

**BENEFISIASI DAN KARAKTERISASI KALSIUM SILIKAT
BERBAHAN DASAR CANGKANG KERANG DARAH
PADA SUHU KALSINASI 1200 °C**

(Skripsi)

Oleh

Fauza Ramadhan Nekola



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

ABSTRACT

BENEFICIATION AND CHARACTERIZATION OF CALCIUM SILICATE WITH BASIC MATERIALS FROM BLOOD COCKLE SHELL AT CALCINATION TEMPERATURE 1200 °C

By

Fauza Ramadhan Nekola

Calcium silicates was successfully synthesized with solid state reaction from blood cockle shell at calcination temperature 1200 °C. DTA-TGA obtained the endothermic event at 702°C with 27,52% weight loss for blood cockle shell and 717 °C with 28,03% weight loss for commercial calcium carbonate was interpreted as decomposition of carbonates.. The results of XRD analysis obtained samples with blood cockle shell material had β - CaSiO_3 as minor phase, α - CaSiO_3 , and CaSiO_3 as major phases. While samples with commercial calcium carbonate had α - CaSiO_3 , and CaSiO_3 phases. FTIR characterization obtained in both samples had Si-O, Si-O-Si, Si-O-Ca, O-Si-O, CO_3^{2-} and OH functional groups. SEM showed blood cockle shell has granular shaped structure and commercial calcium carbonate sample has acicular shaped. EDX results show that the largest content contained in the sample is a Ca compound.

Keywords: blood cockle shell, commercial calcium carbonate, calcium silicate, calcination.

ABSTRAK

BENEFISIASI DAN KARAKTERISASI KALSIMUM SILIKAT BERBAHAN DASAR CANGKANG KERANG DARAH PADA SUHU KALSINASI 1200 °C

Oleh

Fauza Ramadhan Nekola

Telah dilakukan sintesis dan karakterisasi kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah pada suhu kalsinasi 1200 °C. Analisis DTA-TGA menunjukkan bahwa puncak endotermik pada cangkang kerang darah sebesar 702 °C dengan penyusutan massa sebesar 27,52% dan kalsium karbonat komersil sebesar 717 °C dengan penyusutan massa sebesar 28,03%. Hasil XRD menunjukkan sampel dengan bahan cangkang kerang darah mempunyai fasa β -CaSiO₃ sebagai fasa minor serta α -CaSiO₃, dan CaSiO₃ sebagai fasa mayor. Sedangkan sampel dengan bahan dasar kalsium karbonat komersil mempunyai fasa α -CaSiO₃, dan CaSiO₃. Karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa pada kedua sampel memiliki gugus fungsi Si-O, Si-O-Si, Si-O-Ca, O-Si-O, CO₃²⁻, dan OH. Hasil karakterisasi menggunakan SEM menunjukkan bahwa sampel cangkang kerang darah memiliki struktur berbentuk *granular* sedangkan sampel kalsium karbonat komersil berbentuk *acicular*. Hasil EDX menunjukkan bahwa kandungan terbesar yang terdapat pada sampel adalah senyawa Ca.

Kata kunci: Cangkang kerang darah, kalsium karbonat komersil, kalsium silikat, kalsinasi.

**BENEFISIASI DAN KARAKTERISASI KALSIUM SILIKAT
BERBAHAN DASAR CANGKANG KERANG DARAH
PADA SUHU KALSINASI 1200 °C**

Oleh

FAUZA RAMADHAN NEKOLA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**JURUSAN FSIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **BENEFISASI DAN KARAKTERISASI
KALSIMUM SILIKAT BERBAHAN DASAR
CANGKANG KERANG DARAH PADA
SUHU KALSINASI 1200 °C**

Nama Mahasiswa : **Fauza Ramadhan Nekola**

Nomor Induk Mahasiswa : 1317041014

Jurusan : Fisika

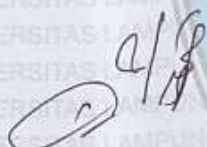
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Dosen Pembimbing

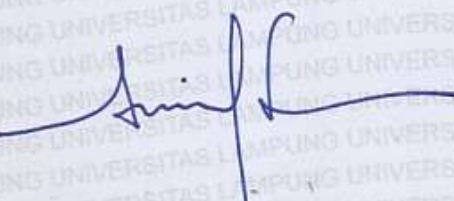
Pembimbing I

Pembimbing II


Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.
NIP. 19631228 198601 2 001


Drs. Edlman Ginting, M.Si.
NIP. 19570825 198603 1 002

2. Ketua Jurusan Fisika



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

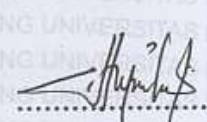
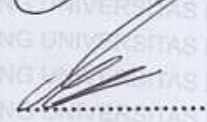
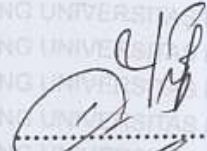
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : Drs. Ediman Ginting M.Si.

**Penguji
Bukan Pembimbing : Suprihatin, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.
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 pernah 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 skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, Juni 2018



Fauza Ramadhan Nekola
NPM. 1317041014

RIWAYAT HIDUP

Penulis yang bernama lengkap Fauza Ramadhan Nekola, dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 26 Februari 1995 dari pasangan berbahagia Bapak Safriyon dan Ibu Ampera Wati sebagai anak ke satu dari dua bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 4 Suka Jawa pada tahun 2007, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 14 Bandar Lampung tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 7 Bandar Lampung pada tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Fisika Universitas Lampung sebagai kepala bidang KOMINFO HIMAFI. Penulis pernah menjadi asisten Praktikum Fisika Dasar I, Pemrograman komputer, Fisika Komputasi, *Sol-Gel*, Eksperimen Fisika, dan Praktikum Biokeramik. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di BATAN (Badan Tenaga Atom Nasional) Serpong Tangerang Selatan pada tahun 2016 dengan judul **“Dekomposisi Keramik YSZ (Yttria Stabilized Zirconia) $Y_2O_3-ZrO_2$ pada Substrat Baja Austenik dengan Teknik Pulsed Laser Deposition (PLD) “.**

Motto

**Fell the fear and do it anyway
(Tamara Mellon)**

**Learn from yesterday, live for today, hope for tomorrow.
The important thing is not to stop questioning
(Albert Einstein)**

**Change will not come if we wait for some other person or some other
time. We are the ones we've been waiting for. We are the change
that we see.
(Barack Obama)**

**You must expect great things of yourself before you can do them
(Michael Jordan)**

PERSEMBAHAN

Dengan ketulusan dan rasa syukur kepada Allah SWT kupersembahkan karya ini kepada:

“ Kedua orang tua ku (Bapak Safriyon dan Ibu Ampera Wati) motivator terbesar dalam hidupku yang telah memberikan kasih sayang, semangat serta mendoakan bagi kesuksesan dan keberhasilan diriku”

“Adikku tercinta (Noval Putra Nekola) yang telah memberikan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini”

“Fisika 2013”

“Almamater Tercinta”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Benefisiasi dan Karakterisasi Kalsium Silikat Berbahan Dasar Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) pada Suhu Kalsinasi 1200 °C”**. Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan juga melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Bandar Lampung, Juni 2018

Penulis,

Fauza Ramadhan Nekola

SANWACANA

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

1. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D sebagai Pembimbing Akademik dan Pembimbing I skripsi yang tulus mengajari dan membantu penulis dalam penelitian, membimbing dan memberikan pemahaman.
2. Bapak Drs. Ediman Ginting, M.Si sebagai dosen Pembimbing II yang telah memberikan masukan dan koreksi dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Suprihatin M.Si. sebagai dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan koreksi dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila
5. Teman penelitianku Mardianto, Ridho G, Neta O dan Elisa P, terimakasih atas kerjasama dan bantuannya selama penelitian, banyak hal yang sudah kita lalui bersama.
6. Teman-teman Laboratorium Fisika Dasar Rio A, Riski F, Dewi F.F.E., Doni M, Adit S, Warni, Azmi, Obon (Arta B. B), mbak Jay (Jayanti P), mbak Qory (Nur Q), kak Giri (Giri A. M), kak Haris terimakasih untuk kebersamaan selama ini.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2013 Fisika FMIPA yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih untuk semua dukungan, doa dan kebersamaan.

8. Untuk Minan Rina, Etek Emi, Saskia T., terima kasih untuk waktu, semangat, do'a, dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Kakak serta adik di Jurusan Fisika FMIPA Unila
10. Semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga atas segala bantuan, do'a, motivasi, dan dukungan menjadi yang terbaik untuk penulis, dan kiranya semuanya diridhoi Allah SWT. Penulis berharap kiranya skripsi ini bermanfaat bagi semuanya.

