

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KALSIUM SILIKAT BERBAHAN
DASAR CANGKANG KERANG DARAH PADA SUHU
KALSINASI 1100 °C**

(Skripsi)

Oleh
Neta Oktavia



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF SILICATE CALCIUM WITH BLOOD COCKLE SHELLS AS RAW MATERIALS ON THE TEMPERATURE 1100 °C CALCINATION

By

NetaOktavia

Calcium silicate can be synthesized using conventional method that is solid state reaction method by using rice husk as source of silica and blood cockle shell as source of CaCO_3 and by using commercial CaCO_3 as raw materials then calcined at 1100 °C. The DTA/TGA results show there are decomposition phase of CaCO_3 and exothermic peaks that remarked crystallization process to the samples, it is considerably noticed on the X-Ray Diffraction there was a transformation from $\beta\text{-CaSiO}_3$ to $\alpha\text{-CaSiO}_3$ phase and emergence of CaSiO_3 phase as minor phase. The FTIR spectrum of both samples show that there was a characteristic peaks of the functional group present in the calcium silicate that is Si-O-Ca peak. Afterward, SEM morphology shows particle of acicular shaped and that size particle of blood cockle shells calcium silicate is smaller that is 0.29 μm compared with CaCO_3 calcium silicate size is 0.33 μm .

Keywords: Blood cockle shells, calcium silicate, $\beta\text{-CaSiO}_3$, $\alpha\text{-CaSiO}_3$, calcination.

ABSTRAK

PREPARASI DAN KARAKTERISASI KALSIUM SILIKAT BERBAHAN DASAR CANGKANG KERANG DARAH PADA SUHU KALSINASI 1100 °C

Oleh

Neta Oktavia

Kalsium silikat dapat di sintesis dengan menggunakan metode konvensional yaitu metode reaksi padatan dengan menggunakan bahan dasar sekam padi sebagai sumber silika dan cangkang kerang darah sebagai sumber CaCO_3 serta dengan menggunakan CaCO_3 komersil yang kemudian di kalsinasi pada suhu 1100 °C. Hasil DTA/TGA memperlihatkan adanya dekomposisi fasa CaCO_3 dan masih adanya puncak-puncak eksotermik yang menandai adanya proses kristalisasi pada sampel, hal ini dapat dilihat pula pada pola XRD bahwa adanya transformasi dari fasa -CaSiO_3 menjadi -CaSiO_3 serta mulai munculnya fasa CaSiO_3 sebagai fasa minor. Spektrum FTIR pada kedua sampel memperlihatkan bahwa terdapat puncak karakteristik dari gugus fungsi kalsium silikat yaitu adanya puncak Si-O-Ca. Selain itu, morfologi SEM memperlihatkan partikel berbentuk *acicular* dengan ukuran partikel kalsium silikat cangkang kerang darah lebih kecil yaitu $0,29 \mu\text{m}$ dibandingkan dengan kalsium silikat CaCO_3 yaitu $0,33 \mu\text{m}$.

Kata kunci: Cangkang kerang darah, kalsium silikat, -CaSiO_3 , -CaSiO_3 , kalsinasi.

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KALSIUM SILIKAT BERBAHAN
DASAR CANGKANG KERANG DARAH PADA
SUHU KASINASI 1100 °C**

Oleh

Neta Oktavia

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS**

pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi

: **PREPARASI DAN KARAKTERISASI
KALSIUM SILIKAT BERBAHAN DASAR
CANGKANG KERANG DARAH PADA SUHU
KALSINASI 1100 °C**

Nama Mahasiswa

: **Neta Oktavia**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1317041027

Jurusan

: **Fisika**

Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Dosen Pembimbing

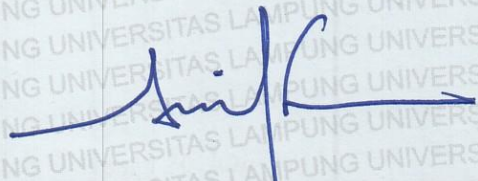
Pembimbing I

Pembimbing II


Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.
NIP 19631228 198610 2 001


Drs. Ediman Ginting Suka, M.Si.
NIP 19570825 198603 1 002

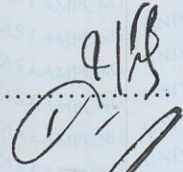
2. Ketua Jurusan Fisika


Arif Surtano, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP. 19710909 200012 1 001

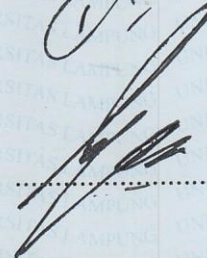
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

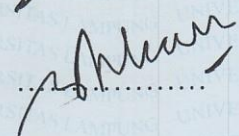
Ketua : **Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.**



Penguji Pembimbing : **Drs. Ediman Ginting, M.Si.**



Bukan Pembimbing : **Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D.
NIP. 19710212 199512 1 001.

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : *26 Juni 2018.*

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang telah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis disebut dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung,

2018



Neta Oktavia
NPM: 1317041027

RIWAYAT HIDUP

Penulis yang bernama lengkap Neta Oktavia, dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 12 Oktober 1995 dan merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Nirwan dan Ibu Ernawati. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Perumnas Way Kandis Bandar Lampung pada tahun 2007, melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 21 Bandar Lampung pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 3 Bandar Lampung pada tahun 2013.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2013. Selama menempuh pendidikan penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Sains Dasar Fisika, Asisten Praktikum Fisika Dasar I, Asisten Prktikum Pemrograman Komputer, Asisten Praktikum Optika, dan Asisten Praktikum Biokeramik. Penulis malakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian Metalurgi dan Material (P2MM)-LIPI pada tahun 2016 dengan judul “ *Pengujian Laju Korosi Baja Tahan Karat Martensitik 13Cr3Mo3Ni*”.

MOTTO

*“All our dreams can come true if we have the courage to
pursue them”*

(Walt Disney)

“Man Jadda WaJadda”

Bismillahirrohmanirrohim

Dengan mengucapkan syukur kepada ALLAH SWT

Ku persembahkan karya ini kepada:

“Kedua orang tua ku tercinta, ABI dan IBU yang selalu menjadi penyemangat ku dalam segala hal serta terimakasih atas doa dan pengorbanan yang telah diberikan kepada putrimu ini”

Kedua saudari ku tersayang, Nidia A dan Diana Sari Y yang telah memberikan banyak motivasi dan selalu mendukung ku

Fisika 2013

“Almamater Tercinta”

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadirat Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Preparasi dan Karakterisasi Kalsium Silikat Berbahan Dasar Cangkang Kerang Darah Pada Suhu Kalsinasi 1100 °C”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh derajat sarjana S-1 program studi Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis tentu saja sudah berusaha melakukan yang terbaik dalam penyelesaian skripsi ini, walaupun begitu skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih memiliki kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik pembaca guna perbaikan pada masa mendatang. Dalam penulisan skripsi ini juga penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam pengambilan data dan penyelesaian skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 2018

Neta Oktavia

SANWACANA

Penulisan skripsi ini tentu tidak terlepas dari bantuan semua pihak yang tulus membantu, membimbing dan mendoakan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si.,Ph.D selaku pembimbing I yang tulus mengajari dan membantu penulis dalam penelitian, membimbing dan memberikan pemahaman.
2. Bapak Drs. Ediman Ginting Suka, M.Si., selaku pembimbing II yang senantiasa memberikan masukan-masukan serta nasihat untuk menyelesaikan penelitian.
3. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis dan koreksi dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Prof. Posman Manurung, Ph.D., selaku dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Arif Surtono, M.Si., M.Eng., selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Prof. Dr. Warsito, D.E.A., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Abi dan ibu serta kakak dan adikku yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

8. Teman penelitianku Mardianto, Fauza Ramadhan Nekola dan Elisa puspita, terimakasih atas kerjasama, kesabaran dan bantuannya dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Sahabatku Windy Mustika Sari, Risca Adriana, Reza Andika, dan Herullah serta teman-teman fisika 2013. Terimakasih atas bantuan, dukungan, serta keceriaan yang telah diberikan kepada penulis selama menyelesaikan penelitian ini.
10. Semua pihak yang turut terlibat dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga atas segala bantuan, doa, motivasi, dan dukungan menjadi yang terbaik untuk penulis. Penulis berharap kiranya skripsi ini bermanfaat bagi semuanya.

Bandar Lampung, 2018
Penulis

Neta Oktavia

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWANCANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	6

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biokeramik	7
2.2 Kalsium Silikat (CaSiO_3)	8
2.3 Struktur Kristal Kalsium Silikat (CaSiO_3)	9
2.4 Silika (SiO_2)	12
2.4.1 Struktur Kristal Polimorf Silika (SiO_2)	14
2.4.2 Silika Sekam Padi	17
2.5 Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	18
2.6 Penelitian Terkait Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	20
2.6.1 Sintesis Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Sebagai CaCO_3	20
2.6.2 Sintesis Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Sebagai Hidroksiapatit	21
2.7 Kalsium Karbonat (CaCO_3)	22
2.8 Metode Sintesis Kalsium Silikat (CaSiO_3)	25
2.8.1 <i>Solid State Reaction</i> (Reaksi Padatan)	26
2.8.2 Metode <i>Sol-gel</i>	27
2.8.3 Metode hidrotermal	28

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	30
3.2.1 Alat Penelitian	30
3.2.2 Bahan Penelitian	31
3.3 Metode Penelitian	31
3.3.1 Preparasi Kalsium Karbonat (CaCO_3) dari Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	32
3.3.2 Ekstraksi Silika (SiO_2) dari Sekam Padi	33
3.3.3 Sintesis Kalsium Silikat (CaSiO_3) dengan Metode <i>Solid State Reaction</i>	35
3.4 Karakterisasi Kalsium Silikat (CaSiO_3)	36
3.4.1 Karakterisasi DTA/TGA	36
3.4.2 Karakterisasi XRD	36
3.4.3 Karakterisasi SEM-EDX.....	37
3.4.4 Karakterisasi FTIR	38
3.5 Diagram Alir Penelitian	39

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Thermal Sampel Menggunakan <i>Differential Thermal Analysis</i> (DTA)/ <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA)	41
4.2 Analisis Difraksi Sinar-X (XRD)	47
4.3 Analisis <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR)	54
4.4 Analisis <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	63

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 71
5.2 Saran 72

DAFTAR PUSTAKA 73

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur kristal kalsium silikat (CaSiO_3) di gambar kembali dengan program VESTA	10
Gambar 2. Struktur kristal <i>parawollastonite</i> (-CaSiO_3) di gambar kembali dengan program VESTA	11
Gambar 3. Struktur kristal <i>pseudowollastonite</i> (-CaSiO_3) di gambar kembali dengan program VESTA.....	12
Gambar 4. Struktur kristal silika (SiO_2) di gambar kembali dengan program VESTA	13
Gambar 5. Struktur kristal <i>quartz</i> di gambar kembali dengan program VESTA	15
Gambar 6. Struktur kristal <i>cristobalite</i> di gambar kembali dengan program VESTA	15
Gambar 7. Struktur kristal <i>tridymite</i> di gambar kembali dengan program VESTA	16
Gambar 8. Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>).....	19
Gambar 9. Struktur kristal CaCO_3 fase <i>aragonite</i> di gambar kembali dengan program VESTA	23
Gambar 10. Struktur kristal CaCO_3 fase <i>calcite</i> di gambar kembali dengan program VESTA	24
Gambar 11. Struktur kristal CaCO_3 fase <i>vaterite</i> di gambar kembali dengan program VESTA.....	25
Gambar 12. Diagram alir sintesis kalsium silikat	40
Gambar 13. Grafik DTA kalsium silikat cangkang kerang darah	41

Gambar 14. Grafik TGA kalsium silikat cangkang kerang darah	42
Gambar 15. Grafik DTA kalsium silikat CaCO_3	43
Gambar 16. Grafik TGA kalsium silikat CaCO_3	44
Gambar 17. Grafik gabungan DTA (a) kalsium silikat CaCO_3 dan (b) kalsium silikat cangkang kerang darah	45
Gambar 18. Grafik gabungan TGA (a) kalsium silikat CaCO_3 dan (b) kalsium silikat cangkang kerang darah	46
Gambar 19. Pola XRD bahan dasar silika sekam padi	47
Gambar 20. Pola XRD bahan dasar cangkang kerang darah (simbol; $c = \text{calcite}$, $H = \text{Ca(OH)}_2$)	48
Gambar 21. Pola XRD bahan dasar CaCO_3 komersil (simbol; $c = \text{calcite}$)	49
Gambar 22. Pola XRD bahan dasar (a) CaCO_3 komersil dan (b) cangkang kerang darah (simbol; $c = \text{calcite}$, $H = \text{Ca(OH)}_2$)	50
Gambar 23. Pola XRD kalsium silikat cangkang kerang darah (simbol; $A = -\text{CaSiO}_3$, $B = -\text{CaSiO}_3$, dan $W = \text{CaSiO}_3$)	51
Gambar 24. Pola XRD kalsium silikat CaCO_3 (simbol; $A = -\text{CaSiO}_3$, $B = -\text{CaSiO}_3$, dan $W = \text{CaSiO}_3$)	52
Gambar 25. Pola XRD (a) kalsium silikat CaCO_3 dan (b) kalsium silikat cangkang kerang darah (simbol; $A = -\text{CaSiO}_3$, $B = -\text{CaSiO}_3$, dan $W = \text{CaSiO}_3$)	53
Gambar 26. Spektrum FTIR bahan dasar silika sekam padi	54
Gambar 27. Spektrum FTIR bahan dasar cangkang kerang darah	55
Gambar 28. Spektrum FTIR bahan dasar CaCO_3 komersil	56
Gambar 29. Spektrum FTIR bahan dasar (a) CaCO_3 komersil dan (b) cangkang kerang darah	58
Gambar 30. Spektrum FTIR kalsium silikat cangkang kerang darah	59
Gambar 31. Spektrum FTIR kalsium silikat CaCO_3 komersil	60
Gambar 32. Spektrum FTIR (a) kalsium silikat CaCO_3 dan (b) kalsium silikat cangkang kerang darah	62

