No.1.
- Prananto, Y.P., M. M. Khunur, R.T. Tjahjanto, Sakdi dan M.C. Basori. 2012. Utilization of Stall (*Achatina Fulica*) Shell Waste for Synthesis of Calcium Tertrate Tetrahydrate ( $\text{CaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) Single Crystal in Silica Gel. *Jurnal Trop.Life Science*. Vol.2 No.1. Hal.8-9.
- Radiansyah, M.A., Mohammad Misbah .K dan Yuniar P.P. 2013. Pengaruh pH Pada Reduksi Au(III) menjadi Au dalam Gel Metasilika. *Kimia Student Journal*. Vol.1 No.1.
- Ramadhani, Y. F. 2017. Pengaruh pH Terhadap Sintesis Gel Metasilikat Dari Sekam Padi Sebagai Media Tumbuh Kristal Tunggal Kalsium Tartrat Tetrahidrat ( $\text{CaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). *Skripsi*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- Rini, S., Nurhayati dan Amilia, L. 2014. Produksi Biodisel Dari Minyak Goreng Bekas Menggunakan Katalis CaO Cangkang Kerang Darah Kalsinasi 900°C. *JOM*. Vol.1 No.2
- Saleha, Mutmainnah Halik, Nuur Annisa, Sudirman dan Subaer. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Nanopartikel Kalsium Oksida (CaO) Cangkang

Telur untuk Aplikasi Dental Implan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY*. ISSN: 0853-0823.

Sugiyarto, Kristian H. 2001. *Kimia Anorganik II Dasar-Dasar Kimia Anorganik Logam*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY.

Suyono, Mohammad Misbah Khunur dan Yuniar Ponco Prananto. 2013. Studi Awal tentang Pertumbuhan Kristal tunggal kromium (III) Disianamida dalam Gel Metasilikat. *Kimia Student Journal*. Vol.1 No.2.