Bandar Lampung, Juni 2018

Penulis

Fauza Ramadhan Nekola

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMA PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	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	6
1.5 Manfaat Penelitian	6

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kalsium Silikat (CaSiO_3)	7
2.1.1 Karakteristik Kalsium Silikat.....	8
2.1.2 Struktur Kristal Kalsium Silikat.....	8
2.2 Kalsium Karbonat (CaCO_3)	11
2.2.1 Karakteristik Kalsium Karbonat	12
2.2.2 Struktur Kristal Kalsium Karbonat	13
2.3 Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>)	16
2.4 Silika (SiO_2).....	18
2.4.1 Karakteristik Silika	18
2.4.2 Struktur Kristal Silika (SiO_2).....	19
2.5 Silika dari Sekam Padi	22
2.6 Sintesis Kalsium Silikat (CaSiO_3)	23
2.6.1 Metode Reaksi Padatan.....	24
2.6.2 Metode Hidrotermal.....	25
2.6.3 Metode <i>Sol-Gel</i>	25

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2 Alat dan Bahan.....	28
3.3 Prosedur Penelitian	29
3.3.1 Preparasi Cangkang Kerang Darah.....	29
3.3.2 Ekstraksi Silika dari Sekam Padi	30
3.3.3 Sintesis Keramik Kalsium Silikat	31
3.3.4 Kalsinasi.....	31
3.3.5 Karakterisasi DTA (<i>Differential Thermal Analysis</i>).....	31
3.3.6 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	32
3.3.7 SEM-EDAX (<i>Scanning Electron Microscopy-</i> <i>Energy Dispersive X-ray</i>)	33
3.3.8 FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>).....	34
3.4 Diagram Alir Penelitian	36
3.4.1 Preparasi Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	36
3.4.2 Ekstraksi Silika (SiO_2) dari sekam padi.....	37
3.4.3 Sintesis kalsium silikat (CaSiO_3) dengan metode reaksi padatan.....	38

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Karakterisasi DTA-TGA (<i>Differential Thermal Analysis-</i> <i>Thermogravimetric Analysis</i>).....	39
4.1.1 DTA (<i>Differential Thermal Analysis</i>).....	39
4.1.2 TGA (<i>Thermogravimetric Analysis</i>)	42
4.2 Hasil Karakterisasi XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	45
4.2.1 Kalsium Karbonat (CaCO_3)	45
4.2.2 Silika Sekam Padi	48
4.2.3 Kalsium Silikat (CaSiO_3).....	48
4.3 Hasil Karakterisasi FTIR (<i>Fourier Transform Infra-Red</i>).....	51
4.3.1 Kalsium Karbonat (CaCO_3)	52

4.3.2 Silika Sekam padi	55
4.3.3 Kalsium Silikat (CaSiO_3).....	57
4.4 Hasil Karakterisasi SEM –EDX (<i>Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-Ray</i>).....	61
4.4.1 SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	61
4.4.2 EDX (<i>Energy Dispersive X-Ray</i>)	64

V. KESIMPULAN DAN SARAN

- 5.1 Kesimpulan
- 5.2 Saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur kristal kalsium silikat <i>parawollastonite</i> yang didapatkan dari program VESTA.....	9
Gambar 2.2 Struktur kristal kalsium silikat CaSiO_3 yang didapatkan dari program VESTA.....	10
Gambar 2.3 Struktur kristal kalsium silikat <i>pseudowollastonite</i> yang didapatkan dari program VESTA.....	11
Gambar 2.4 Struktur kristal kalsium karbonat <i>calcite</i> yang didapatkan dari program VESTA.....	13
Gambar 2.5 Struktur kristal kalsium karbonat <i>aragonite</i> yang didapatkan dari program VESTA.....	14
Gambar 2.6 Struktur kristal kalsium karbonat <i>veterite</i> yang didapatkan dari program VESTA.....	15
Gambar 2.7 Struktur morfologi <i>Pelecypoda</i>	17
Gambar 2.8 Struktur kristal silika <i>quartz</i> yang didapatkan dari program VESTA	20
Gambar 2.9 Struktur kristal silik <i>crystalite</i> yang didapatkan dari program VESTA	21
Gambar 2.10 Struktur kristal silika <i>quartz</i> yang didapatkan dari program VESTA	22
Gambar 3.1 Preparasi kerang darah (<i>Anadara granosa</i>).....	36
Gambar 3.2 Ekstraksi silika (SiO_2) dari sekam padi	37
Gambar 3.3 Sintesis kalsium silikat (CaSiO_3) dengan metode reaksi padatan	38

Gambar 4.1	Kurva DTA kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang anadara (KSA)	39
Gambar 4.2	Kurva DTA kalsium silikat berbahan CaCO_3 komersil (KSK).....	40
Gambar 4.3	Kurva gabungan hasil DTA kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang anadara (KSA) dan CaCO_3 komersil (KSK).....	41
Gambar 4.4	Kurva TGA kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang anadara (KSA)	42
Gambar 4.5	Kurva TGA kalsium silikat berbahan dasar CaCO_3 komersil (KSK)	43
Gambar 4.6	Kurva gabungan hasil TGA kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang anadara (KSA) dan CaCO_3 komersil (KSK).....	44
Gambar 4.7	Pola XRD bahan kalsium karbonat berbahan dasar cangkang kerang darah yang dikalsinasi pada suhu $700\text{ }^\circ\text{C}$ (C = <i>calcite</i> dan KH = Kalsium Hidroksida).....	45
Gambar 4.8	Pola XRD kalsium karbonat berbahan dasar CaCO_3 komersil (C = <i>calcite</i>).....	46
Gambar 4.9	Pola XRD kalsium karbonat berbahan dasar komersil (KKK) dan berbahan dasar cangkang kerang darah yang dikalsinasi pada suhu $700\text{ }^\circ\text{C}$ (KKA) (C = <i>calcite</i> dan KH = Kalsium Hidroksida).	47
Gambar 4.10	Pola XRD bahan dasar silika sekam padi yang dikalsinasi pada suhu $700\text{ }^\circ\text{C}$	48
Gambar 4.11	Pola XRD kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah yang dikalsinasi pada suhu $1200\text{ }^\circ\text{C}$ (A = $\alpha\text{-CaSiO}_3$, B = $\beta\text{-CaSiO}_3$, dan W = CaSiO_3).....	49
Gambar 4.12	Pola XRD kalsium silikat berbahan dasar CaCO_3 komersil yang dikalsinasi pada suhu $1200\text{ }^\circ\text{C}$ (A = $\alpha\text{-CaSiO}_3$ dan W = CaSiO_3).....	50
Gambar 4.13	Pola XRD gabungan kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah (KSA) dan CaCO_3 komersil (KSK) yang dikalsinasi pada suhu $1200\text{ }^\circ\text{C}$	51
Gambar 4.14	Spektrum FTIR kalsium karbonat berbahan dasar cangkang kerang darah yang dikalsinasi pada suhu $700\text{ }^\circ\text{C}$	52

Gambar 4.15	Spektrum FTIR kalsium karbonat berbahan dasar CaCO ₃ Komersil	53
Gambar 4.16	Spektrum gabungan FTIR kalsium karbonat bahan dasar cangkang kerang darah yang dikalsinasi pada suhu 700 °C (KKA) dan CaCO ₃ komersil (KKK)	55
Gambar 4.17	Spektrum FTIR silika dari sekam padi yang dikalsinasi pada suhu kalsinasi 700 °C	56
Gambar 4.18	Spektrum FTIR kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah yang dikalsinasi pada suhu 1200 °C	57
Gambar 4.19	Spektrum FTIR Kalsium silikat berbahan dasar CaCO ₃ komersil yang dikalsinasi pada suhu 1200 °C	58
Gambar 4.20	Spektrum FTIR kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah (KSA) dan CaCO ₃ komersil (KSK) yang dikalsinasi pada suhu 1200 °C	60
Gambar 4.21	Morfologi SEM kalsium karbonat berbahan dasar (a) cangkang kerang yang dikalsinasi pada suhu 700 °C darah dan (b) CaCO ₃ komersil	61
Gambar 4.22	Morfologi SEM silika dari sekam padi yang dikalsinasi pada suhu 700 °C	62
Gambar 4.23	Morfologi SEM kalsium silikat berbahan dasar (a) cangkang kerang darah dan (b) CaCO ₃ komersil yang dikalsinasi pada suhu 1200 °C	63
Gambar 4.24	Grafik EDX kalsium karbonat berbahan dasar (a) cangkang kerang darah yang dikalsinasi pada suhu 700 °C dan (b) CaCO ₃ komersil	64
Gambar 4.25	Grafik EDX silika sekam padi pada suhu kalsinasi 700 °C	66
Gambar 4.26	Grafik EDX kalsium silikat berbahan dasar (a) cangkang kerang anadara dan (b) CaCO ₃ komersil	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi Kerang Darah.....	17
Tabel 2.2 Karakteristik Silika	18

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keramik adalah material yang terdiri dari unsur-unsur logam dan non logam yang berikatan secara bersama-sama melalui ikatan ionik dan atau ikatan kovalen (Smith,1996). Keramik terbagi menjadi 2 jenis yaitu keramik tradisional dan *advanced ceramics* (keramik modern). Dari kedua jenis keramik tersebut, keramik modern merupakan salah satu jenis keramik yang sedang dikembangkan dalam bidang material. Keramik jenis ini biasanya mempunyai tingkat porositas tinggi, permeabilitas tinggi, dan sifat mekanik yang baik (Manohar, 2012). Sifat tersebut terdapat pada biokeramik yang merupakan salah satu jenis keramik modern yang dapat diaplikasikan didalam beberapa bidang yaitu bidang industri (Martelo *et al.*, 2015; Croocks, 1999) dan bidang medis (Chehlatt *et al.*, 2015).