Gambar 33. Morfologi SEM bahan dasar silika sekam padi	63
Gambar 34. Hasil EDX bahan dasar silika sekam padi	64
Gambar 35. Morfologi SEM bahan dasar (a) cangkang kerang darah dan (b) CaCO ₃ komersil	65
Gambar 36. Hasil EDX bahan dasar (a) cangkang kerang darah dan (b) CaCO ₃ komersil	66
Gambar 37. Morfologi SEM (a) kalsium silikat cangkang kerang darah dan (b) kalsium silikat CaCO ₃	67
Gambar 38. Hasil EDX (a) kalsium silikat cangkang kerang darah dan (b) kalsium silikat CaCO ₃	69

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Karakteristik silika (SiO_2)	14
Tabel 2. Komposisi kimia abu sekam padi	17
Tabel 3. Klasifikasi kerang darah (<i>Anadara granosa</i>)	18

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pembuatan keramik, gelas, semen, cat, kertas, dan plastik memanfaatkan bahan biokeramik kalsium silikat (CaSiO_3) sebagai bahan bakunya (Vichaphund *et al.*, 2014; Rashid *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2005), karena kalsium silikat (CaSiO_3) ini memiliki kombinasi sifat seperti stabilitas termal, ekspansi termal rendah, dan konduktivitas termal yang rendah (Chakradhar *et al.*, 2006; Harabi and Chehlatt, 2013). Selain itu, kalsium silikat (CaSiO_3) juga dimanfaatkan dalam bidang medis karena kalsium silikat (CaSiO_3) memiliki bioaktivitas dan biokompatibilitas yang baik (Lin *et al.*, 2005; Chehlatt *et al.*, 2015) sehingga dapat diaplikasikan sebagai bahan implan yang biasanya digunakan dalam substitusi tulang (Jagadale *et al.*, 2013) karena porositasnya mirip dengan tulang (Meiszterics and Sinko, 2011).

Kalsium silikat atau biasa dikenal dengan *wollastonite* memiliki formula kimia CaSiO_3 yang merupakan hasil reaksi dari kalsium oksida (CaO) dan silika (SiO_2). Kalsium silikat (CaSiO_3) merupakan senyawa kimia yang berwarna putih kekuningan dan memiliki kandungan kalsium (Ca), silikon (Si), dan oksigen (O_2)

(Phuttawong *et al.*, 2015). Kalsium silikat (CaSiO_3) ini memiliki komposisi teoritis yaitu kalsium oksida (CaO) sebesar 48,3 % dan silika (SiO_2) 51,7 % (Yazdani *et al.*, 2010). Kalsium silikat (CaSiO_3) dapat disintesis menggunakan bahan baku komersil dan non komersil, bahan baku non komersil yang biasa digunakan merupakan bahan yang mudah ditemui seperti silika (SiO_2) dari sekam padi dan pembuatan kalsium oksida (CaO) yang diperoleh dari hasil pemanasan kalsium karbonat (CaCO_3) yang terkandung dalam cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) (Islam *et al.*, 2011; Anggraini, 2016; Mohamed *et al.*, 2012). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Phuttawong *et al.* tahun 2015 bahwa abu sekam padi memiliki kandungan silika (SiO_2) sebesar 91,50 %, dan penelitian mengenai cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) telah dilakukan oleh Mohamed *et al.* pada tahun 2012 bahwa kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang terkandung dalam cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) adalah sebesar 98,99 %.

Dalam mensintesis kalsium silikat (CaSiO_3) ini ada berbagai macam metode yang dapat digunakan seperti metode *sol-gel* (Wang *et al.*, 2008; Luyt *et al.*, 2009), metode hidrotermal (Puntharod *et al.*, 2013; Yazdani *et al.*, 2010), dan *solid state reaction* (Shukur *et al.*, 2014; Obeid, 2014). Namun, salah satu metode konvensional yang digunakan dalam pembuatan kalsium silikat (CaSiO_3) adalah *solid state reaction* (reaksi padatan), karena *solid state reaction* ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode lainnya yaitu tidak beracun, ramah lingkungan, bebas sampah sintetik, dan murah dalam biaya pembuatannya (Phuttawong *et al.*, 2015).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bahwa telah terjadi transisi fase β - CaSiO_3 dan α - CaSiO_3 pada kalsium silikat (CaSiO_3), dari penelitian yang telah dilakukan oleh Nizami pada tahun 2003 yaitu mensintesis kalsium silikat (CaSiO_3) dengan menggunakan silika (SiO_2) dari sekam padi dan kalsium oksida (CaO) dari batu kapur dengan menggunakan metode *solid state reaction*, terlihat bahwa fase β - CaSiO_3 terbentuk pada suhu $1200\text{ }^\circ\text{C}$ dan fase α - CaSiO_3 terbentuk pada suhu $1300\text{ }^\circ\text{C}$. Sedangkan, penelitian yang serupa juga telah dilakukan oleh Shukur *et al.* pada tahun 2014, dengan menggunakan metode yang sama Shukur *et al.* mensintesis kalsium silikat (CaSiO_3) dari pasir silika (99,56 wt%) dan kalsium oksida (CaO) dari batu kapur dengan penambahan sedikit boron trioksida (B_2O_3). Namun, pada penelitian ini fase β - CaSiO_3 terbentuk pada suhu $1050\text{ }^\circ\text{C}$ dan berubah menjadi fase α - CaSiO_3 pada suhu $1150\text{ }^\circ\text{C}$. Kemudian, penelitian lain mengenai kalsium silikat (CaSiO_3) dilakukan pula oleh Phuttawong *et al.* pada tahun 2015 dengan menggunakan metode *solid state reaction* mensintesis silika (SiO_2) dari abu sekam padi dan kalsium oksida (CaO) dari cangkang siput (*Pomacea canaliculata*) dengan menggunakan waktu penggilingan selama 5-8 jam terlihat bahwa pada waktu penggilingan 7 jam yang dikalsinasi pada suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam maka terbentuklah kalsium silikat (CaSiO_3). Oleh sebab itu, penelitian ini menarik untuk dilakukan karena adanya variasi suhu dalam pembentukan kalsium silikat (CaSiO_3).

Berdasarkan uraian di atas maka mendorong penulis untuk melakukan penelitian mengenai preparasi dan karakterisasi kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah pada suhu kalsinasi $1100\text{ }^\circ\text{C}$. Dengan melakukan analisis karakterisasi menggunakan *Thermal Analysis* (DTA/TG) untuk mengetahui

analisis termal, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal, *Scanning Electron Microscop-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) untuk mengetahui mikrostruktur dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsional.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mensintesis kalsium silikat (CaSiO_3) berbahan dasar silika sekam padi dan kalsium karbonat dari cangkang kerang darah serta kalsium silikat CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan?
2. Bagaimana sifat termal kalsium silikat berbahan dasar silika sekam padi dan cangkang kerang darah serta kalsium silikat CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi $1100\text{ }^\circ\text{C}$?
3. Bagaimana fasa yang terbentuk pada kalsium silikat berbahan dasar silika sekam padi dan cangkang kerang darah serta kalsium silikat CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi $1100\text{ }^\circ\text{C}$?
4. Bagaimana karakteristik morfologi kalsium silikat berbahan dasar silika sekam padi dan cangkang kerang darah serta kalsium silikat CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi $1100\text{ }^\circ\text{C}$?
5. Bagaimana gugus fungsi yang terbentuk dari kalsium silikat berbahan dasar silika sekam padi dan cangkang kerang darah serta kalsium silikat CaCO_3

komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi 1100 °C?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini meliputi:

1. Mensintesis kalsium silikat (CaSiO_3) berbahan dasar silika sekam padi dan kalsium karbonat dari cangkang kerang darah serta CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan.
2. Mengetahui sifat termal kalsium silikat berbahan dasar silika sekam padi dan cangkang kerang darah serta CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi 1100 °C.
3. Mengetahui fasa yang terbentuk pada kalsium silikat berbahan dasar silika sekam padi dan cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi 1100 °C.
4. Mengetahui karakteristik morfologi kalsium silikat berbahan dasar silika sekam padi dan cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi 1100 °C.
5. Mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dari kalsium silikat berbahan dasar silika sekam padi dan cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi 1100 °C.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Sintesis kalsium silikat dilakukan dengan metode reaksi padatan (*solid state reaction*) pada suhu kalsinasi 1100 °C.
2. Bahan yang digunakan adalah silika (SiO₂) dari sekam padi dan kalsium karbonat (CaCO₃) dari cangkang kerang darah serta CaCO₃ komersil sebagai kontrol.
3. Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan *Differential Thermal Analyzer–Thermogravimetric Analysis* (DTA-TGA), *X-Ray Diffractometer* (XRD), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) dan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Dapat mensintesis dan mengetahui mikrostruktur, struktur kristal, gugus fungsi dan sifat termal pembuatan biokeramik kalsium silikat menggunakan bahan dasar dari cangkang kerang darah dan sekam padi.
2. Menjadi bahan acuan bagi penelitian berikutnya yang ingin meneruskan mengenai pembuatan bahan dasar kalsium silikat dari bahan baku cangkang kerang darah dan sekam padi dengan perlakuan yang berbeda.
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif dalam pemilihan bahan dasar untuk pembuatan kalsium silikat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Teori yang dibahas dalam tinjauan pustaka ini terdiri dari beberapa konsep dasar menjelaskan tentang beberapa teori yang mendukung topik penelitian. Pembahasan dimulai dengan penjelasan mengenai biokeramik, kalsium silikat (CaSiO_3), struktur kristal kalsium silikat (CaSiO_3), silika (SiO_2), kerang darah (*Anadara granosa*), penelitian terkait cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), kalsium karbonat (CaCO_3) dan metode sintesis kalsium silikat (CaSiO_3).

2.1 Biokeramik

Biokeramik adalah keramik yang digunakan dalam bidang medis untuk kesehatan tubuh dan gigi pada manusia. Biokeramik merupakan komponen yang banyak digunakan dalam bidang medis karena memiliki karakteristik yaitu kekuatan mekanik (kekerasan) sebesar 230-260 Hv, porositas serupa dengan tulang yaitu 15-25 m²/g, dan kelarutan dalam air dan SBF (*simulated body fluid*) yang rendah berkisar 1-3 % (Meiszterics and Sinko, 2011). Biokeramik memiliki kelebihan yaitu memiliki sifat biokompatibilitas yang baik terhadap sel-sel tubuh dibandingkan dengan biomaterial polimer atau logam (Malhotra *et al.*, 2014). Salah satu bahan biokeramik yang telah terbukti sangat potensial untuk menjadi aplikasi biomedis adalah kalsium silikat (CaSiO_3) karena sifat osteogenik yang

dimilikinya (Chen *et al.*, 2015) yang biasa digunakan sebagai bahan substitusi tulang dan gigi (Jagadale *et al.*, 2013). Oleh karena itu, kalsium silikat (CaSiO_3) sangat dibutuhkan sebagai implan biokeramik karena memiliki kepadatan dan kekuatan yang cocok untuk meniru tulang (Billotte, 2000).

2.2 Kalsium Silikat (CaSiO_3)

Kalsium silikat (CaSiO_3) sering disebut juga dengan *wollastonite*, kalsium silikat (CaSiO_3) dihasilkan dari mineral alami atau secara buatan. Kalsium silikat (CaSiO_3) ini dapat disintesis dari kalsium karbonat (CaCO_3) dan silikon oksida (SiO_2) dengan komposisi 48,3 % kalsium karbonat (CaCO_3) dan 51,7 % silika (SiO_2) (Yazdani *et al.*, 2010). Kalsium silikat (CaSiO_3) memiliki kandungan kalsium (Ca), silikon (Si), dan oksigen (O_2) (Phuttawong *et al.*, 2015). Reaksi pembentukan kalsium silikat (CaSiO_3) dapat dilihat pada reaksi di bawah ini.

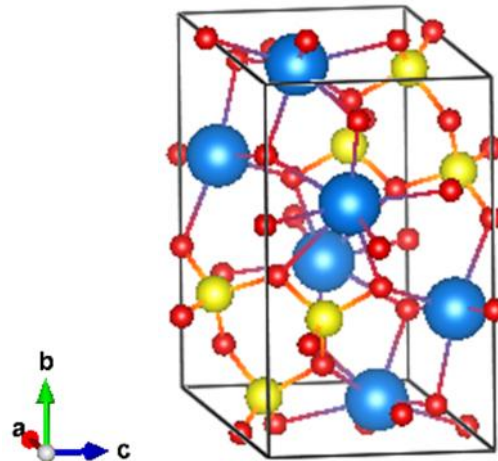


Kalsium silikat (CaSiO_3) memiliki karakteristik yaitu sifat mekanik seperti susut massa yang kecil yaitu 1,1 %, (Harabi and Chehlatt, 2013), modulus young sebesar 117 GPa, kuat tekan sebesar 1080 MPa dan kekuatan lentur sebesar 215 MPa (Kokubo, 1991), serta memiliki sifat fisik seperti ukuran partikel rata-rata 29-50 nm (Chakradhar *et al.*, 2006), memiliki nilai densitas pada rentang 1,98 gr/cm^3 (Shukur *et al.*, 2014) hingga 3,1 gr/cm^3 (Noor *et al.*, 2015) dan titik leleh pada suhu 1544 °C (Essene, 1974). Selain itu kalsium silikat (CaSiO_3) juga memiliki kombinasi sifat seperti stabilitas termal, dan ekspansi termal rendah

(Chakradhar *et al.*, 2006), sehingga berguna dalam bidang otomotif, peralatan rumah dan konstruksi (Luyt *et al.*, 2009). Biokeramik kalsium silikat (CaSiO_3) juga digunakan sebagai biomaterial dalam industri medis untuk tulang buatan dan akar gigi karena kalsium silikat (CaSiO_3) memiliki sifat bioaktivitas dan biokompatibilitas yang baik (Wang *et al.*, 2008; Jagadale *et al.*, 2013). Kalsium silikat (CaSiO_3) juga dikenal sebagai bahan regenerasi tulang karena memiliki kemampuan berikatan dengan tulang yang baik (Sun *et al.*, 2013), selain itu potensial sebagai akar gigi (Saadaldin and Rizkalla, 2014) dan regenerasi sel (Zhong *et al.*, 2011).

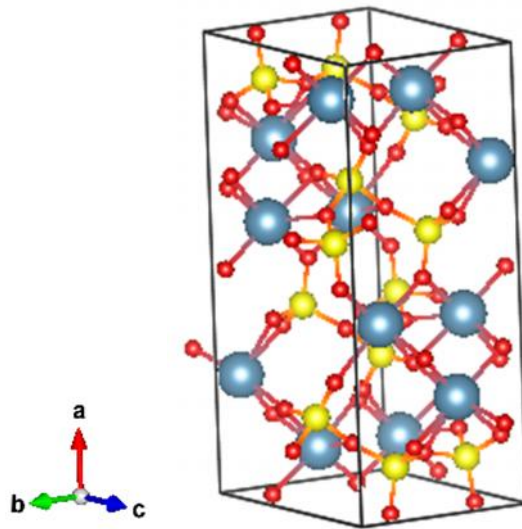
2.3 Struktur Kristal Kalsium Silikat (CaSiO_3)

Kalsium silikat (CaSiO_3) memiliki struktur polimorf yang terdiri atas *pseudowollastonite* (CaSiO_3) dan *parawollastonite* (CaSiO_3), kalsium silikat (CaSiO_3) akan berubah menjadi *parawollastonite* (CaSiO_3) ketika dipanaskan pada rentang suhu 800 °C hingga suhu 1150 °C dan kalsium silikat (CaSiO_3) dapat berubah bentuk menjadi *pseudowollastonite* (CaSiO_3) di suhu 1125 °C yang kemudian melebur pada suhu 1544 °C (Ismail *et al.*, 2016). Struktur kristal dari kalsium silikat (CaSiO_3), *pseudowollastonite* (CaSiO_3) dan *parawollastonite* (CaSiO_3) dapat dilihat pada Gambar 1.



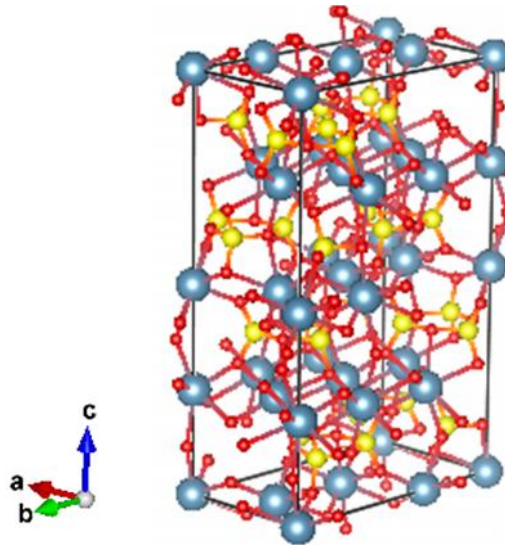
Gambar 1. Struktur kristal kalsium silikat (CaSiO_3) di gambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar 1 menunjukkan struktur kristal dari kalsium silikat atau yang dikenal dengan rumus kimia CaSiO_3 . Terdiri atas atom Ca (kalsium) yang ditandai dengan warna biru, atom Si (silikon) ditandai dengan warna kuning, dan atom O (oksigen) yang ditandai dengan warna merah. Kalsium silikat (CaSiO_3) memiliki sistem kristal *triclinic* dimana memiliki *space group* P-1 dengan nomor *space group* yaitu 2, dengan memiliki jari-jari atom Ca, Si, dan O berturut-turut yaitu 1,97 Å, 1,18 Å, dan 0,74 Å, dan memiliki parameter kisi $a = 6,695 \text{ \AA}$, $b = 9,257 \text{ \AA}$, $c = 6,666 \text{ \AA}$ serta nilai sudut $\alpha = 86,5^\circ$, $\beta = 76,133^\circ$ dan $\gamma = 70,383^\circ$ (Trojer, 1969).



Gambar 2. Struktur kristal *parawollastonite* (-CaSiO_3) di gambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar 2 menunjukkan struktur kristal *parawollastonite* (-CaSiO_3). Terdiri atas atom Ca (kalsium) yang ditandai dengan warna biru, atom Si (silikon) ditandai dengan warna kuning, dan atom O (oksigen) yang ditandai dengan warna merah. *Parawollastonite* (-CaSiO_3) memiliki sistem kristal *monoclinic* dimana memiliki *space group* $P 21/a$ dengan nomor *space group* yaitu 14, dengan memiliki jari-jari atom Ca, Si, dan O berturut-turut yaitu $1,97 \text{ \AA}$, $1,18 \text{ \AA}$, dan $0,74 \text{ \AA}$, dan memiliki parameter kisi $a = 15,426 \text{ \AA}$, $b = 7,320 \text{ \AA}$, $c = 7,066 \text{ \AA}$ serta nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 95,404^\circ$ dan $\gamma = 90^\circ$ (Trojer, 1969).



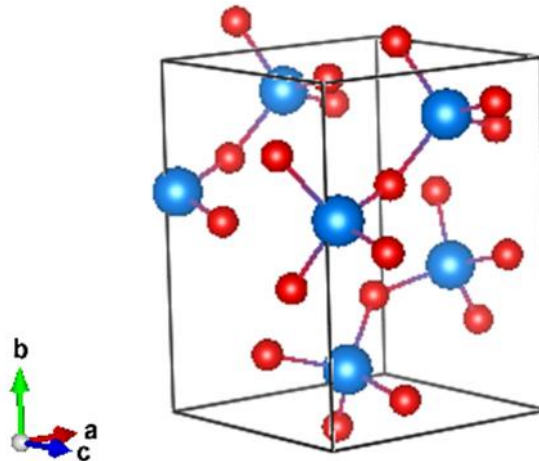
Gambar 3. Struktur kristal *pseudowollastonite* (-CaSiO_3) di gambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar 3 menunjukkan struktur kristal *pseudowollastonite* (-CaSiO_3). Terdiri atas atom Ca (kalsium) yang ditandai dengan warna biru, atom Si (silikon) ditandai dengan warna kuning dan atom O (oksigen) yang ditandai dengan warna merah. *Pseudowollastonite* (-CaSiO_3) memiliki sistem kristal *monoclinic* dimana memiliki *space group* $C 2/c$ dengan nomor *space group* yaitu 15, dengan memiliki jari-jari atom Ca, Si, dan O berturut-turut yaitu $1,97 \text{ \AA}$, $1,18 \text{ \AA}$, dan $0,74 \text{ \AA}$, dan memiliki parameter kisi $a = 6,8394 \text{ \AA}$, $b = 11,8704 \text{ \AA}$, $c = 19,6313 \text{ \AA}$ serta nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90,667^\circ$ dan $\gamma = 90^\circ$ (Yang, 1999).

2.4 Silika (SiO_2)

Senyawa kimia silikon dioksida yang dikenal dengan nama silika memiliki rumus kimia SiO_2 . Silika (SiO_2) merupakan jenis logam oksida golongan IV yang memiliki ketahanan abrasi yang baik, isolator listrik dan stabilitas termal yang tinggi, silika (SiO_2) memiliki ikatan koordinasi tetrahedral dengan satu atom

silikon (Si) di tengah dan empat atom oksigen (O) disekelilingnya (Sisman *et al.*, 2011), dapat dilihat seperti Gambar 4.



Gambar 4. Struktur kristal silika (SiO_2) di gambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar 4 menunjukkan struktur kristal silika (SiO_2). Atom silikon (Si) ditunjukkan dengan atom berwarna biru dan atom oksigen (O) berwarna merah. Silika (SiO_2) memiliki sistem kristal *orthorhombic*, dimana memiliki *space group* $Pn\bar{a}2_1$ dengan nomor *space group* yaitu 33 dan jari-jari atom Si dan O berturut-turut yaitu $1,18 \text{ \AA}$ dan $0,74 \text{ \AA}$, kemudian parameter kisi $a = 5,0482 \text{ \AA}$, $b = 6,6568 \text{ \AA}$, dan $c = 4,9371 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, dan $\gamma = 90^\circ$ (Boisen *et al.*, 1994).

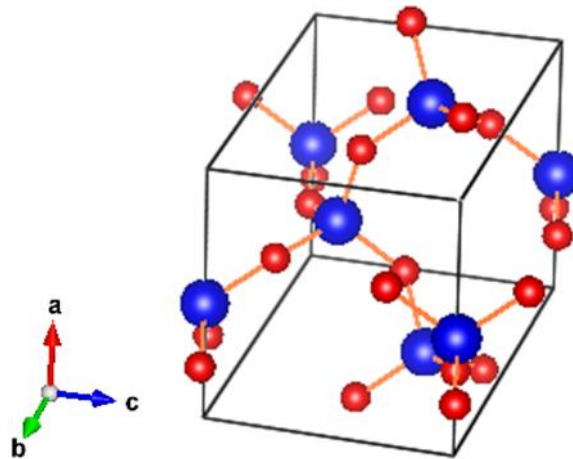
Tabel 1. Karakteristik silika (SiO₂).

Karakteristik	Nilai	Referensi
Densitas (g/cm ³)	2,2-2,65	Ghorbani <i>et al.</i> , 2015
Titik lebur (°C)	1600-1725	Ghorbani <i>et al.</i> , 2015
Konduktivitas thermal (W/cm.K)	0,013-0,014	Ghorbani <i>et al.</i> , 2015
Konstanta dielektrik	50	Todkar <i>et al.</i> , 2016
Resistivitas (Ω/cm) (30°C)	10 ¹²	Todkar <i>et al.</i> , 2016
Konduktivitas listrik (200 K) (S/cm)	8,66 x 10 ⁻⁷	Todkar <i>et al.</i> , 2016
Resistivitas (Om)	>10	Carmona <i>et al.</i> , 2013
Titik didih (°C)	2230	Carmona <i>et al.</i> , 2013

Secara teoritis, unsur silika mempunyai sifat menambah kekuatan lentur bahan baku keramik dan kekuatan produk keramik (Astuti dkk, 2012). Oleh sebab itu, silika (SiO₂) secara luas digunakan dalam bahan industri keramik, dan polimer, karena diameter partikel serbuk silika sangat baik digunakan dalam bidang teknologi seperti *tixotropic agents*, analisis termal, dan masih banyak lagi (Liou, 2004). Silika (SiO₂) yang terakumulasi di dalam tumbuhan memiliki bentuk amorf, berbeda dengan silika yang berasal dari batuan memiliki struktur kristalin (Sapei *et al.*, 2008).

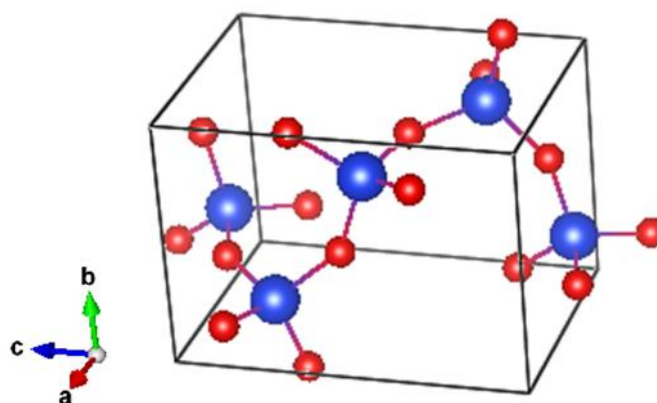
2.4.1 Struktur Kristal Polimorf Silika (SiO₂)

Silika (SiO₂) mempunyai tiga bentuk kristal polimorf yaitu *quartz*, *cristobalite*, dan *tridymite* yang memiliki stabilitas dan kerapatan yang berbeda (Brindley and Brown, 1980). Struktur kristal *quartz* dapat dilihat seperti pada Gambar 5.