Dalam bidang medis salah satu bahan biokeramik yang dapat digunakan adalah kalsium silikat (CaSiO_3). Dikarenakan kalsium silikat memiliki sifat bioaktif (Sun *et al.*, 2013), kekuatan mekanik yang baik (*good mechanical strength*), porositas serupa tulang (*similar porosity to bone*) dan tingkat kelarutan rendah (*low solubility*) yang baik dipakai dalam tubuh. Oleh karena itu kalsium silikat dapat digunakan sebagai bahan pensubstitusi tulang pada bidang medis (Meiszterics and Sinko, 2011). Untuk membuat kalsium silikat dapat dilakukan

dengan mereaksikan kalsium karbonat (CaCO_3) dan silika (SiO_2) (Jacob, 1976). Bahan kalsium silikat yang digunakan dapat diperoleh dari bahan komersil ataupun non-komersil (limbah). Bahan non-komersil merupakan solusi yang dapat dilakukan untuk kedepannya, dikarenakan pada proses pembuatannya tidak memerlukan biaya besar seperti bahan komersil.

Sumber bahan non-komersil yang digunakan untuk membuat kalsium silikat merupakan campuran bahan non-komersil kalsium karbonat dan silika. Sumber bahan non-komersil kalsium karbonat (CaCO_3) dapat diperoleh dari beberapa bahan yaitu batu kapur (Shukur *et al.*, 2014), cangkang telur (Istiyati dan Asmi, 2012), dan kerang-kerangan (Suwignyo dkk., 2005). Menurut Suwignyo, dkk (2005) jenis kerang yang sering menjadi limbah hasil konsumsi manusia yaitu kerang darah (*Anadara granosa*), kerang bulu (*Anadara antiquata*) dan kerang hijau (*Mytilus viridis*). Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan salah satu kerang yang banyak mengandung kalsium karbonat yang cukup tinggi. Hasil penelitian yang dilakukan Hamzi *et al* (2007) diperoleh kandungan kalsium karbonat pada cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebesar 98,77 % dan Mohamed *et al* (2012) memperoleh hasil hampir serupa yaitu 98,99 %. Sementara sumber bahan non-komersil yang dapat digunakan sebagai silika (SiO_2) banyak terdapat pada pasir (Ayu dkk., 2013) dan sekam padi (Yuvvakkumar *et al.*, 2014). Sekam padi adalah bahan limbah yang memiliki silika yang besar, oleh karena itu sekam padi banyak digunakan sebagai silika (Johan *et al.*, 2016). Apabila sekam padi di-*leaching* menggunakan zat asam (Junko and Kondoh, 2008) dan dibakar menjadi abu sekam padi, akan menghasilkan kemurnian sekam padi sebesar 99 % (Yuvvakkumar *et al.*, 2014).

Kalsium silikat telah banyak disintesis dengan berbagai metode seperti hidrotermal (Gabrovsek, 1993; Yazdani *et al.* 2010; Lin *et al.*, 2006), *sol-gel* (Ismail *et al.*, 2016; Nayak *et al.*, 2010), dan reaksi padatan (Rashid *et al.*, 2014; Thenmuhi *et al.*, 2014; Phuttawong *et al.*, 2014). Dari ketiga metode tersebut, metode reaksi padatan merupakan metode yang mudah dilakukan karena cukup dengan menyampurkan bahan dengan digerus dalam bentuk bubuk hingga halus. Dari hasil penggerusan, butiran serbuk dapat menjadi lebih kecil yang akan mempercepat reaksi serta komposisi yang akan digunakan dapat dipikirkan dengan persen berat (Ismunandar, 2006). Lalu dilanjutkan dengan pemanasan suhu tinggi (Manohar, 2012) untuk membuat kalsium silikat berubah fasa (Shukur *et al.*, 2014).

Sintesis kalsium silikat telah dilakukan oleh Phuttawong (2015) dengan menggunakan komposisi cangkang kerang siput murbai dan abu sekam padi dengan metode reaksi padatan, pada penelitian ini diperoleh bahwa fasa kalsium silikat telah terbentuk pada suhu 1000 °C. Saat suhu dinaikkan menjadi 1050 °C, kalsium silikat mulai terbentuk fasa β -CaSiO₃ (Shukur *et al.*, 2014) dengan fase tunggal (Vichaphund *et al.*, 2011). Serta α -CaSiO₃ mulai muncul pada suhu 1150 °C (Shukur *et al.*, 2014). Setelah mencapai suhu 1300 °C butiran pada bahan akan menyatu dan pori-pori akan berkurang (Istiyati dan Asmi, 2012) dengan densitas 1,98 g/cm³ (Shukur *et al.*, 2014).

Berdasarkan uraian di atas maka mendorong penulis untuk melakukan penelitian dengan mensintesis serta mengkarakterisasi keramik kalsium silikat dengan komposisi cangkang kerang darah dan silika dari abu sekam padi pada

suhu kalsinasi 1200 °C. *Differential Thermal Analysis* (DTA/TG) dilakukan untuk mengetahui analisis termal, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal, *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) untuk mengetahui struktur mikro dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsional.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mensintesis kalsium silikat (CaSiO_3) berbahan dasar kalsium karbonat dari cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan reaksi padatan?
2. Bagaimana sifat termal kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah, CaCO_3 komersil sebagai kontrol dan silika sekam padi menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi 1200 °C?
3. Bagaimana fasa yang terbentuk pada kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi 1200 °C?
4. Bagaimana morfologi kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah, dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi 1200 °C?
5. Bagaimana gugus fungsi yang terbentuk dari kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi 1200 °C?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mensintesis kalsium silikat (CaSiO_3) berbahan dasar kalsium karbonat dari cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan reaksi padatan.
2. Mengetahui sifat termal kalsium silikat (CaSiO_3) berbahan dasar cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi $1200\text{ }^\circ\text{C}$.
3. Mengetahui fasa yang terbentuk pada kalsium silikat (CaSiO_3) berbahan dasar cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi $1200\text{ }^\circ\text{C}$.
4. Mengetahui morfologi kalsium silikat (CaSiO_3) berbahan dasar cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi $1200\text{ }^\circ\text{C}$.
5. Mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dari kalsium silikat (CaSiO_3) berbahan dasar cangkang kerang darah dan CaCO_3 komersil sebagai kontrol menggunakan metode reaksi padatan pada suhu kalsinasi $1200\text{ }^\circ\text{C}$.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Sintesis kalsium silikat dilakukan dengan metode reaksi padatan.
2. Bahan yang digunakan adalah cangkang kerang darah sebagai CaCO_3 , CaCO_3 komersil dan sekam padi sebagai SiO_2 .
3. Kalsinasi yang dilakukan pada suhu $1200\text{ }^\circ\text{C}$.
4. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan *Differential Thermal Analyzer-Thermogravimetric Analysis (DTA-TGA)*, *X-Ray Diffractometer (XRD)*, *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)* dan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

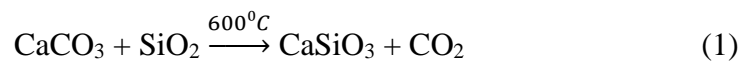
1. Dapat mensintesis dan mengetahui struktur mikro, gugus fungsi, sifat termal dan struktur kristal pembuatan biokeramik kalsium silikat (CaSiO_3) menggunakan bahan dasar dari cangkang kerang darah dan sekam padi.
2. Menjadi bahan acuan bagi penelitian berikutnya yang ingin meneruskan pembuatan kalsium silikat (CaSiO_3) dari bahan baku cangkang kerang darah dan sekam padi.
3. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif dalam pemilihan bahan dasar pembuatan bahan biokeramik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab II menjelaskan tentang beberapa konsep dasar teori yang mendukung topik penelitian. Pembahasan dimulai dengan penjelasan mengenai kalsium silikat (CaSiO_3), karakteristik kalsium silikat, stuktur kristal kalsium silikat, kalsium karbonat (CaCO_3), karakteristik kalsium karbonat, stuktur kristal kalsium karbonat, kerang darah (*Anadara granosa*), silika (SiO_2), karakteristik silika, struktur kristal silika, silika dari sekam padi, serta cara mensintesis kalsium silikat (CaSiO_3).