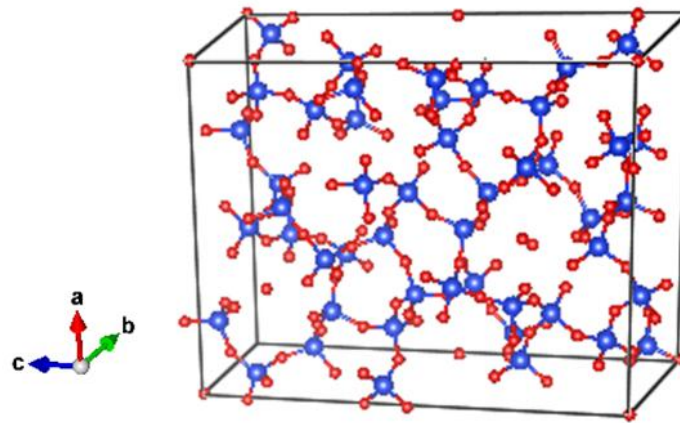
Gambar 5. Struktur kristal *quartz* di gambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar 5 menunjukkan struktur kristal dari silika (SiO_2) dengan bentuk kristal *quartz*. Terdiri atas atom silikon (Si) dan oksigen (O), struktur kristal *quartz* memiliki sistem kristal *trigonal*, memiliki nomor *space group* yaitu 154 dan jari-jari atom Si dan O masing-masing yaitu $1,18 \text{ \AA}$ dan $0,74 \text{ \AA}$ dengan parameter kisi $a = 4,8362 \text{ \AA}$, $b = 4,8362 \text{ \AA}$, dan $c = 5,3439 \text{ \AA}$, dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, dan $\gamma = 120^\circ$ (Levien *et al.*, 1980). Selanjutnya, struktur kristal *cristobalite* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur kristal *cristobalite* di gambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar 6 menunjukkan struktur kristal dari silika (SiO_2) dengan bentuk kristal *crystalite*. Terdiri atas atom silikon (Si) dan oksigen (O), struktur kristal *crystalite* memiliki sistem kristal *tetragonal*, memiliki nomor *space group* yaitu 92 dan jari-jari atom Si dan O masing-masing yaitu 1,18 Å dan 0,74 Å dengan parameter kisi $a = 4,9501 \text{ \AA}$, $b = 4,9501 \text{ \AA}$, dan $c = 6,9259 \text{ \AA}$, dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, dan $\gamma = 90^\circ$ (Dera *et al.*, 2011). Selanjutnya struktur kristal *tridymite* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur kristal *tridymite* di gambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar 7 menunjukkan struktur kristal dari silika (SiO_2) dengan bentuk kristal *tridymite*. Terdiri atas atom silikon (Si) dan oksigen (O), struktur kristal *tridymite* memiliki struktur kristal *monoclinic*, memiliki nomor *space group* yaitu 9 dan jari-jari atom Si dan O masing-masing yaitu 1,18 Å dan 0,74 Å dengan parameter kisi $a = 18,52400 \text{ \AA}$, $b = 5,00320 \text{ \AA}$, dan $c = 23,81000 \text{ \AA}$, dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 105,82^\circ$, dan $\gamma = 90^\circ$ (Dollase and Baur, 1976).

2.4.2 Silika Sekam Padi

Di alam senyawa silika (SiO_2) ditemukan dalam beberapa bahan alam seperti pasir, kuarsa, gelas, dan sebagainya. Silika (SiO_2) juga banyak ditemukan di berbagai macam tumbuhan seperti silika (SiO_2) dari tongkol jagung (Velmurugan *et al.*, 2015), silika (SiO_2) dari daun bambu (Vaibhab *et al.*, 2015; Aminullah *et al.*, 2015), dan silika (SiO_2) dari sekam padi (Carmona *et al.*, 2013). Namun, silika dari sekam padi lebih mudah diperoleh karena berasal dari limbah pertanian yang merupakan sumber silika amorf (Dominic *et al.*, 2013). Silika sekam padi dapat diperoleh dengan sangat mudah dan biaya yang relatif murah, yakni dengan cara ekstraksi katalis atau dengan pengabuan (Singh *et al.*, 2002). Abu sekam padi hasil pembakaran yang terkontrol pada suhu tinggi akan menghasilkan abu silika yang mengandung silika sebanyak 86% berat kering (Harsono, 2002). Komposisi kimia dari abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia abu sekam padi (Mohamed *et al.*, 2015).

Komposisi kimia abu sekam padi	(wt%)
SiO_2	89.00
Al_2O_3	1.20
Fe_2O_3	1.28
K_2O	1.22
CaO	1.00
C	18.24

2.5 Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Kerang darah yang dikenal sebagai *cockle shell* adalah sekelompok kerang yang memiliki belahan cangkang yang sama melekat satu sama lain pada batas cangkang. Kerang darah memiliki sifat yang menetap di suatu tempat karena pergerakan yang lambat, dan bersifat *filter feeder* (menyaring air untuk mendapatkan makanan), menyebabkan kerang rentan terkena bahan polusi air, terutama logam berat yang bersifat akumulatif dalam tubuh kerang (Darmono, 2001). Oleh sebab itu pertumbuhan kerang darah (*Anadara granosa*) tergolong lambat, hanya 0,098 mm/hari (Ghufran, 2011). Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan jenis kerang yang termasuk ke dalam keluarga *arcidae* (Suwanjart et al., 2009) yang dapat dilihat pada klasifikasinya.

Tabel 3. Klasifikasi kerang darah (*Anadara granosa*)(Pathansali, 1966).

Kingdom	: Animalia
Fillum	: Mollusca
Kelas	: Pelecypoda / Bivalvia
Sub Kelas	: Lamelladibranchia
Ordo	: Taxodonta
Family	: Arcidae
Genus	: Anadara
Spesies	: <i>Anadara granosa</i>

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa ukuran kerang darah (*Anadara granosa*) berukuran besar memiliki konsentrasi logam berat merkuri (Hg) yang lebih tinggi dibandingkan dengan kerang darah (*Anadara*

granosa) berukuran lebih kecil (Fauziah *et al.*, 2012), sedangkan untuk bagian cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) diketahui memiliki kandungan kalsium karbonat sebesar 98,99 % (Mohamed *et al.*, 2012).



Gambar 8. Kerang darah (*Anadara granosa*) (Azis *et al.*, 2015).

Cangkang kerang darah (*anadara granosa*) terdiri dari 3 lapisan yaitu periostrakum, prismatic, dan nakreas. Periostrakum merupakan lapisan tipis paling luar yang terbuat dari bahan organik konkiolin, sering tidak ada pada bagian umbo. Selanjutnya, prismatic merupakan lapisan bagian tengah yang terbuat dari kristal-kristal kapur (kalsium karbonat) dan yang terakhir nakreas yang merupakan lapisan bagian dalam yang terbuat dari kristal-kristal kalsium karbonat (CaCO_3) dan mengeluarkan bermacam-macam warna jika terkena cahaya, sering juga disebut dengan lapisan mutiara. Lapisan nakreas dihasilkan oleh seluruh permukaan mantel, sedangkan lapisan periostrakum dari lapisan prismatic yang dihasilkan oleh bagian tepi mantel (Rusyana, 2013).

2.6 Penelitian Terkait Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dapat disintesis menjadi bahan biokeramik yaitu kalsium karbonat (CaCO_3) (Anggraini, 2016; Islam *et al.*, 2011; Hoque *et al.*, 2013) selain itu, cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) juga dapat disintesis menjadi hidroksiapatit atau dikenal dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (Nastiti dkk., 2015; Rusnah *et al.*, 2014; Musa *et al.*, 2016).

2.6.1 Sintesis Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebagai CaCO_3

Cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dapat disintesis menjadi bahan biokeramik diantaranya yaitu pembuatan kalsium karbonat (CaCO_3) (Anggraini, 2016; Islam *et al.*, 2011; Hoque *et al.*, 2013). Beberapa penelitian mengenai cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang disintesis sebagai bahan biokeramik telah dilakukan oleh Anggraini pada tahun 2016, dimana hasil analisis XRD sebelum dikalsinasi pada cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) dengan fasa *aragonite*, dan setelah dikalsinasi pada suhu 800 °C dan 1000 °C pada cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) mengandung kalsium oksida (CaO) serta muncul kalsium hidroksida dikarenakan reaksi antara kalsium oksida (CaO) dengan uap air di udara. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Islam *et al.* pada tahun 2011 yaitu meneliti cangkang kerang (*Anadara granosa*) juga menunjukkan bahwa cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) lebih besar dibandingkan dengan bahan komersil, dan juga menunjukkan bahwa cangkang kerang (*Anadara granosa*) mengandung fasa *aragonite* dan pada bahan komersil menunjukkan fasa *calcite*. Pada tahun 2013, Hoque *et al.* melakukan

penelitian mengenai cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai bahan kalsium karbonat (CaCO_3), dan diperoleh hasil bahwa kalsium karbonat (CaCO_3) dari cangkang kerang memiliki fasa *aragonite* dan diperoleh pula biokeramik dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) memiliki lebih banyak karbon dan oksigen dibandingkan dengan bahan komersil.

2.6.2 Sintesis Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Hidroksiapatit

Cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) selain dapat disintesis menjadi bahan baku biokeramik kalsium karbonat (CaCO_3) dapat juga disintesis menjadi bahan biokeramik hidroksiapatit atau dikenal dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Hidroksiapatit dapat menjadi salah satu bahan pengisi suatu defek tulang, hidroksiapatit dapat diperoleh dari ekstrak cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang memiliki kandungan kalsium yang tinggi yaitu sebesar 98,7 % karena kandungan mineral tersebut dapat dijadikan sebagai bahan pengisi tulang (Nastiti dkk., 2015). Beberapa penelitian mengenai sintesis hidroksiapatit dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) seperti yang dilakukan oleh Rusnah *et al.* pada tahun 2014 yaitu pembuatan hidroksiapatit dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai pengganti tulang, dimana cangkang kerang yang telah dibersihkan kemudian dikeringkan dalam oven selama 8 jam dengan suhu $60\text{ }^\circ\text{C}$ yang kemudian dihaluskan dan dikalsinasi pada suhu $600\text{ }^\circ\text{C}$ untuk mendapatkan CaO dan kemudian disintering pada suhu $1150\text{ }^\circ\text{C}$, diperoleh bahwa bubuk yang disintering dimana semua partikel menunjukkan rasio Ca/P <1,68 yang hampir serupa dengan tulang dan hasil pola XRD yaitu menunjukkan hidroksiapatit dengan kemurnian yang tinggi. Selain itu penelitian mengenai hidroksiapatit dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) juga telah

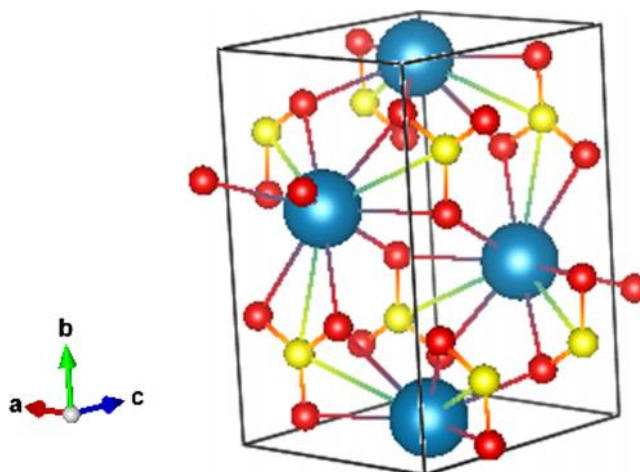
dilakukan oleh Musa *et al.* pada tahun 2016, dimana cangkang kerang dikalsinasi pada suhu 1100 °C selama 5 jam hasil kalsinasi kemudian direaksikan dengan $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ yang kemudian endapan kering yang dihasilkan disintering pada suhu 800 °C selama 2 jam dan diperoleh hidroksiapatit dengan ukuran 7,66507 nm yang dapat digunakan sebagai remineralisasi gigi.

2.7 Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Kalsium karbonat adalah sebuah senyawa kimia dengan rumus kimia CaCO_3 . Seperti namanya, kalsium karbonat terdiri dari 2 unsur kalsium dan 1 unsur karbon serta 3 unsur oksigen. Kalsium karbonat (CaCO_3) umumnya berwarna putih dan berbentuk padat. Kalsium karbonat (CaCO_3) memiliki massa jenis 2,8 gr/cm^3 , titik lebur pada suhu 825 °C, kelarutannya didalam air sebesar 0,014 g/l pada 20 °C, memiliki suhu penguraian yaitu 825 °C dan memiliki densitas yaitu 400-1400 kg/m^3 (Yasue and Arai,1995). Kalsium karbonat (CaCO_3) banyak digunakan di berbagai industri misalnya kertas, karet, plastik dan industri cat sebagai pigmen pelapis, pengisi atau ekstender dan juga dalam industri hortikultura (Zhang and Li, 2004).

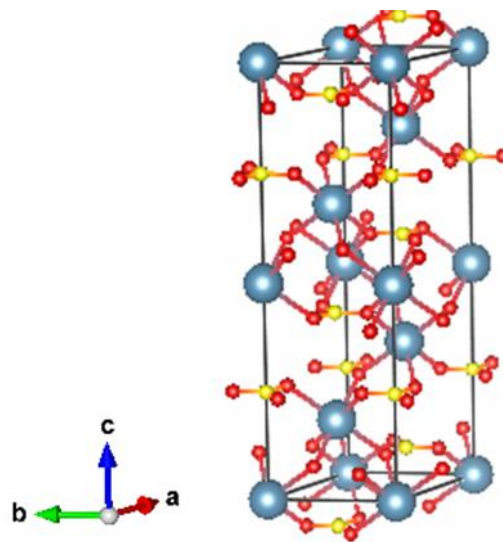
Kalsium karbonat (CaCO_3) memiliki beberapa fasa yang terkandung di dalamnya yaitu fasa *aragonite* (Antao and Hassan, 2009), fasa *calcite* (Prencipe *et al.*, 2004) dan fasa *vaterite* (Wang and Backer, 2009). *Aragonite* mempunyai densitas sebesar 2,83 g/cm^3 sedangkan *calcite* mempunyai densitas sebesar 2,71 g/cm^3 , keduanya merupakan material yang larut dalam air (Padnaik, 2003), *calcite* adalah polimorf kalsium karbonat yang paling stabil, namun *aragonite*

memiliki kerapatan dan kekerasan yang lebih tinggi (Keiko *et al.*,2002). Struktur kristal kalsium karbonat (CaCO_3) dari masing-masing fasa tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



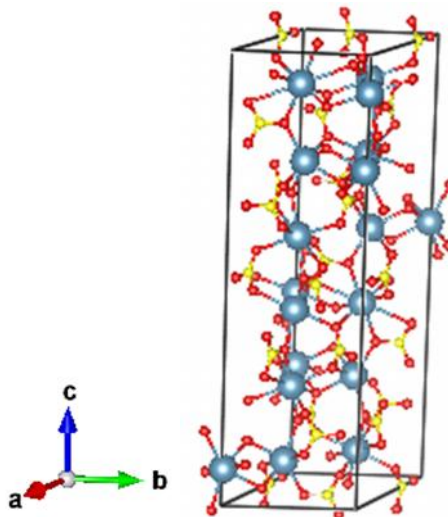
Gambar 9. Struktur kristal CaCO_3 fasa *aragonite* di gambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar 9 menunjukkan struktur kristal dari kalsium karbonat (CaCO_3) dengan fasa *aragonite*. Terdiri atas atom Ca (kalsium) yang ditandai dengan warna biru, atom C (karbon) ditandai dengan warna kuning, dan atom O (oksigen) yang ditandai dengan warna merah. Struktur kristal CaCO_3 fasa *aragonite* memiliki sistem kristal *orthorhombic*, dimana memiliki nomor *space group* yaitu 62, dengan memiliki jari-jari atom Ca, C, dan O berturut-turut yaitu 1,90 Å, 0,77 Å, dan 0,74 Å, dan memiliki parameter kisi $a = 4,96062$ Å, $b = 7,97006$ Å, $c = 5,74181$ Å serta nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 90^\circ$ (Antao and Hassan, 2009).



Gambar 10. Struktur kristal CaCO_3 fasa *calcite* di gambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar 10 menunjukkan struktur kristal dari kalsium karbonat (CaCO_3) dengan fasa *calcite*. Terdiri atas atom Ca (kalsium) yang ditandai dengan warna biru, atom C (karbon) ditandai dengan warna kuning, dan atom O (oksigen) yang ditandai dengan warna merah. Struktur kristal CaCO_3 fasa *calcite* memiliki sistem kristal *rhombohedral*, dimana memiliki nomor *space group* yaitu 167, dengan memiliki jari-jari atom Ca, C, dan O berturut-turut yaitu 1,90 Å, 0,77 Å, dan 0,74 Å, dan memiliki parameter kisi $a = 5,0492 \text{ \AA}$, $b = 5,0492 \text{ \AA}$, $c = 17,3430 \text{ \AA}$ serta nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$ (Prencipe *et al.*, 2004).



Gambar 11. Struktur kristal CaCO_3 fasa *vaterite* di gambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar 11 menunjukkan struktur kristal dari kalsium karbonat (CaCO_3) dengan fasa *vaterite*. Terdiri atas atom Ca (kalsium) yang ditandai dengan warna biru, atom C (karbon) ditandai dengan warna kuning, dan atom O (oksigen) yang ditandai dengan warna merah. Struktur kristal CaCO_3 fasa *vaterite* memiliki sistem kristal *hexagonal*, dimana memiliki nomor *space group* yaitu 179, dengan memiliki jari-jari atom Ca, C, dan O berturut-turut yaitu 1,90 Å, 0,77 Å, dan 0,74 Å, dan memiliki parameter kisi $a = 7,290$ Å, $b = 7,290$ Å, $c = 25,302$ Å serta nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$ (Wang and Backer, 2009).

2.8 Metode Sintesis Kalsium Silikat (CaSiO_3)

Ada beberapa metode yang sering digunakan dalam mensintesis kalsium silikat (CaSiO_3) diantaranya yaitu metode *solid state reaction* (Phuttawong *et al.*, 2015; Kozawa *et al.*, 2013; Shukur *et al.*, 2014; Rashid *et al.*, 2014), metode *sol-gel* (Rahman and Padavettan, 2012; Wang *et al.*, 2008; Podporksa *et al.*, 2008;

Chehlatt *et al.*, 2015; Baciu and Simitzis, 2007), dan metode hidrotermal (Lin *et al.*, 2005; Puntharod *et al.*, 2013; Yazdani *et al.*, 2010).

2.8.1 *Solid State Reaction* (Reaksi Padatan)

Metode reaksi kimia padat adalah cara yang dilakukan dengan mereaksikan padatan dengan padatan tertentu pada suhu tinggi. Metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk sintesis bahan anorganik dengan mengikuti rute yang hampir universal, yakni melibatkan pemanasan berbagai komponen pada temperatur tinggi selama periode yang relatif lama. *Solid state reaction* (reaksi padatan) merupakan metode konvensional karena metode ini tidak beracun, ramah lingkungan, bebas sampah sintetik tidak seperti metode kimia lain dan serta murah (Phuttawong *et al.*, 2015). Dalam pembuatan kalsium silikat (CaSiO_3) dengan menggunakan reaksi padatan ini produk akhirnya dipengaruhi oleh kemurnian bahan baku, rasio molar CaO/SiO_2 dan suhu pembakarannya (Rashid *et al.*, 2014).

Ada beberapa penelitian dengan menggunakan *solid state reaction* seperti penelitian yang dilakukan oleh Obeid pada tahun 2014 yaitu pembuatan *wollastonite* dengan bahan baku pasir silika dan batu kapur serta bahan kimia murni dalam bentuk karbonat dan kuarsa, dengan atau tanpa B_2O_3 sebagai mineralizer, hasil yang diperoleh yaitu pada suhu 1050 °C didapatkan fase *parawollastonite* (CaSiO_3) dan berubah menjadi *pesudowollastonite* (CaSiO_3) pada suhu 1150 °C karena adanya B_2O_3 , sedangkan bahan kimia murni gagal membentuk fase *wollastonite* pada kisaran suhu 1050 sampai 1150 °C. Penelitian menggunakan reaksi padatan juga dilakukan pada tahun 2013 oleh Kozawa *et al.*

yaitu melakukan penelitian dengan menggunakan reaksi padatan antara prekursor karbonat dan oksida, dengan menggunakan CaCO_3 dan SiO_2 amorf sebagai bahan baku dan dikalsinasi pada suhu $800\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam maka hasil yang diperoleh yaitu fase tunggal *parawollastonite* ($-\text{CaSiO}_3$). Selain itu, penelitian dengan menggunakan metode reaksi padatan ini juga dilakukan oleh Rashid *et al.*, pada tahun 2014 yaitu pembuatan kalsium silikat (CaSiO_3) dengan menggunakan pasir silika dan batu kapur dan menggunakan rasio molar 1:1, diperoleh bahwa kalsium silikat (CaSiO_3) terbentuk di bawah suhu $1300\text{ }^\circ\text{C}$ dan ketika disintering pada suhu $1450\text{ }^\circ\text{C}$ selama 4 jam diperoleh fase olivin sebagai fase minornya.

2.8.2 Metode Sol Gel

Metode *sol gel* adalah metode preparasi padatan yang dilakukan pada temperatur rendah yang melibatkan adanya transisi dari suatu sistem dengan partikel-partikel mikroskopik yang mengalami dispersi dalam cairan (*sol*) menjadi material mikroskopik (*gel*) yang mengandung cairan, ketika cairan menguap akan meninggalkan material keras seperti gelas. Proses *sol gel* adalah teknik sintesis kimia untuk pembuatan kaca, keramik, keramik kaca dan komposit (Baciu and Simitzis, 2007). *Sol gel* merupakan suatu material yang memiliki sifat amorf serta dimensi pori yang tidak seragam (Wijaya, 2010). Dalam prosesnya meliputi hidrolisis dan kondensasi logam aloksida ($\text{Si}(\text{OR})_4$) seperti *tetraethylorthosilicate* ($\text{TEOS}, \text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$) atau garam anorganik seperti sodium silikat (Na_2SiO_3) di dalam asam (seperti HCl) atau basa (seperti NH_3) sebagai katalis (Rahman and Padavettan, 2012). Metode *sol gel* telah banyak digunakan dalam penelitian pembuatan kalsium silikat (CaSiO_3), karena metode *sol gel* memiliki peningkatan

komposisi yang homogenitas dan dengan suhu yang lebih rendah sehingga banyak digunakan dalam fabrikasi keramik (Wang *et al.*, 2008), namun metode *sol gel* terbilang metode yang mahal (Podporksa *et al.*, 2008) dan juga umumnya menggunakan bahan kimia beracun seperti asam (Chehlatt *et al.*, 2015).

Beberapa penelitian mengenai pembuatan kalsium silikat (CaSiO_3) dengan menggunakan metode *sol gel*, seperti yang dilakukan oleh Baciú and Simitzis pada tahun 2007 yaitu dengan menggunakan bahan baku kalsium nitrat tetrahidrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) dan tetraetil ortosilikat (TEOS), dengan perbandingan rasio molar yaitu 50:50 mol dan sampel disintering pada suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam serta laju pemanasan $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ yang kemudian diperoleh bahwa bahan yang dihasilkan bersifat amorf bahkan setelah stabilisasi pada suhu $700\text{ }^\circ\text{C}$ sampai sekitar suhu $850\text{ }^\circ\text{C}$, selain itu terlihat pula fase kristalin CaSiO_3 (*wollastonite*) telah terbentuk setelah proses sintering. Penelitian yang serupa juga telah dilakukan oleh Wang *et al.*, pada tahun 2008 dengan menggunakan bahan baku kalsium nitrat tetrahidrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) dan tetraetil ortosilikat (TEOS) yang kemudian ditambahkan dengan PVA 8 wt% dan kemudian sampel dikalsinasi pada suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$, yang selanjutnya dipress menjadi pelet dan disintering pada suhu 1260 sampai $1340\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam, hasil yang diperoleh yaitu terbentuknya fase tunggal *pesudowollastonite* ($-\text{CaSiO}_3$) pada suhu $1320\text{ }^\circ\text{C}$.

2.8.3 Metode Hidrotermal

Hidrotermal terbentuk dari kata “hidro” yang berarti air dan “termal” yang berarti panas, sehingga dapat diperkirakan metode hidrotermal menggunakan panas dan air. Metode hidrotermal ini dianggap sebagai metode yang efektif,

nyaman, dan metode sintesis yang ringan (Lin *et al.*, 2005). Metode hidrotermal ini digunakan untuk mensintesis *wollastonite* sederhana dan memiliki manfaat tambahan menggunakan bahan baku yang murah (Puntharod *et al.*, 2013). Seperti penelitian yang dilakukan oleh Yazdani pada tahun 2010, metode hidrotermal ini diterapkan dalam mensintesis kalsium silikat (CaSiO_3) dengan menggunakan silika, nano silika dan kalsium karbonat sebagai bahan baku yang dikalsinasi pada suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$ selama 5 jam dan hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan meningkatnya tekanan maka jumlah *wollastonite* meningkat namun pada perlakuan hidrotermal tekanan tinggi *larnite* terbentuk sebagai fase utamanya. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Puntharod *et al.* pada tahun 2013 yaitu pembuatan *wollastonite* menggunakan kalsium oksida (CaO) dari kulit telur dan silika (SiO_2) *diatomite* (68 wt%), lalu kalsium oksida (CaO) dan silika (SiO_2) disintesis dalam perbandingan rasio molar 1:1 dengan menggunakan metode hidrotermal pada suhu 100, 150, dan $200\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam dan kemudian dikalsinasi pada suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$ selama 24 jam dan diperoleh bahwa suhu kalsinasi mempengaruhi ukuran partikel, dan metode hidrotermal pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ dengan suhu kalsinasi membentuk ukuran *wollastonite* $< 1\text{ }\mu\text{m}$.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2017 sampai dengan Februari 2018 di Laboratorium Fisika Material FMIPA Unila. Kalsinasi dan uji DTA/TGA dilakukan di Laboratorium UPT LTSIT FMIPA Unila. Uji SEM, uji XRD, dan uji FTIR dilakukan di Laboratorium Universitas Negeri Malang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven untuk mengeringkan bahan, panci untuk merebus cangkang, sikat untuk membersihkan cangkang kerang, *blender* sebagai penghancur cangkang kerang, baskom untuk mencuci cangkang kerang dengan larutan, ayakan untuk mengayak bubuk cangkang kerang setelah digerus, *ball mill* untuk menggiling bubuk cangkang kerang agar lebih halus, neraca digunakan untuk menimbang bahan, spatula digunakan untuk mengambil bahan dasar saat proses penimbangan, *mortar* dan *pestle* digunakan untuk menggerus sampel, *magnetic stirrer* digunakan untuk mengaduk bahan saat proses *sol gel*, gelas beaker digunakan untuk mereaksikan

bahan, gelas ukur digunakan untuk mengukur volume larutan, *vacuum filter* dan pompa vakum digunakan untuk menyaring larutan, kertas saring digunakan sebagai media penyaringan, kertas lakmus untuk mengetahui PH sampel dan *furnace* untuk melakukan sintering atau kalsinasi. Sementara itu, alat-alat yang digunakan untuk karakterisasi sampel adalah DTA-TGA (EXTAR S II 7300) untuk karakterisasi sifat termal sampel, XRD (XPRT PRO) digunakan untuk karakterisasi struktur fasa sampel, SEM-EDX (AMETEX) digunakan untuk karakterisasi morfologi sampel dan FTIR (SHIMUDZU) untuk mengetahui gugus fungsional.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai bahan dasar CaCO_3 , sekam padi sebagai bahan dasar silika, CaCO_3 (Merck), HCl, KOH, H_2SO_4 dan akuades.