2.1 Kalsium Silikat (CaSiO_3)

Kalsium silikat (CaSiO_3) atau *wollastonite* merupakan hasil reaksi dari kalsium karbonat dan silika (Jacob, 1976). Kalsium silikat memiliki komposisi massa teoritis CaO sebesar 55% dan SiO_2 sebesar 45% (Ismail *et al.*, 2016). Pembentukan kalsium silikat diperoleh seperti pada reaksi berikut:



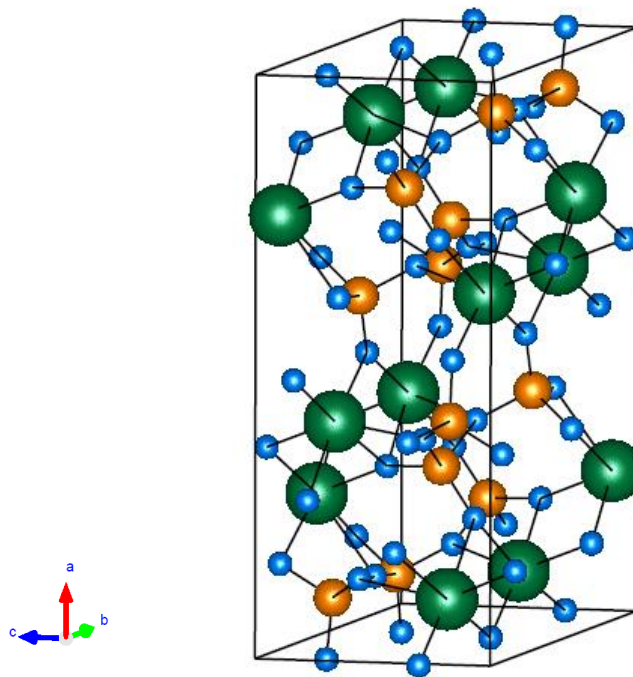
Terlihat pada reaksi di atas bahwa CO_2 terdekomposisi setelah suhu 600°C (Gabbot, 2008) sehingga akan membentuk kalsium silikat.

2.1.1 Karakteristik Kalsium Silikat

Kalsium silikat memiliki karakteristik pada sifat fisis dan sifat mekanik. Pada umumnya sifat fisis kalsium silikat berwarna putih dengan bentuk padat (Thenmuhil *et al.*, 2014) serta mempunyai ukuran butir yang seragam (Istiyati dan Asmi, 2012). Kalsium silikat membutuhkan perlakuan suhu yang tinggi untuk merubah fasa bahan menjadi kristal acicular pada suhu 1120 °C dan akan melebur pada suhu 1540 °C. Pembentukan kristal tersebut akan mempengaruhi sifat mekanik dari kalsium silikat (Virta, 2001). Kalsium silikat memiliki kekerasan 4,8 GPa, kekuatan lentur 41,1 MPa (Pan *et al.*, 2016), Ekspansi termal rendah (Chakradhar *et al.*, 2006) serta tingkat porositas sebesar 15-25 m²/gr yang mirip dengan tulang manusia (Meiszterics and Sinko, 2011). Kalsium silikat juga memiliki sifat bioaktif dan daya larut rendah sebesar 1-3 %, oleh karena itu karakteristik tersebut kalsium silikat dapat diaplikasikan dalam bidang medis (Sun *et al.*, 2013; Ismail *et al.*, 2011). Aplikasi kalsium silikat pada bidang medis diantaranya untuk ortopedik, substitusi tulang (Baciu and Simitzis, 2007), tulang tiruan, dan gigi (Chehlatt *et al.*, 2015). Sedangkan pada bidang industri sebagai bahan baku plastik, karet, dan semen (Croocks, 1999; Martelo *et al.*, 2015).

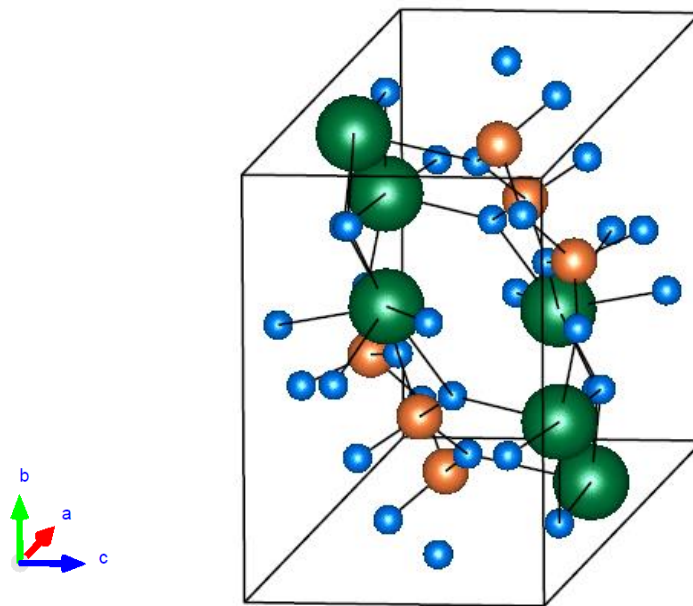
2.1.2 Struktur Kristal Kalsium Silikat

Struktur kristal dari kalsium silikat secara umum ada 3 jenis diantaranya *parawollastonite* (β -CaSiO₃) (Hesse, 1984), CaSiO₃ (Trojer, 1968), dan *pseudowollastonite* (α -CaSiO₃) (Yang and Prewitt, 1999) yang terdiri dari atom-atom Ca (kalsium), Si (silikon), dan O (oksigen). Struktur kristal *parawollastonite* dari program VESTA ditunjukkan pada Gambar 2.1.



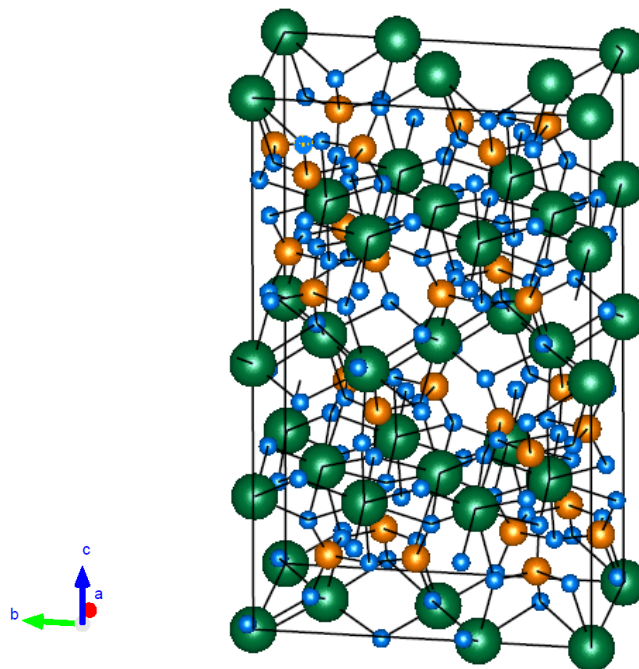
Gambar 2.1. Struktur kristal kalsium silikat *parawollastonite* yang digambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Pada gambar di atas terdapat struktur *parawollastonite* yang terdiri dari atom-atom Ca (kalsium) yang berwarna hijau, Si (silikon) yang berwarna *orange*, dan O (oksigen) yang berwarna biru. Struktur *parawollastonite* memiliki sistem kristal *monoclinic*, tipe pola P, nama *space group* P 21/a, nomor *space group* 14, volume sel satuan = $793,473978 \text{ \AA}^3$ serta parameter kisi $a = 14,40900 \text{ \AA}$, $b = 7,32200 \text{ \AA}$, $c = 7,06300 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 95,30^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ (Hesse, 1984). Struktur kristal kalsium silikat selanjutnya adalah CaSiO_3 yang ditunjukkan Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur kristal kalsium silikat CaSiO_3 digambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Pada gambar di atas terdapat struktur CaSiO_3 yang terdiri dari atom-atom Ca (kalsium) yang berwarna hijau, Si (silikon) yang berwarna *orange*, dan O (oksigen) yang berwarna biru. Struktur kristal CaSiO_3 memiliki sistem kristal *triclinic*, tipe pola P, nama *space group* P-1, nomor *space group* 2, volume sel satuan = $377,723481 \text{ \AA}^3$ serta parameter kisi $a = 6,69500 \text{ \AA}$, $b = 9,25700 \text{ \AA}$, $c = 6,66600 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 86,500^\circ$, $\beta = 76,133^\circ$, $\gamma = 70,383^\circ$ (Trojer, 1968). Struktur kristal kalsium silikat selanjutnya adalah *pseudowollastonite* yang ditunjukkan Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Struktur kristal kalsium silikat *pseudowollastonite* yang digambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Pada gambar di atas terdapat struktur *pseudowollastonite* yang terdiri dari atom-atom Ca (kalsium) yang berwarna hijau, Si (silikon) yang berwarna *orange*, dan O (oksigen) yang berwarna biru. Struktur kristal dari *pseudowollastonite* memiliki sistem kristal *monoclinic*, tipe pola C, nama *space group* C 2/c, nomor *space group* 15, volume sel satuan = $1593,686862 \text{ \AA}^3$ serta parameter kisi $a = 6,83940 \text{ \AA}$, $b = 11,87040 \text{ \AA}$, $c = 19,63130 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90,667^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ (Yang and Prewitt, 1999).