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian dalam penelitian ini terdiri dari empat tahap yaitu preparasi kalsium karbonat (CaCO_3) dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*), preparasi silika (SiO_2) dari sekam padi, sintesis kalsium silikat (CaSiO_3) dan karakterisasi sampel yang akan dijelaskan masing-masing seperti di bawah ini.

3.3.1 Preparasi Kalsium Karbonat (CaCO_3) dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Kalsium karbonat (CaCO_3) dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dipreparasi dengan tahapan seperti di bawah ini.

1. Mengeluarkan bagian dalam cangkang dan membersihkan cangkang hingga bersih.
2. Membersihkan cangkang dari kotoran yang ada dengan menggunakan air bersih secara berulang-ulang.
3. Merebus cangkang selama 5 jam.
4. Mengeringkan dalam oven pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam.
5. Membuat larutan H_2SO_4 dengan komposisi 5%:95% (5% H_2SO_4 dan 95% aquades).
6. Membersihkan bagian yang menempel pada cangkang menggunakan larutan tersebut dengan cara disikat.
7. Mencuci dengan air hingga bersih.
8. Mengeringkan dalam oven pada suhu $250\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam.
9. Kemudian diblender hingga halus, diayak menggunakan ayakan dan digerus 3 jam menggunakan *mortar* dan *pestle*.
10. Menggiling bubuk cangkang kerang darah dengan menggunakan alat *ball mill* selama 2 jam.
11. Serbuk kalsium karbonat dikalsinasi pada suhu $700\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam.
12. Bahan siap untuk digunakan.

3.3.2 Ekstraksi Silika (SiO_2) dari Sekam Padi

Sebelum melakukan ekstraksi silika dari sekam padi, terlebih dahulu dilakukan preparasi sekam padi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Sekam padi terlebih dahulu dibersihkan, selanjutnya dicuci hingga bersih dengan menggunakan air dan direndam selama 1 jam.
2. Lalu sekam padi yang mengapung di permukaan dibuang dan sekam padi yang tenggelam diambil.
3. Kemudian sekam padi direndam dengan menggunakan air panas selama 15 menit, hal ini dimaksudkan untuk menghilangkan kotoran-kotoran (zat organik) yang larut dalam air seperti tanah, pasir, debu, dan zat pengotor lain terlepas dari sekam padi.
4. Setelah itu, sekam padi ditiriskan dan dikeringkan dengan menggunakan panas sinar matahari selama kurang lebih dua hari agar kering secara merata.
5. Sekam padi di oven pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam agar sekam benar-benar kering.

Setelah dipreparasi, selanjutnya sekam padi hasil preparasi diekstraksi untuk mendapatkan silika. Adapun langkah-langkah ekstraksi silika dari sekam padi ini adalah sebagai berikut:

1. Sekam yang telah dipreparasi ditimbang sebanyak 50 gram, dimasukkan ke dalam *beaker glass*.
2. Kemudian ditambahkan larutan KOH 5% sebanyak 500 mL.

3. Sekam yang telah direndam dalam larutan KOH 5% kemudian dididihkan hingga 100 °C selama kurang lebih 30 menit sambil terus diaduk agar panasnya merata dan busa tidak meluap.
4. Setelah uap panas hilang, dilakukan penutupan dengan aluminium foil dan didiamkan selama kurang lebih 24 jam, proses ini disebut *aging* (penuaan).
5. Setelah *aging*, ampas sekam dipisahkan dari ekstrak sekam menggunakan corong *bucher* untuk memperoleh *sol* silika (filtrat silika terlarut) dan menyaring filtrat tersebut menggunakan kertas saring.
6. Kemudian meneteskan larutan HCl 10 % ke dalam *sol* silika setetes demi setetes untuk memperoleh *gel* silika dengan pH 7. Perubahan proses *gel* ini dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* agar larutan menjadi homogen.
7. *Gel* yang terbentuk kemudian didiamkan selama 24 jam agar terjadi proses *aging* (penuaan).
8. Setelah melalui tahap *aging*, didapatkan *gel* yang berwarna coklat kehitaman, kemudian *gel* disaring menggunakan kertas saring.
9. Mencuci *gel* dengan air hangat dan pemutih hingga warna *gel* menjadi putih.
10. Silika *gel* kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 100 °C selama 8 jam hingga diperoleh silika padatan.
11. Selanjutnya menggerus silika padatan menggunakan *mortar* dan *pestle* hingga selama 3 jam menjadi serbuk halus dan berwarna putih.
12. Serbuk silika di kalsinasi pada suhu 700 °C.

3.3.3 Sintesis Kalsium Silikat (CaSiO_3) dengan Metode Reaksi Padatan

Sintesis kalsium silikat dilakukan dengan metode *solid state reaction* (reaksi padatan) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mencampur kedua bahan dengan perbandingan CaCO_3 dan SiO_2 sebanyak 12,5 gram dan 7,5 gram.
2. Membuat larutan etanol 150 mL.
3. Melarutkan kedua bahan dengan larutan etanol menggunakan *magnetic stirrer* selama 5 jam.
4. Menguapkan etanol dan mengeringkan sampel dengan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$.
5. Menggerus sampel dengan *mortar* dan *pestle* selama 3 jam.
6. Melakukan uji karakteristik DTA-TGA pada sampel.
7. Membuat pelet dari sampel tersebut dengan cara dipress dengan menggunakan *pressing hydrolic*.
8. Sampel yang sudah berbentuk pelet dikalsinasi dengan suhu $1100\text{ }^\circ\text{C}$ dengan laju temperatur $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{menit}$ dengan *holding time* 3 jam.
9. Setelah selesai sampel dibiarkan dingin di dalam *furnace* dan dikeluarkan.
10. Sampel dikarakterisasi dengan XRD, SEM-EDX dan FTIR.

3.4 Karakterisasi Kalsium Silikat

Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan empat alat yaitu *Differential Thermal Analysis* (DTA-TGA), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning*

Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) dan Fourier Transfor Infra Red (FTIR).

3.4.1 Karakterisasi DTA (*Differential Thermal Analysis*)

Karakterisasi menggunakan DTA (*Differential Thermal Analysis*) dilakukan untuk menganalisis sifat termal dan stabilitas bahan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses DTA adalah:

1. Menyiapkan cawan platina kosong untuk digunakan sebagai sampel referensi dan memasukkan serbuk sampel kalsium silikat ke dalam cawan platina.
2. Meletakkan kedua cawan platina pada posisi vertikal di sampel holder dengan memutar posisi furnace ke arah sampel holder yang dilanjutkan dengan mengatur *setting* temperatur yaitu $T_{start} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{pengukuran} = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ *heating read* (kenaikan suhu = $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$).
3. Kemudian menekan tombol *power furnace* pada posisi “ON” untuk pemanasan akan bekerja sesuai dengan program yang telah diatur, saat inilah grafik pada monitor komputer akan terlihat dan akan diamati sampai temperatur $T_{pengukuran}$ tercapai menurut program yang telah diatur. Apabila $T_{pengukuran}$ telah tercapai maka *power furnace* dapat dimatikan yaitu pada posisi “OFF” dan selanjutnya melakukan print hasil pengukuran.

3.4.2 Karakterisasi XRD

Karakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan untuk mengetahui struktur kristal bahan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses XRD adalah:

1. Menyiapkan sampel yang akan dianalisis, kemudian merekatkannya pada kaca dan memasang pada tempatnya berupa lempeng tipis berbentuk persegi panjang (*sample holder*) dengan lilin perekat.
2. Memasang sampel yang telah disimpan pada *sample holder* kemudian meletakkannya pada *sample stand* di bagian *goniometer*.
3. Memasukkan parameter pengukuran pada *software* pengukuran melalui komputer pengontrol, yaitu meliputi penentuan *scan mode*, penentuan rentang sudut, kecepatan *scan* cuplikan, memberi nama cuplikan dan memberi nomor urut *file data*.
4. Mengoperasikan alat difraktometer dengan perintah “*start*” pada menu komputer, dimana sinar-X akan meradiasi sampel yang terpancar dari target Cu dengan panjang gelombang 1,5406 Å.
5. Melihat hasil difraksi pada komputer dan intensitas difraksi pada sudut 2θ tertentu dapat dicetak oleh mesin printer.
6. Mengambil sampel setelah pengukuran cuplikan selesai.
7. Data yang terekam berupa sudut difraksi (2θ), besarnya intensitas (I), dan waktu pencatatan perlangkah (t).
8. Setelah data diperoleh analisis kualitatif dengan menggunakan *search match analysis* yaitu membandingkan data yang diperoleh dengan data standard (*data base PDF = Power Diffraction File data base*).

3.4.3 Karakterisasi SEM-EDX

Karakterisasi SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui mikrostruktur bahan.

Langkah-langkah dalam proses SEM-EDX adalah:

1. Memasukkan sampel yang akan dianalisa ke *vacuum column*, dimana udara akan dipompa keluar untuk menciptakan kondisi vakum. Kondisi vakum ini diperlukan agar tidak ada molekul gas yang dapat mengganggu jalannya elektron selama proses berlangsung.
2. Elektron ditembakkan dan akan melewati berbagai lensa yang ada menuju ke satu titik di sampel.
3. Sinar elektron tersebut akan dipantulkan ke detektor lalu ke *amplifier* untuk memperkuat signal sebelum masuk ke komputer untuk menampilkan gambar atau *image* yang diinginkan.

3.4.4 Karakterisasi FTIR

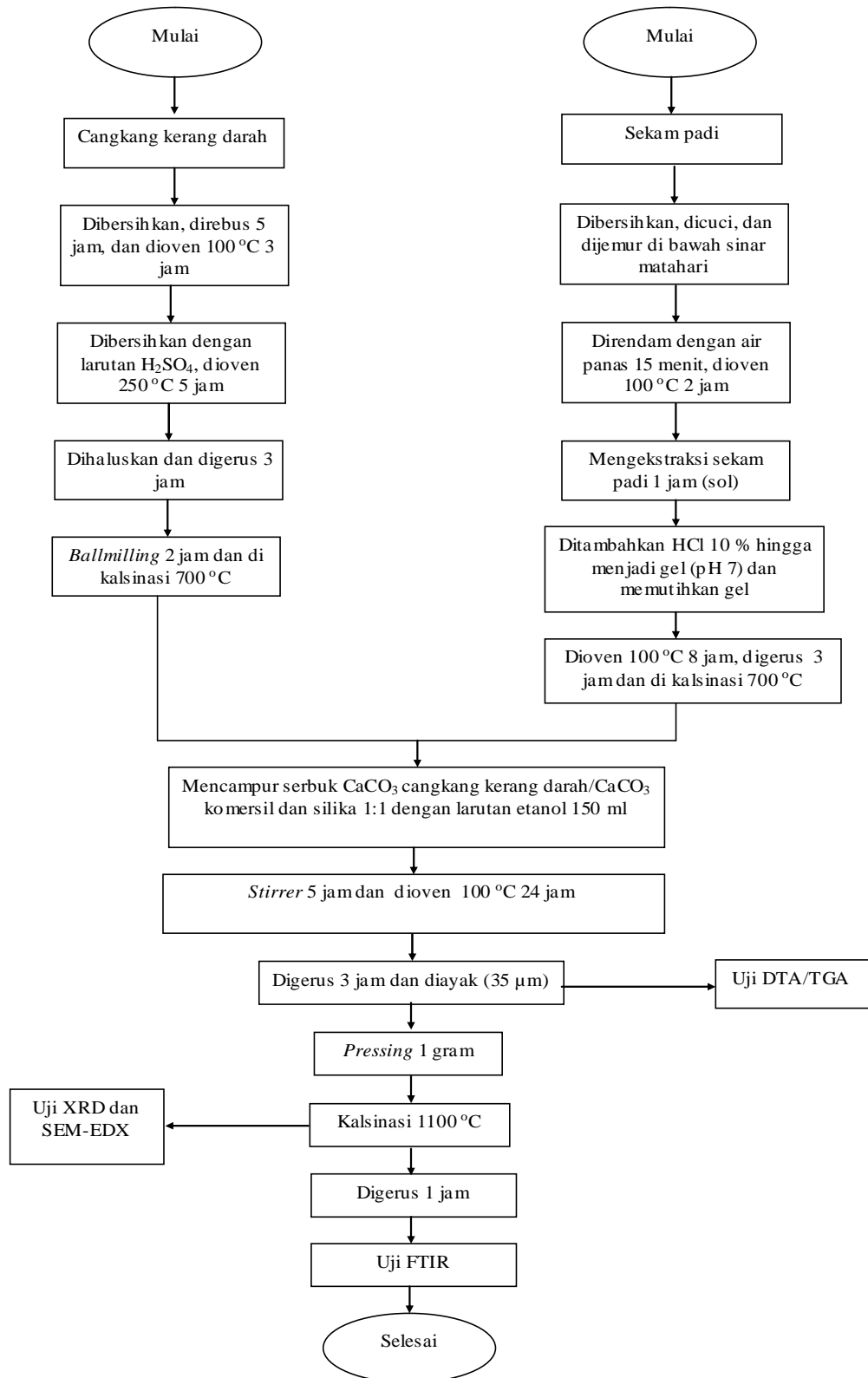
Uji FTIR ini dilakukan untuk menganalisis gugus fungsi CaCO_3 yang terdapat pada sampel dan pada pembanding. Adapun langkah-langkah dalam uji FTIR ini adalah sebagai berikut:

1. Menghaluskan kristal KBr murni dalam *mortar* dan *pestle* kemudian mengayak KBr tersebut.
2. Menimbang KBr halus yang sudah diayak seberat $\pm 0,1$ gram, kemudian menimbang sampel padat (bebas air) dengan massa $\pm 1\%$ dari berat KBr.
3. Mencampur KBr dan sampel kedalam *mortar* dan *pestle* mengaduk sampai tercampur merata.
4. Menyiapkan cetakan *pellet*.
5. Mencuci bagian sampel, *base* dan *tablet frame* dengan *kloroform*.
6. Memasukkan sampel KBr yang telah dicampur dengan set cetakan *pellet*.
7. Menghubungkan dengan pompa vakum untuk meminimalkan kadar air.

8. Meletakkan cetakan pada pompa hidrolis kemudian diberi tekanan ± 8 *gauge*.
9. Menghidupkan pompa vakum selama 1 menit.
10. Mematikan pompa vakum dan menurunkan tekanan dalam cetakan dengan cara membuka keran udara.
11. Melepaskan *pellet* KBr yang sudah terbentuk dan menempatkan *pellet* KBr pada *tablet holder*.
12. Menghidupkan alat dengan mengalirkan sumber arus listrik, alat interferometer dan komputer.
13. Klik “*shortcut* 8400” pada layar komputer yang menandakan program interferometer.
14. Menempatkan sampel dalam alat interferometer pada komputer klik FTIR 8400 dan mengisi data file.
15. Klik “*Sample Start*” untuk memulai, dan untuk memunculkan harga bilangan gelombang klik “*clac*” pada menu, kemudian klik “*Peak Table*” lalu klik “OK”.
16. Mematikan komputer, alat interferometer dan sumber arus listrik.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir sintesis kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah dan silika sekam padi serta berbahan dasar CaCO_3 komersil dan silika sekam padi dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram alir sintesis kalsium silikat.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kalsium silikat berhasil di sintesis menggunakan bahan dasar cangkang kerang darah dan silika sekam padi serta CaCO_3 komersil yang di kalsinasi pada suhu $1100\text{ }^\circ\text{C}$ dengan metode reaksi padatan.
2. Grafik analisis DTA/TGA menunjukkan proses dekomposisi fasa CaCO_3 yang ditandai dengan puncak endotermik pada kalsium silikat cangkang kerang darah pada suhu $702\text{ }^\circ\text{C}$ dan kalsium silikat CaCO_3 komersil pada suhu $717\text{ }^\circ\text{C}$. Serta masih adanya proses kristalisasi yang ditandai dengan puncak-puncak eksotermik mulai suhu $900\text{ }^\circ\text{C}$.
3. Pola XRD kalsium silikat cangkang kerang darah dan kalsium silikat CaCO_3 komersil menunjukkan terbentuknya fasa $-\text{CaSiO}_3$, $-\text{CaSiO}_3$, dan mulai terbentuk fasa CaSiO_3 sebagai fasa minor.
4. Morfologi SEM kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah dan kalsium silikat berbahan dasar CaCO_3 komersil menunjukkan bentuk *acicular* (tidak bulat) dengan ukuran butir rata-rata kalsium silikat cangkang kerang

darah sebesar $0,29 \mu\text{m}$ lebih kecil dibandingkan dengan kalsium silikat berbahan dasar CaCO_3 yaitu sebesar $0,33 \mu\text{m}$.

5. Spektrum FTIR kalsium silikat cangkang kerang darah dan kalsium silikat berbahan dasar CaCO_3 menunjukkan adanya adanya gugus Si-O-Ca, gugus Si-O, gugus Si-O-Si, gugus O-Si-O, gugus CO_3^{2-} , dan gugus O-H.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar bahan dasar yang akan digunakan dilakukan perlakuan khusus terutama bahan dasar kalsium karbonat karena setelah dikalsinasi dan terdekomposisi menjadi kalsium oksida sangat mudah bereaksi dengan uap air di udara membentuk senyawa kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang akan mempengaruhi kemurnian sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, F., Ahmed, A.E. and Min, S.L. 2008. Silver Modified Porous Silica From Rice Husk And Its Catalytic Potential. *Journal Porous Materials*. Vol. 15. Pp. 433-444.
- Adam, F., Chew, T.S. and Andas, J. 2011. A Simple Template-Free Sol-Gel Synthesis Of Spherical Nanosilica From Agricultural Biomass. *Journal Sol-Gel Science Technology*. Vol. 59. Pp. 580-583.
- Anggraini, A.S. 2016. Preparasi dan Karakterisasi Limbah Biomaterial Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) dari Pantai Muara Gading Mas Sebagai Bahan Dasar Biokeramik. *Skripsi*. Lampung: Universitas Lampung.
- Amin, N., Khattak, S., Noor, S. and Ferroze, I. 2016. Synthesis and Characterization of Silica from Bottom Ash of Sugar Industry. *Journal of Production*. Vol. 117. Pp. 207-211.
- Aminullah, Rohaeti, E. and Irzaman. 2015. Reduction of High Purity Silicon from Bamboo Leaf as Basic Material in Development of Sensor Manufacture in Satellite Technology. *Procedia Enviromental Sciences*. Vol. 24. Pp. 308-316.
- Antao, S.M. and Hassan, I. 2009. The Orthorhombic Structure of CaCO_3 , SrCO_3 , PbCO_3 , and BaCO_3 : Linear Structural Trends. *The Canadian Mineralogist*. Vol. 47. Pp. 1245-1255.
- Asmi, D., Neniati, D. Nurdina, A. dan Maulina, H. 2016. Pembuatan Kalsium karbonat (CaCO_3) Berbasis Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) dengan Teknik Kalsinasi Sebagai Bahan Baku Biokeramik. *SIMETRI. Jurnal Ilmu Fisika Indonesia*. Vol. 2. No. 3. Hal. 97-100.
- Astuti, M. D., Radna, N. dan Dwi, R. M. 2012. Immobilization of Silica Gel onto 1-8-dihydroxyanthraquinone through Sol- Gel Process. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. Vol. 6. No.1. Pp. 25-34.
- Azis, Y., Jamarun, N., Zultiniar, Arief, S. and Nur, H. 2015. Synthesis of Hydroxyapatite by Hydrothermal Method from Cockle Shell (*Anadara*

- granosa*). *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. Vol. 7. No. 5. Pp. 798-804.
- Baciu, D. and Simitzis, J. 2007. Synthesis And Characterization Of a Calcium Silicate Bioactive Glass. *Journal Of Optoelectronics And Advanced Materials*. Vol. 9. No.11. Pp. 1-7.
- Billotte, W.G. 2000. *The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition*. CRC Press LLC. Boca Raton.
- Boisen, M.B., Gibbs, G.V. and Bukowinski, M.T.T. 1994. Framework Silica Structure Generated Using Simulated Annealing with a Potential Energy Function Based on an $H_6Si_2O_7$ Molecule. *Physics and Chemistry of Minerals*. Vol. 21. Pp. 269-284.
- Boro, J., Thakur, A.J. and Deka, D. 2011. Solid Oxide Derived From Waste Shells Of *Turbonilla striatula* As a Renewable Catalyst For Biodiesel Production. *Fuel Processing Technology*. Vol. 92. Pp. 2061-2067.
- Brindley, G.W. and Brown, G. 1980. Crystal Structures Of Clay Mineral and their X-Ray Identification. *Journal of Clay Materials*. Vol. 16. Pp. 217-219.
- Carmona, V.B., Oliveira, R.M., Silva, W.T.L., Mattoso, L.H.C. and Marconcini, J.M. 2013. Nanosilica from Rice Husk: Extraction and Characterization. *Industrial Corps and Products*. Vol. 43. Pp. 291-296.
- Chakradhar, R.P.S., Nagabhushana, B.M., Chandrappa, K.P. and Rao, J.L. 2006. Solution Combustion Derived Nanocrystalline Macroporous Wollastonite Ceramics. *Materials Chemistry and Physics*. Vol. 95. No.7. Pp.169-175.
- Chatterjee, A., Khobragade, P., Mishra, S., and Naik, J. 2016. Advanced microemulsion synthesis and characterization of wollastonite ($CaSiO_3$)/Polystyrene one-dimensional nanorods with core-shell structure. *Particuology*. Vol. 14. Pp. 1-11.
- Chehlatt, S., Harabi. A., Oudadesse, H. and Harabi, E. 2015. In Vitro Bioactivity Study of Pure Wollastonite Prepared from Local Raw Materials. *Acta Physica Polonica A*. Vol. 127. No.4.
- Chen, C.C., Ho, C.C., Lin, S.Y. and Ding, S.N. 2015. Green Synthesis of Calcium Silicate Bioceramics Powders. *Ceramic International*. Vol. 41. Pp.5445-5453.
- Chen, J. And Xiang, L. 2009. Controllable Synthesis Of Calcium Carbonat Polymorphs At Different Temperatures. *Powder Technology*. Vol. 189. Pp. 64-69.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Rhinneka Cipta. Jakarta.

- Dera, P., Lazarz, J.D., Prakapenka, V.B., Barkley, M. and Downs, R.T. 2011. New insights Into the High-Pressure Polymorphism of SiO₂ Cristobalite. *Physics and Chemisty of Materials*. Vol. 38. Pp. 517-529.
- Dollase, W.A. and Baur, W.H. 1976. The Superstructure of Meteoritic Low Tridymite Solved by ComputernSimulation. *American Mineralogist*. Vol. 61. Pp. 971-978.
- Dominic, M.C.D., Begum, S.P.M. and Joseph, R. 2013. Synthesis Characterization And Application Of Rice Husk Nanosilica In Natural Rubber. *International Journal Of Science, Environment, And Technology*. Vol. 2. No. 5. Pp: 1027-1035.
- Essene, E. 1974. High Pressure Transformations In CaSiO₃. *Journal Contribute Mineral And Petrology*. Vol. 45. Pp. 247-250.
- Estevez, M., Vargas, S., Castano, V.M. and Rodriguez, R. 2009. Silica Nano-Particles Produced By Worms Through a Bio-digestion Process Of Rice Husk. *Journal of Non-Crystalline Solids*. Vol. 355. Pp. 844-850.
- Fauziah, A.R., Rahardja, B.S. and Cahyoko, Y. 2012. Correlation of Blood Shell Fish's Size (*Anadara granosa*) with Concentration of Heavy Metals Mercury (Hg) in the Estuary of Ketingan River Sidoarjo Residence, East Java Province. *Journal of Marine and Coastal Science*. Vol 1. No. 1. Pp. 34-44.
- Ghufran, M. 2011. *Budidaya 22 Komoditas Laut untuk Konsumsi Lokal dan Ekspor*. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Ghorbani, F., Sanati, A. M. and Maleki, M. 2015. Production of Silica Nanoparticles From Rice Husk as Agricultural Waste by Enviromental Friendly Technique. *Journal Enviromental Studies of Persian Gulf*. Vol. 2. No. 1. Pp. 56-65.
- Grandos, M.L., Alanzo, D.M., Marizcal, R., Galisteo, F.C., Moreno, R., Santamaria, J. And Fierro, J.L.G. 2007. Biodiesel from Sunflower Oil Using Actived Calcium Oxide. *Journal Application Catalys Environment*. Vol. 2. No. 73. Pp. 317-326.
- Harabi, A. and Chehlatt, S. 2013. Preparation Process of a Highly Resistant Wollastonite Bioceramics Using Local Raw Materials. *Journal of Thermal Analysis Calorimetry*. Vol. 111. Pp. 79-87.
- Harsono, H. 2002. Pembuatan Silika Amorff Dari Limbah Sekam Padi. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. 3. No. 2. Pp. 98-103.
- Hoque, M.E., Shehryar, M. and Islam, K.M.N. 2013. Processing and Characterization of Cockle Shell Calcium Carbonate (CaCO₃) Bioceramic

- for Potential Application in Bone Tissue Engineering. *Journal of Material Science and Engineering*. Vol.2. No.4. Pp. 1-5.
- Islam, Kh.N., Zuki, M., Noordin, M.M., Rahman, N.S.B.A. and Ali, M.E. 2011. Characterisation of Calcium Carbonat and its Polymorphs from Cockle Shells (*Anadara granosa*). *Powder Technology*. Vol. 213. Pp. 188-191.
- Ismail, H., Samsudin, R., Hamid, M.M.A. and Awang, R. 2016. Characteristics of wollastonite derived from rice straw ash and limestone. *Journal of The Australian Ceramic Society*. Vol. 52. No. 2. Pp.163 – 174.
- Istiyati dan Asmi, D. 2013. Fabrikasi dan Karakterisasi Keramik Kalsium Silikat dari Komposisi Cangkang Telur dan Silika Komersial dengan Reaksi Padatan pada suhu 1300 °C. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 1. No. 1. Hal. 37-42.
- Jagadale, P., Shivaji, K., Meghanath, J., Pramod, J., Sanjay, K. and Sambhaji, B. 2013. Synthesis and Characterization of Nanostructured CaSiO₃ Biomaterial. *Materials Science-Poland*. Vol. 31. Pp. 269-275.
- Kakiage, M., Shiomi, S., Ohashi, T. And Kobayashi, H. 2018. Effect of Calcium Carbonate Particle Size on Formation and Morphology of Calcium Hexaboride Powder Synthesized from Condensed Boric Acid-poly (Vinyl alcohol) Product. *Advance Powder Technology*. Vol. 29. Pp. 36-42.
- Keiko, S., Tomohiko, Y. and Masami, T. 2002. Synthesis Of Aragonite From Calcined Scallop Shell At Ambient Temperatures And Their Morphological Characterization By FE-SEM. *Journal Of The Mining And Materials Processing*. Vol. 118.No. 8. Pp. 553-558.
- Kim, M. Yoon S.K. Choi E. Gil B. 2008. Comparison of The Adsorbent Performance Between Rice Hull Ash and Rice Hull Silica Gel According to Their Structural Differences. *Food Science and Technology*. Vol. 41. Pp. 701–706.
- Kokubo, T. 1991. Bioactive Glass Ceramics: Properties And Applications. *Journal Biomaterials*. Vol. 12. No. 2. Pp. 155-63
- Kozawa. T., Yanagisawa. K., Yosidha. A. Onda. A., and Suzuki. Y. 2013. Preparation of -CaSiO₃ Powder by Water Vapor Assisted Solid State Reaction. *Journal of the Ceramic Society of Japan*. Vol. 121. No. 1. Pp. 103-105.
- Lee, S.J., Jung, C.H. and Lee, M.J. 2005. Synthesis and Sintering Behavior of Wollastonite Fabricated By a Polymer Solution Technique. *Journal of Ceramics Processing Research*. Vol. 6. No. 4. Pp. 298-301.