2.2 Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Berbagai bentuk kalsium karbonat dikenal sebagai *calcite*, *aragonite*, dan *veterite* (Keenan, 1992). Fase kalsium karbonat dihasilkan dari bahan dasar yang berbeda (Brecevic and Damir, 2007). *Veterite* diperoleh dari bahan inorganik

yang memiliki kemurnian tinggi tetapi memiliki fasa kurang stabil dibandingkan *aragonite* dan *calcite* (Wang and Becker, 2009), *calcite* merupakan fasa kristal yang paling stabil dan mulai terbentuk setelah *aragonite* (Declat *et al.*, 2016) sedangkan *aragonite* diperoleh dari bahan alam atau organik (Islam *et al.*, 2011). Bentuk ini dihasilkan dari reaksi unsur kalsium, karbon dan oksigen. Setiap unsur karbon terikat kuat dengan tiga oksigen, dan ikatannya lebih longgar dari ikatan antara karbon dengan kalsium pada satu senyawa (Bahanan, 2010). Hasil kalsium karbonat tidak hanya dari bahan komersil tetapi juga dari bahan non komersil. Salah satu bahan non komersil yang dapat digunakan adalah bahan kerang-kerangan yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan komersil dari kalsium karbonat (Hamester *et al.*, 2012). Cangkang kerang berpotensi sebagai sumber kalsium karbonat (Hariharan *et al.*, 2014) karena memiliki kandungan kalsium karbonat sebesar 98,99 % (Mohamed *et al.*, 2012).

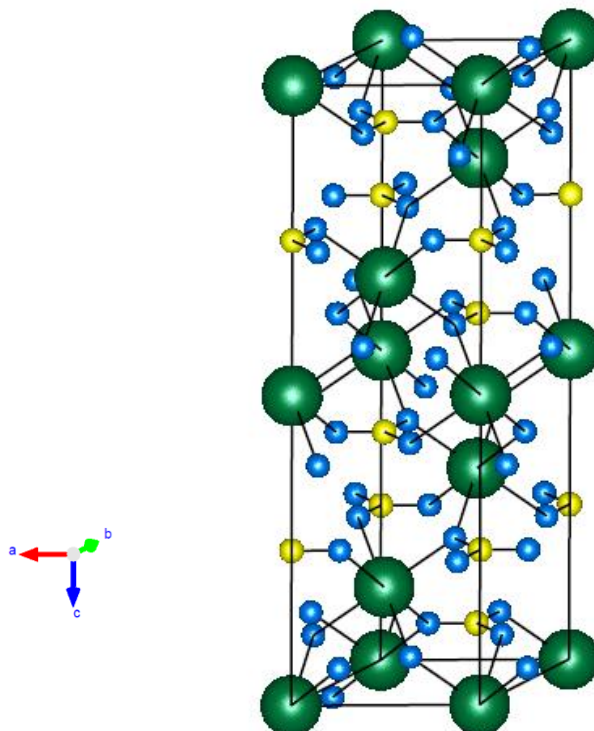
2.2.1 Karakteristik Kalsium Karbonat

Kalsium karbonat terjadi dalam dua bentuk yaitu *rhombohedral* yang dikenal sebagai *calcite*, dan bentuk *orthorombic* sebagai *aragonite*. *Calcite* terurai pada pemanasan di 825 °C, *aragonite* meleleh pada 1339 °C. *Calcite* memiliki densitas sebesar 2.71 g/cm³ sedangkan *aragonite* memiliki densitas sebesar 2.83 g/cm³ dan dapat larut dalam air (15 mg/L pada 25 °C) (Patnaik, 2003). Meskipun memiliki fasa yang berbeda pada umumnya kalsium karbonat memiliki sifat fisis berwarna putih, berbentuk serbuk, tidak berbau, memiliki kelarutan dalam air 0.0013 g/100mL pada suhu (25 °C), memiliki berat molekul 100.09 g/mol (Zelienople, 2016) dan memiliki ukuran partikel berkisar 50-90 nm.

Dari karakteristik tersebut kalsium karbonat dapat diaplikasikan dalam biomaterial (Shimpi *et al.*, 2015), terutama pada bidang medis (Kamba *et al.*, 2013) sebagai bahan dasar kalsium karbonat untuk pengganti tulang (Bharatham *et al.*, 2014), substitusi tulang, dan gigi palsu (Dijaz *et al.*, 2015).

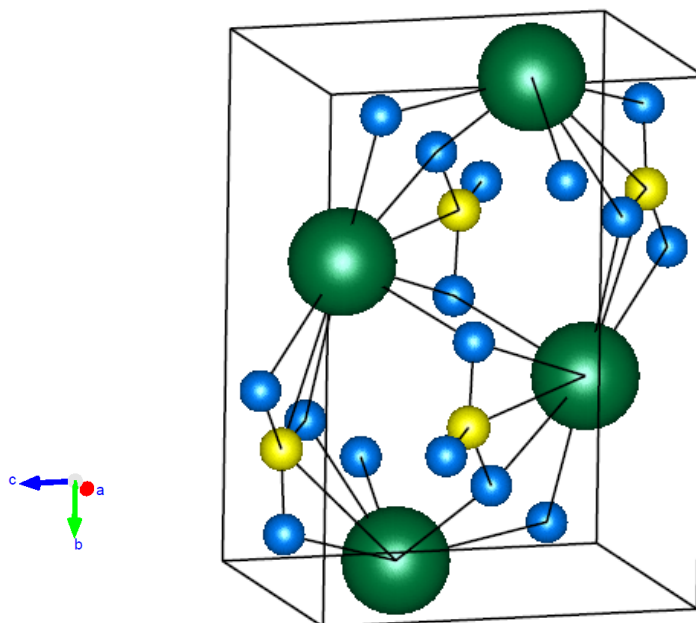
2.2.2 Struktur Kristal Kalsium Karbonat

Struktur kristal dari kalsium karbonat ada beberapa jenis diantaranya *calcite* (Sitepu *et al.*, 2005), *aragonite* (Antao and Hassan, 2009), dan *veterite* (Wang and Becker, 2009) yang terdiri dari atom-atom Ca (kalsium), C (karbon), dan O (oksigen). Struktur kristal *calcite* yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur kristal kalsium karbonat *calcite* yang digambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

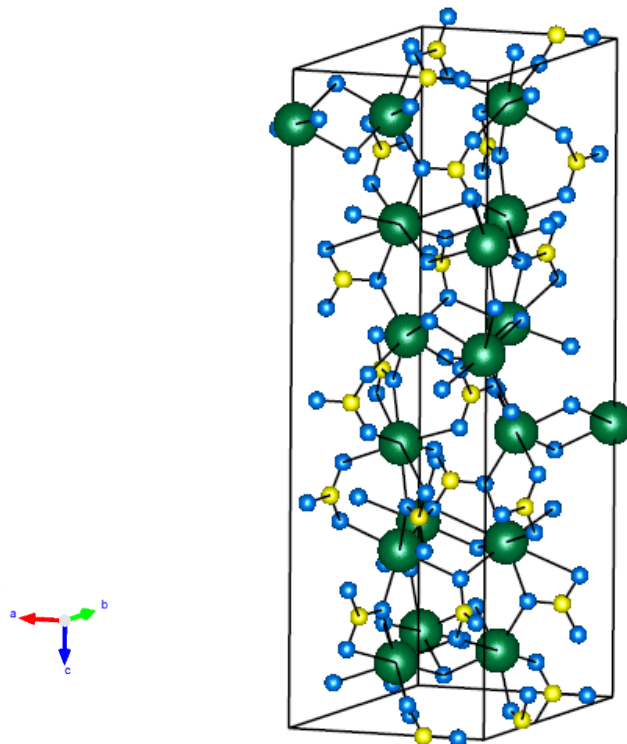
Gambar di atas menunjukkan ikatan atom-atom Ca (kalsium) yang berwarna hijau, C (karbon) berwarna kuning, dan O (oksigen) berwarna biru. Struktur kristal *calcite* memiliki sistem kristal *rhombohedral*, tipe pola R, nama *space group* R-3c, nomor *space group* 167, volume sel satuan = $368,103374 \text{ \AA}^3$, parameter kisi, $a = 4,99026 \text{ \AA}$, $b = 4,99026 \text{ \AA}$, $c = 17,06840 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$ (Sitepu *et al.*, 2005). Struktur kalsium karbonat selanjutnya adalah *aragonite* yang ditunjukkan Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur kristal kalsium karbonat *aragonite* yang digambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar di atas menunjukkan ikatan atom-atom Ca (kalsium) yang berwarna hijau, C (karbon) berwarna kuning, dan O (oksigen) berwarna biru. Struktur kristal *aragonite* memiliki sistem kristal *orthorombic*, tipe pola P, nama *space group* $p m c n$, nomor *space group* 62, volume sel satuan = $227,010708 \text{ \AA}^3$, parameter kisi $a = 4,96062 \text{ \AA}$, $b = 7,97006 \text{ \AA}$, $c = 5,74181 \text{ \AA}$ dan nilai sudut

$\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ (Antao and Hassan, 2009). Struktur kristal kalsium karbonat selanjutnya adalah *veterite* yang ditunjukkan Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur kristal kalsium karbonat *veterite* yang digambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Gambar di atas menunjukkan ikatan atom-atom Ca (kalsium) yang berwarna hijau, C (karbon) berwarna kuning, dan O (oksigen) berwarna biru. Struktur kristal dari *veterite* memiliki sistem kristal *hexagonal*, tipe pola P, nama *space group* P 65 2 2, nomor *space group* 179, volume sel satuan = $1164,502797 \text{ \AA}^3$, parameter kisi $a = 7,290 \text{ \AA}$, $b = 7,290 \text{ \AA}$, $c = 25,302 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$ (Wang and Becker, 2009).

2.3 Kerang darah (*Anadara granosa*)

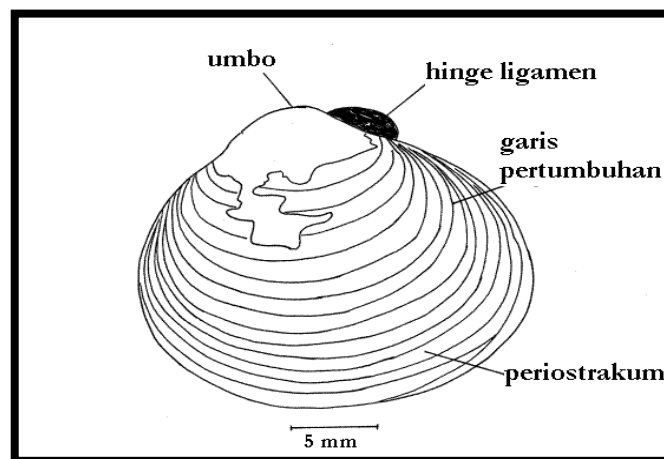
Kerang darah yang biasa dikenal sebagai *cockle* adalah sekelompok kerang yang memiliki belahan cangkang yang sama melekat satu sama lain pada batas cangkang. Kerang darah hidup terbenam dibawah permukaan tanah diperairan pada kedalaman hingga 1 m. Cangkang pada kerang darah berukuran sedikit lebih panjang dibanding tingginya tonjolan (umbo). Setiap belahan cangkang pada kerang memiliki panjang 19-23 cm. Lapisan luar cangkang umumnya berwarna putih, berselaputkan suatu lapisan berwarna kecokelatan. Lapisan dalam cangkang umumnya berwarna putih keruh. serta memiliki substrat pasir berlumpur. Pertumbuhan kerang darah tergolong lambat, hanya 0,098 mm/hari. Kerang darah memakan makanan dengan cara menyaring (*filter feeder*) (Ghufran, 2011).

Kerang darah termasuk kelas *Pelecypoda* atau *Bivalvia* meliputi kerang, tiram, remis dan sebangsanya. Pada dasarnya *Pelecypoda* mempunyai cangkang setangkup dan sebuah mantel yang berupa dua daun telinga atau cuping yang simetri bilateral. Kerang tidak mempunyai radula seperti *Gastropoda* dan tidak mempunyai kepala atau tentakel yang nyata. Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan jenis kerang yang termasuk kedalam kelas *Pelecypoda*. Berikut klasifikasi dari kerang darah yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kerang Darah (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

Kingdom	Animalia
Filum	Molusca
Kelas	Pelecypoda
Sub Kelas	Lamelladibranchia
Ordo	Taxodonta
Family	Arcidea
Genus	Anadara
Spesies	Anadara granosa

Berdasarkan kelasnya dapat dilihat struktur morfologi *Pelecypoda* ditunjukkan pada Gambar 2.7.

Gambar 2.7. Struktur morfologi *Pelecypoda* (Rusyana, 2013).

Cangkang terdiri dari dua bagian seperti pada Gambar 2.7, kedua cangkang tersebut disatukan oleh suatu sendi elastis yang disebut *hinge* (terletak di permukaan dorsal). Bagian dari cangkang yang membesar atau menggelembung dekat sendi disebut *umbo* (bagian cangkang yang umurnya paling tua). Disekitar *umbo* terdapat garis yang menunjukkan interval pertumbuhan dan sel epitel bagian luar dari mantel menghasilkan zat pembuat cangkang (Rusyana, 2013).

Cangkang kerang darah terdiri atas beberapa senyawa penyusun yaitu SiO_2 sebesar 7,88%, Al_2O_3 sebesar 1,25%, Fe_2O_3 sebesar 0.03%, MgO sebesar 22,28%, dan CaO sebesar 66,70% (Maryam, 2006). Setelah di sintesis maka kandungan kalsium karbonat pada cangkang akan menjadi 98,99% (Muhamed *et al.*, 2012).

2.4 Silika (SiO_2)

Silika adalah salah satu unsur utama yang terdapat dalam kerak bumi dengan rumus molekul SiO_2 . Silika secara alami terkandung pada pasir, krikil, batu-batuan dan sekam padi. Senyawa silika ini terdapat dalam bentuk amorf (tidak beraturan) atau polimerfisme (bentuk kristal berbeda-beda) (Handayani dan Alimudin, 2010). Dari hasil penelitian menunjukkan perubahan silika amorf menjadi fasa kristal terjadi pada pemanasan sekitar 800 °C dan optimal pada 900 °C (Sugita, 1993).

2.4.1 Karakteristik Silika

Silika mempunyai karakteristik yang ditunjukkan Tabel 2.2.

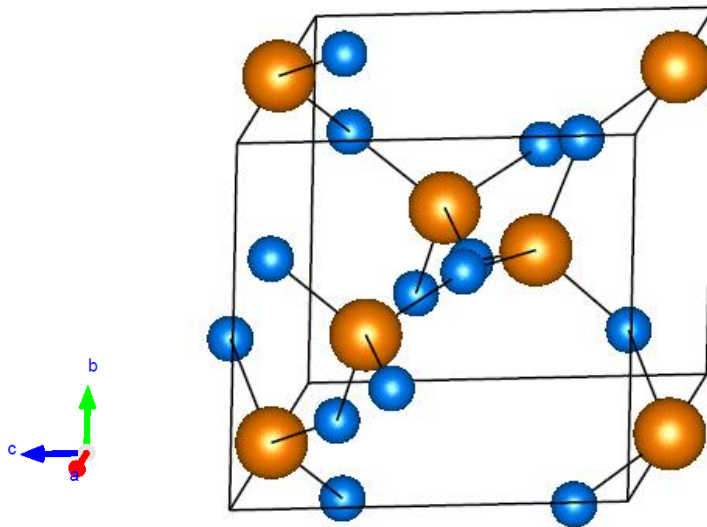
Tabel 2.2 Karakteristik silika (El-Kareh, 1995).

Kategori	Karakteristik Silika (SiO_2)
Sistem kristal	Tetra hedral
Bentuk	Padat
Berat Jenis (gr/cm^3)	2,6
Titik lebur (°C)	1610
Titik didih (°C)	2230
Kekerasan (Kg/mm^2)	650
Kekuatan tekuk (Mpa)	70
Kekuatan tarik (Mpa)	110
Modulus elastik (Gpa)	73-75
Resistivitas (Ωmm)	17
Konduktivitas termal ($\text{W}/(\text{cm K})$)	$3,2 \times 10^{-3}$

Dari tabel di atas dapat diketahui titik didih dari silika 2230 °C dengan mempunyai sistem struktur tetrahedral. Ciri dari silika yang padat, memiliki tingkat titik cair 1610 °C dimana pada suhu tersebut cukup tinggi untuk suatu bahan. Ciri fisik silika yaitu berbentuk padatan atau serbuk yang halus, berwarna putih, titik didih dan cair yang tinggi seperti pada Tabel 2.2, serta daya tahan yang tinggi terhadap asam dan basa, dan tidak larut dalam air (Katsuki, *et al.*, 2005). Silika tersebut bisa didapatkan paling banyak pada pasir kuarsa (Ayu dkk., 2013) dan sekam padi (Yuvvakkumar *et al.*, 2014).

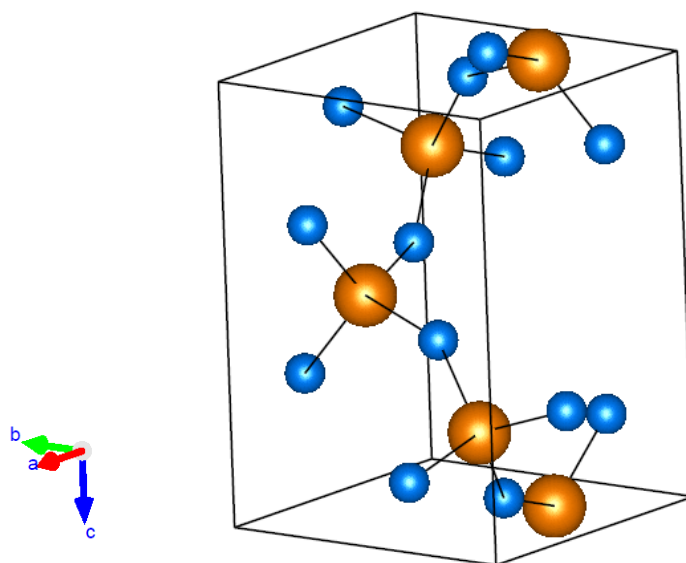
2.4.2 Struktur Kristal Silika (SiO₂)

Struktur kristal dari silika ada beberapa jenis diantaranya *quartz* (Levien *et al.*, 1980), *crystalite* (Dera *et al.*, 2011), dan *tridymite* (Graetsch and Dierdorf, 1996) yang terdiri dari atom-atom Si (Silika) dan O (oksigen). Berdasarkan susunan struktur, silika terbentuk dari susunan primer silikat tetrahedral SiO₄⁴⁻. Satu atom Si⁺⁴ dikelilingi oleh empat atom oksigen yang terkait secara ikatan ionik dan kovalen membentuk ikatan tetrahedral, dimana dua atom silika berikatan dengan setiap atom oksigen (Vlack, 1992). Struktur kristal *quartz* ditunjukkan pada Gambar 2.8.