- Lieven, L., Prewitt, C.T. and Weidner, D.J. 1980. Structure and Elastic Properties of Quartz at Pressure. *American Mineralogist*. Vol. 65. Pp. 920-930.
- Lin, K., Zhai, W., Ni, S., Zeng, Y. and Qian, W. 2005. Study of the Mechanical Property and in Vitro Biocompatibility of CaSiO₃ Ceramics. *Ceramics International*. Vol. 31. No. 2. Pp. 323-326.
- Liou, T.H., 2004. Preparation and characterization of nano-structured silica from rice husk. *Materials Science Engineering*. Vol. 364. Pp. 313-323.
- Luyt, A.S., Dramicanin, M.D., Antic, A. and Djokovic, V. 2009. Morphology, Mechanical and Thermal Properties of Composites of Polypropylene and Nanostructured Wollastonite Filler. *Polymer Testing*. Vol. 28. No. 3. Pp. 348-356.
- Malhotra, S., Hegde, M.W. and Shetty, C. 2014. Bioceramic Technology in Endodontics. *Journal of Medicine and Medical Research*. Vol. 4. No. 12. Pp. 2446-2454.
- Meiszterics, A. and Sinko, K. 2011. Study of Bioactive Calcium Silicate Ceramic Systems for Biomedical Applications. *IFMBE Proceedings*. Vol. 37. Pp. 1098-1101.
- Meiszterics, A and Sinko, K. 2008. Sol-gel derived calcium silicate ceramics. *Colloids and Surface: Physicochem.Engineering Aspect*. Vol. 319. Pp. 143-148.
- Mohamed, R. M., Mkhaliid, I. A. and Barakat, M. A. 2015. Rice Husk Ash as a Renewable For The Production Of Zeolite NaY And Characterization. *Arabian Journal Of Chemistry*. Vol. 8. Pp. 48-53.
- Mohamed, M., Yusup, S. and Maitra, S. 2012. Decomposition Study of Calcium Carbonate in Cockle Shell. *Journal of Engineering Science and Technology*. Vol.7. No.1. Pp. 1-10.
- Momma, K. and Izumi, F. 2011. VESTA 3 for Three-Dimensional Visualization of Crystal, Volumetric and Morphology Data. *Journal of Application Crystallography*. Vol. 44. Pp. 1272-1276.
- Musa, B., Raya, I. and Natsir, H. 2016. Synthesis and Characterizations of Hydroxyapatite Derived Blood Clam Shells (*Anadara granosa*) and its Potency to Dental Remineralizations. *International Journal of Applied Chemistry*. Vol. 12. No. 4. Pp. 527-538.
- Nastiti, A.D., Widyastuti, dan Laihah, F.M. 2015. Bioviabilitas Hidroksiaptit Ekstrak Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) Terhadap Sel Punca Masenkimal Sebagai Bahan Graft Tulang. *Journal Kedokteran Gigi*. Vol. 9. No. 2. Pp. 123-130.

- Nizami, M. 2003. Characterization of a Material Synthesized by Availing Silica From Plant Source. *Journal of Materials Science Thecnology*. Vol.19. No.6. Pp. 599-603.
- Noor, A. H. M., Aziz, S. H. A., Rashid, S. S. A., Zaid, M. H. M., Alassan, Z. N. and Matori, K. A. 2015. Synthesis And Characterization Of Wollastonite Glass Ceramics From Eggshell And Waste Glass. *Journal Solid State Science and Technology Letters*. Vol. 16. No.1-2. Pp. 1-5.
- Obeid, M.M. 2014. Crystallization of Synthesis Wollastonite Prepared from Local Raw Materials. *International Journal of Material and Chemistry*. Vol. 4. No. 4. Pp. 79-87.
- Pattanayak, D.K., Divya, P., Upadhyay, S., Prasad, R.C., Rao, B.T. and Mohan, T.R.R. 2005. Synthesis And Evaluation Of Hydroxyapatite Ceramics. *Journal Trends Biomaterial Artificial Organs*. Vol. 2. No.2.
- Pathansali, D. 1966. Notes on the Biology of the Cockle, *Anadara granosa L*. *Proceedings Indo-Pacific*. Vol. 11. Pp. 84-98.
- Padnaik, P. 2003. *Handbook of Inorganic Chemicals*. New York: McGraw-Hill Book Company. Pp. 159.
- Phuttawong, R., Napat, C., Pusit, P. and Ratchadaporn, P. 2015. Synthesis and Characterization of Calcium Silicate from Rice Husk Ash and Shell of Snail *Pomacea Canaliculata* by Solid State Reaction. *Advanced Materials Research*. Vol. 1103. Pp. 1-7.
- Puntharod, R., Sankram, C., Chantaramee, N., Pookmanee, P. and Kenneth, H. 2013. Synthesis and characterization of wollastonite from egg shell and diatomite by the hydrothermal method. *Journal of Ceramic Processing Research*. Vol. 14. No. 2. Pp. 198-201.
- Podporska, J., Blazewics, M., Trybalska, B. and Zych, L. 2008. A Novel Ceramic Materials With Medical Application. *Processing and Application of Ceramics*. Vol. 2. No. 1. Pp. 19-22.
- Prencipe, M., Pascale, F., Zicrovich, C.M., Saunders, V.R., Orlando, R. and Dovesi, R. 2004. The Vibrational Spectrum of Calcite (CaCO₃): an ab initio quantum-mechanical calculation. *Physics and Chemistry of Minerals*. Vol. 31. Pp. 559-564.
- Rahman, I. A. and Padavettan, V. 2012. Synthesis Of Silica Nanoparticles By Sol Gel: Size – Dependent Properties, Surface Modification, And Applications In Silica – Polymer Nanocomposite –A Review. *Journal Of Nanomaterials*. Vol. 2012. Pp. 1-15.

- Rashid, R.A., Samsudin, R., Hamid, M.A.A. and Jalar, A. 2014. Low Temperature Production of Wollastonite from Limestone and Silica Sand Through Solid State Reaction. *Journal of Asian Ceramic Societies*. Vol. 2. No.1. Pp. 77-81.
- Rianda, Zulhadjri dan Arief, S. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Wollastonit Berbahan Dasar Alami dengan Metode Hidrotermal. *Jurnal Riset Kimia*. Vol. 8. No. 2. Hal. 154-157.
- Rosalia, R., Asmi, D. dan Ginting, E. 2016. Preparasi dan Karakterisasi Keramik Silika (SiO₂) Sekam Padi dengan Suhu Kalsinasi 800 °C – 1000 °C. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 4. No. 1. Hal. 101-106.
- Ruiz, M.G., Hernandez, J., Banos, L., Montes, J.N., and Garcia, M.E.R. 2009. Characterization of Calcium Carbonate, Calcium Oxide and Calcium Hydroxide as Starting Point to the Improvement of Lime for Their Use in Construction. *Journal of Materials In Civil Engineering*. Vol. 21. Pp. 694-698.
- Rujitanapanich, S., Kumpapan, P. and Wanjanoi, P. 2014. Synthesis Of Hydroxyapatite From Oyster Shell Via Precipitation. *Energy Procedia*. Vol. 56. Pp. 112-117.
- Rusnah, M., Reusmaazran, M.M.Y. and Yusof, A. 2014. Hydroxyapatite from Cockle Shell as a Potential Biomaterial for Bone Graft. *Regenerative Research*. Vol. 3. No. 1. Pp. 52-55.
- Rusyana, A. 2013. *Zoologi Invertebrata (Teori dan Praktek)*. Alfabeta. Bandung.
- Saadaldin, A. A. And Rizkalla, A. S. 2014. Synthesis And Characterization Of Wollastonite Glass Ceramics For Dental Implant Applications. *Journal Dental Materials*. Vol. 30. Pp. 364-371
- Saravanapavan, P and Hench, L. L. 2003. Mesoporous calcium silicate glasses.I.Synthesis. *Journal of Non-Crystalline Solids*. Vol. 318. Pp. 1-13.
- Shukur, M., Elham, A. and Mohammed, O. 2014. Characteristic of Wollastonite Synthesized from Local Raw Materials. *International Journal of Engineering and Technology*. Vol. 4. No. 7. Pp. 426-429.
- Singh, S. K., Mohanty, B. C. and Basu, S. 2002. Synthesis of SiC From Rice Husk In a Plasma Reactor. *Bulletin Materials Science*. Vol. 25. Pp. 561-563.
- Sisman, C., Gezer, E. and Kocaman, I. 2011. Effect of Organics Waste (Rice Husk) On The Concrete Properties For Farm Buildings. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. Vol. 17. No. 1. Pp. 40-48.

- Sun, Y.S., Li, A.L., Xu, F.J. and Qiu, D. 2013. A Low-Temperature Sol Gel Route for the Synthesis of Bioactive Calcium Silicates. *Chinese Chemical Letters*. Vol. 24. Pp. 170-172.
- Suwanjarat, J., Pituksalee, C. and Thongchai, S. 2009. Reproductive Cycle of *Anadara granosa* at Pattani Bay and its Relationship with Metal Concentrations in the Sediments. *Journal of Science Thecnology*. Vol. 31. No.5. Pp. 471-479.
- Teixeira, S. R., Souza, A. E., Carvalho, C. L., and Reynoso, V. C. S. 2014. Charecterization of a wollastonite glass-ceramic material prepared using sugar cane bigasse ash (SCBA) as one of the raw materials. *Materials characterization*. Vol. 98. Pp. 209-214.
- Todkar, B. S., Deorukhkar, O. A. and Deshmukh, S. M. 2016. Extraction of Silica From Rice Husk. *International Jurnal of Engineering Research and Development*. Vol. 12. No. 3. Pp. 69-74.
- Trojer, F.J. 1969. The Crystal Structur of a High Pressure Polymorph of CaSiO_3 . *Zeitschrift Fur Kristallographie*. Vol. 130. Pp. 185-206.
- Umbreit, M.H., and Jedrasiewicz, A. 2000. Application of Infrared Spectrophotometry to the Identification of Inorganic Substances in Dosage Forms of Antacida Group. *Acta Poloniae Pharmaceutica*. Vol.57. No.2. Pp: 83-91.
- Vaibhav. V., Vijayalakshmi, U. and Mohana, S. 2015. Agricultural Waste As a Source For The Production Of Silica Nanoparticles. *Spectrochemical Acta Part A: Molecular And Biomolecular Spectroscopy*. Vol.139. Pp. 515-520.
- Velmurugan, P., Jaehong, S., Kui-Jae., Min, C., Sung-Sik, L., Sang-Ki, S., Kwang-Min, C., Keuk-Soo, B., Byung-Taek, O. 2015. Extraction, Characterization, And Catalytic Potential Of Amorphous Silica From Corn Cobs By Sol Gel Method. *Journal Of Industrial And Engineering Chemistry*. Vol. 29. Pp. 298-303.
- Vichaphund, S., Kitiwan, M., Atong, D. and Thavorniti, P. 2014. Microwave Synthesis of Wollastonite Powder from Egg Shells. *Journal of the European Ceramics Society*. Vol. 31. Pp. 2435-2440.
- Wang, H., Qilong, Z., Hui, Y. and Huiping, S. 2008. Synthesis and microwave dielectric properties of CaSiO_3 nanopowder by the sol-gel process. *Ceramics International*. Vol. 34. Pp. 1405-1408.
- Wang, J. and Beacker, U. 2009. Structure and Carbonate Orientation of Vaterite (CaCO_3). *American Mineralogist*. Vol. 94. Pp. 380-386.

- Wijaya, K. 2010. *Nanomaterial Berlapis Dan Berpori: Sintesis, Karakterisasi Dan Peranannya Sebagai Material Multifungsi*. UGM. Yogyakarta.
- Yang, H. and Prewitt, C.T. 1999. On the Crystal Structure of Pseudowollastonite (CaSiO_3). *American Mineralogist*. Vol. 84. Pp. 929-932.
- Yasue, T. And Arai, Y. 1995. Particle Design For New Development Of Calcium Compound. *Journal Shigen to Sozai*. Vol. 111. No. 7. Pp. 439-448.
- Yazdani, A., Hamid. R. And Hossein. G. 2010. Investigation Of Hydrothermal Synthesis Of Wollastonite Using Silica And Nano Silica at Different Pressures. *Journal Of Ceramic Processing Research*. Vol. 11. No. 3. Pp. 348-353.
- Zhong, H., Wang, L., Fan., He, Y. L., Lin, K., Jiang, W., Chang, J. and Chen, L. 2011. Mechanical Properties And Bioactivity Of β - Ca_2SiO_4 Ceramics Synthesized By Spark Plasma Sintering. *Journal Ceramic International*. Vol. 37. No. 7. Pp. 2459-2465.