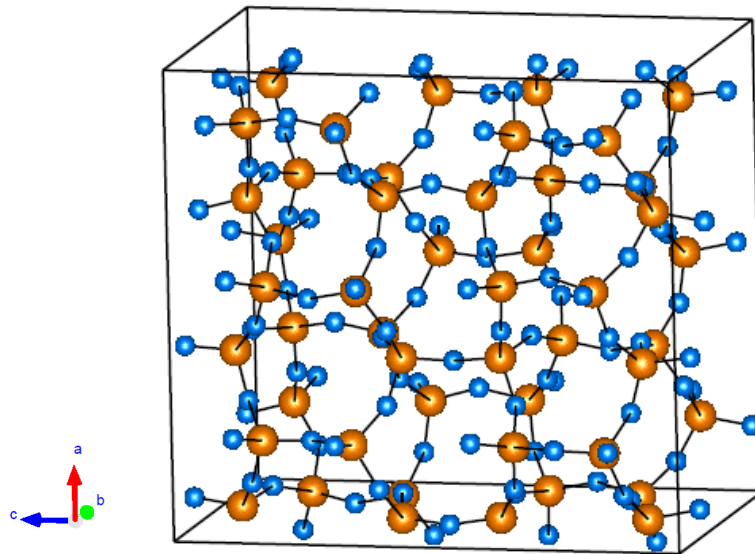
Gambar 2.8 Struktur kristal silika *quartz* yang digambar dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Pada gambar di atas menunjukkan ikatan atom-atom Si (Silikon) berwarna *orange* dan O (Oksigen) berwarna biru. Struktur kristal *quartz* yang memiliki sistem kristal *trigonal*, tipe pola P, nama *space group* P 32 2 1, nomor *space group* 154, volume sel satuan= $113,131145 \text{ \AA}^3$ serta parameter kisi $a = 4,9160 \text{ \AA}$, $b = 4,9160 \text{ \AA}$, $c = 5,4054 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$ (Levien *et al.*, 1980). Struktur kristal silika selanjutnya adalah *crystalite* yang ditunjukkan Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Struktur kristal silika *cristobalite* yang digambar kembali dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Pada gambar di atas menunjukkan ikatan atom-atom Si (Silikon) berwarna *orange* dan O (Oksigen) berwarna biru. Struktur kristal *cristobalite* memiliki sistem kristal *tetragonal*, tipe pola P, nama *space group* P 41 21 2, nomor *space group* 92, volume sel satuan = $169,708717 \text{ \AA}^3$ serta parameter kisi $a = 4,9501 \text{ \AA}$, $b = 4,9501 \text{ \AA}$, $c = 6,9259 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ (Dera *et al.*, 2011). Struktur kristal silika selanjutnya adalah *tridymite* yang ditunjukkan Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Struktur kristal silika *tridymite* yang digambar dengan program VESTA (Momma and Izumi, 2011).

Pada gambar di atas menunjukkan ikatan atom-atom Si (Silikon) berwarna *orange* dan O (Oksigen) berwarna biru. Struktur kristal *tridymite* memiliki sistem kristal *monoclinic*, tipe pola *C*, nama *space group* *C 1*, nomor *space group* 1, volume sel satuan = $2122,287637 \text{ \AA}^3$ serta parameter kisi $a = 15,0210 \text{ \AA}$, $b = 8,6004 \text{ \AA}$, $c = 16,4338 \text{ \AA}$ dan nilai sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 91,512^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ (Graetsch and Dierdorf, 1996).

2.5 Silika dari Sekam Padi

Sekam padi memiliki 70-75 % bahan organik diantaranya lignin, selulosa, gula, silika dan lain sebagainya. (Riveros and Garza 1986). Jumlah silika pada sekam padi sebesar 80 wt % dan 20 wt % adalah senyawa lain yaitu Al_2O_3 , SO_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , dan K_2O (Ismail and Waliuddin, 1996). Untuk mendapatkan kemurnian silika yang tinggi dari sekam padi dapat diproses dengan metode *sol-gel* (Kalapathy *et al.*, 2000).

Kalapathy *et al* (2000) membuat silika dari sekam padi, proses awal yang dilakukan adalah membuat *sol*. Langkah pertama dengan mencuci sampel, lalu menyesuaikan nilai pH yang akan digunakan dan sampel diaduk. Setelah selesai sampel disaring dan dicuci dengan air bersih. Dilanjutkan dengan memasukkan zat basa dengan konsentrasi tertentu dan di panaskan. Menyaring hasil adukan tersebut, didinginkan sejenak, kemudian ditambahkan zat asam dan di diamkan semalaman agar terbentuk gel. Proses *sol-gel* pH adalah aspek yang paling penting, oleh karena itu perhitungan asam dan basa pada bahan sangat dibutuhkan.

Dari proses tersebut, kemurnian lebih tinggi dari sekam padi dapat diperoleh dengan proses *leaching* menggunakan zat asam (Junko and Kondoh, 2008) serta sekam padi dibakar pada suhu 700°C selama 3 yang akan menghasilkan kemurnian dari silika dari sekam padi sebesar 99% (Yuvakkumar *et al.*, 2014) Dengan kemurnian yang tinggi, sekam padi dapat digunakan sebagai bahan penelitian untuk pencampuran suatu bahan seperti *hydroxyapatite* (Balgies Dkk., 2011) atau Kalsium silikat (CaSiO_3) (Yazdani *et al.*, 2010).

2.6 Sintesis Kalsium Silikat (CaSiO_3)

Sintesis CaSiO_3 dapat dilakukan dengan beberapa metode. Metode yang umum digunakan antara lain metode reaksi padatan (Rashid *et al*, 2014; Thenmuhi *et al*, 2014; Phuttawong *et al*, 2014), metode *sol-gel* (Ismail *et al*, 2016; Nayak *et al*, 2010) dan metode hidrotermal (Gabrovsek, 1993; Yazdani *et al*. 2010; Lin *et al*, 2006).

2.6.1 Metode Reaksi Padatan

Metode pertama adalah metode reaksi padatan. Metode reaksi padat merupakan salah satu teknik yang secara luas telah digunakan dalam pembuatan padatan polikristalin, dimana padatan kristalin disintesis secara langsung dari pereaksi-pereaksinya yang berwujud padat. Teknik ini biasanya menggunakan suhu yang tinggi bahkan mencapai 1000 hingga 1500°C dimana laju reaksi padatan-padatan itu akan cukup tinggi. Adapun langkah-langkah dalam sintesis pada reaksi padatan yaitu dengan memilih pereaksi yang tepat dengan ciri-ciri serbuk yang berbutir kecil untuk memaksimalkan luas permukaan untuk menghasilkan bahan yang reaktif agar mempercepat reaksi serta dapat mengukur komposisi yang akan digunakan secara akurat menggunakan neraca analitis. Kemudian mencampurkan berbagai pereaksi dengan menggunakan *mortar* dan *pestel* (pelarut organik sebagai pembasah) ataupun menggunakan *ball mill* (khusus untuk preparasi dalam jumlah besar dalam proses pencampuran bahan yang dapat membuat ukuran butir semakin kecil) (Ismunandar, 2006).

Pada penelitian Shukur *et al* (2014) melakukan sintesis kalsium silikat menggunakan metode reaksi padatan. Penelitian ini menggunakan bahan dasar batu kapur sebagai kalsium karbonat dan silika dari pasir. Proses penggabungan bahan tersebut dilakukan menggunakan *ball mill* selama 15 jam dengan 300 putaran/menit, lalu bahan di *sintering* pada rentang suhu 1050-1300 °C dan didapatkan hasil bahwa pada suhu 1050 °C telah muncul fasa β -CaSiO₃ dan bertransformasi menjadi α -CaSiO₃ pada suhu 1150 °C.

Istiyati dan Asmi (2012) melakukan sintesis kalsium silikat dengan pencampuran cangkang telur dan silika komersil dan dilakukan penggerusan selama 1 jam, kemudian disintering pada suhu 1300 °C. Didapatkan hasil bahwa pada sampel kalsium silikat yang di *sintering* pada suhu 1300 °C memiliki ukuran butir yang seragam, penyatuan yang tampak jelas, batas butir yang sedikit, dan terdapat *micro cracking* pada sampel. Phuttawong *et al* (2015) melakukan sintesis kalsium silikat dengan campuran cangkang siput murbai dan abu sekam dengan rasio 1:1. Proses pencampuran bahan dilakukan dengan bola alumina dengan variasi waktu 5, 6, 7, dan 8 jam kemudian dikalsinasi pada suhu 800, 900, dan 1000 °C. Diperoleh hasil bahwa semakin lama proses *milling* maka akan semakin terlihat formasi kalsium silikatnya.

2.6.2 Metode Hidrotermal

Metode kedua yang biasa digunakan adalah metode hidrotermal. Dimana metode hidrotermal merupakan salah satu cara untuk mengatasi beberapa kelemahan dari metode basah, seperti konsumsi waktu panjang dan kontaminasi kimia. Metode hidrotermal merupakan metode yang sesuai untuk mempersiapkan kristal yang baik, bentuk dan komposisi yang dapat dicapai pada temperatur rendah serta dipilih karena relatif sederhana tanpa menggunakan peralatan yang rumit dan mahal yang menggunakan pereaksi dari air dengan panas (Gabrovsek, 1993). Adapun penelitian yang dilakukan oleh Putharod *et al* (2013) yang mensintesis kalsium silikat dengan menggunakan cangkang telur dan *diatomite* menggunakan metode hidrotermal dengan rasio 1:1 dengan suhu 100, 150, 200 °C masing-masing dalam waktu 24 jam dalam metode hidrotermal dan dikalsinasi

pada suhu 1000 °C. Diperoleh fasa *wollastonite* telah terbentuk, dan dengan menggunakan metode ini sintesis untuk kalsium silikat sangat mudah dan murah. Kelebihan lain pada metode hidrotermal dapat dilakukan pada suhu rendah dengan tekanan yang tinggi dan dapat menghasilkan *wollastonite* dengan kemurnian tinggi setelah kalsinasi 800 °C selama 2 jam dengan menggunakan campuran kalsium nitrat dan sodium silikat yang menghasilkan *tobermorite* bertransformasi ke *wollastonite* (Lin *et al.*, 2006). Penambahan tekanan mempunyai pengaruh signifikan pada efisiensi hidrotermal, pada tekanan tinggi akan menghasilkan kualitas tinggi dan kristalografi acicular pada bahan (Yazdani *et al.*, 2010).

2.6.3 Metode Sol-Gel

Metode ketiga yang paling umum digunakan adalah metode *sol-gel*. Metode *sol-gel* merupakan metode yang dapat menghasilkan kemurnian tinggi suatu bahan dengan proses membuat bahan *sol* menjadi bentuk *gel*. Kalsium silikat yang diproses dengan metode *sol-gel* akan menghasilkan kemurnian yang tinggi dan tingkat homogenitas yang tinggi pula setelah stabil dan berubah fasa (Fernandez, 2012). Baciú and Simitzis (2007) melakukan sintesis kalsium silikat dengan campuran *tetraethyl orthosilicate* dan *calcium nitrite tetrahydrate* menggunakan metode *sol-gel*. Pencampuran dilakukan pada bahan saat pembuatan *sol* kemudian di proses menjadi *gel*, selanjutnya sampe di *aging* dan dikeringkan sebelum di bentuk pelet. *Sintering* dilakukan pada suhu 1000 °C selama 1 jam diperoleh hasil bahwa fasa kalsium silikat telah terbentuk dan

dengan metode ini diperoleh hasil yang homogen dan kemurnian yang tinggi setelah mencapai suhu pengkristalannya.

Sedangkan pada penelitian Sun *et al* (2013) dengan bahan yang sama dilakukan sintesis kalsium silikat dengan temperatur rendah diperoleh hasil sampel menjadi bahan kalsium silikat yang bersifat *bioactive* yang stabil. Pada metode ini diperlukan perhitungan molar yang tepat dikarenakan berhubungan dengan pencampuran zat dengan cairan dan pereaksinya (Nayak *et al.*, 2010).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2017 s.d Februari 2018 di Laboratorium Fisika Material FMIPA Unila. Kalsinasi dan uji DTA/TGA dilakakukan di Laboratorium UPT LTSIT FMIPA Unila. Uji XRD, FTIR dan SEM-EDX dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju Universitas Negeri Malang (UNM).

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu *oven*, *panci blender*, *mortar* dan *pestle*, ayakan, *ball mill*, *furnance*, kertas *label*, *pressing hidrolik*, *aluminum foil*, *stirrer magnetic*, wadah tertutup, *hotplate stirrer*, timbangan, kertas saring, pemutih, gelas beker, gelas ukur, spatula, pipet tetes, kompor listrik dan alat-alat karakterisasi seperti *Fourier Transform Infrared* (FTIR) SHIMUDZU, *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX) AMETEK, *X-Ray Diffraction* (XRD) XPERT PRO, dan *Differential Thermal Analysis – Thermogravimetric Analysis* (DTA-TGA) EXSTAR SII 7300. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cangkang kerang darah, CaCO_3 komersil, sekam padi, HCl, H_2SO_4 , etanol, aquades dan KOH.

3.3 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dari penelitian ini sebagai berikut:

3.3.1 Preparasi Cangkang Kerang Darah

Adapun prosedur preparasi cangkang kerang darah sebagai berikut :

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 cangkang dalam oven pada suhu 100 °C selama 3 jam.
5. Membuat larutan H₂SO₄ dengan komposisi 5 %: 95 % (5 % H₂SO₄ dan 95 % aquades).
6. Membersihkan kotoran yang menempel pada cangkang menggunakan larutan tersebut dengan cara disikat.
7. Mencuci cangkang dengan air hingga bersih.
8. Mengeringkan cangkang dalam oven pada suhu 250 °C selama 3 jam.
9. Kemudian cangkang diblender hingga halus.
10. Sampel diayak menggunakan ayakan.
11. Sampel digerus selama 3 jam menggunakan *mortar* dan *pestle*.
12. Menggiling sampel dengan *ball mill* selama 2 jam.
13. Sampel di kalsinasi pada suhu 700 °C selama 3 jam.
14. Sampel siap digunakan.

3.3.2 Ekstraksi Silika dari Sekam Padi

Adapun prosedur untuk mendapatkan silika sekam padi dengan menggunakan metode *sol-gel* sebagai berikut:

1. Membersihkan sekam padi dari kotoran dengan air.
2. Merendam sekam padi didalam air selama 1 jam, sekam yang mengapung dibuang dan sekam yang mengendap yang akan digunakan.
3. Membersihkan sekam padi dengan air secara berulang hingga bersih.
4. Mengeringkan sekam padi dibawah sinar matahari.
5. Merendam sekam padi dengan air panas selama 15 menit.
6. Mengeringkan sekam padi dibawah sinar matahari.
7. Mengeringkan sekam dalam oven pada suhu 110 °C selama 2 jam.
8. Mengekstraksi 50 gram sekam padi didalam larutan aquades 500 ml dengan konsentrasi KOH 5 %, dipanaskan menggunakan kompor listrik dengan daya 600 W selama 1 jam hingga pH 8.
9. Menyaring ekstraksi untuk memisahkan larutan *sol* dengan ampas sekam padi dengan kertas saring.
10. Meng- *aging* larutan *sol* selama 24 jam.
11. Mencampurkan larutan HCL 10 % kedalam larutan *sol* dengan pipet tetes hingga terbentuk *gel* hingga pH 7.
12. Membersihkan hasil *gel* dengan menggunakan pemutih.
13. Mengeringkan *gel* dalam oven pada suhu 100 °C selama 8 jam.
14. Menggerus silika padatan selama 3 jam hingga menjadi serbuk silika yang halus.
15. Sampel di kalsinasi pada suhu 700 °C selama 3 jam.

16. Sampel siap digunakan.

3.3.3 Sintesis Kalsium Silikat

Sintesis kalsium silikat dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Membuat perbandingan massa SiO_2 dan massa CaCO_3 yaitu 1 : 1.
2. Memasukkan 7,5025 gram SiO_2 dan 12,4975 gram CaCO_3 kedalam gelas beker.
3. Memasukkan larutan etanol 150 ml kedalam beker.
4. Mengaduk sampel diatas *stirrer* selama 5 jam.
5. Mengeringkan sampel dalam oven pada suhu 100 °C selama 24 jam.
6. Menggerus sampel dengan *mortar* dan *pestle* selama 3 jam.
7. Membuat sampel menjadi pelet menggunakan *pressing hidrolic* sebanyak 1 gram dengan tekanan 1.500 kg/cm³.
8. Sampel siap digunakan.

3.3.4 Kalsinasi

Proses kalsinasi dilakukan dengan menggunakan *furnace*. Kalsinasi dilakukan pada serbuk sampel dan serbuk pembanding pada suhu kalsinasi 1200 °C dengan waktu tahanan 3 jam. Proses kalsinasi ini dilakukan dengan memasukkan sampel kedalam *furnace*, kemudian menghubungkan *furnace* dengan jaringan listrik, mengatur suhu kalsinasi, setelah proses kalsinasi selesai *furnace* dimatikan dan sampel dikeluarkan dari *furnace*.

3.3.5 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 $T_{start} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{pengukuran} = 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ *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.

3.3.6 XRD (*X-Ray Diffraction*)

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* dibagian *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*).

3.3.7 SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray*)

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.

3.3.8 *Fourier Transform Infra Red spectroscopy (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* aduk 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 hidrolik 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*.

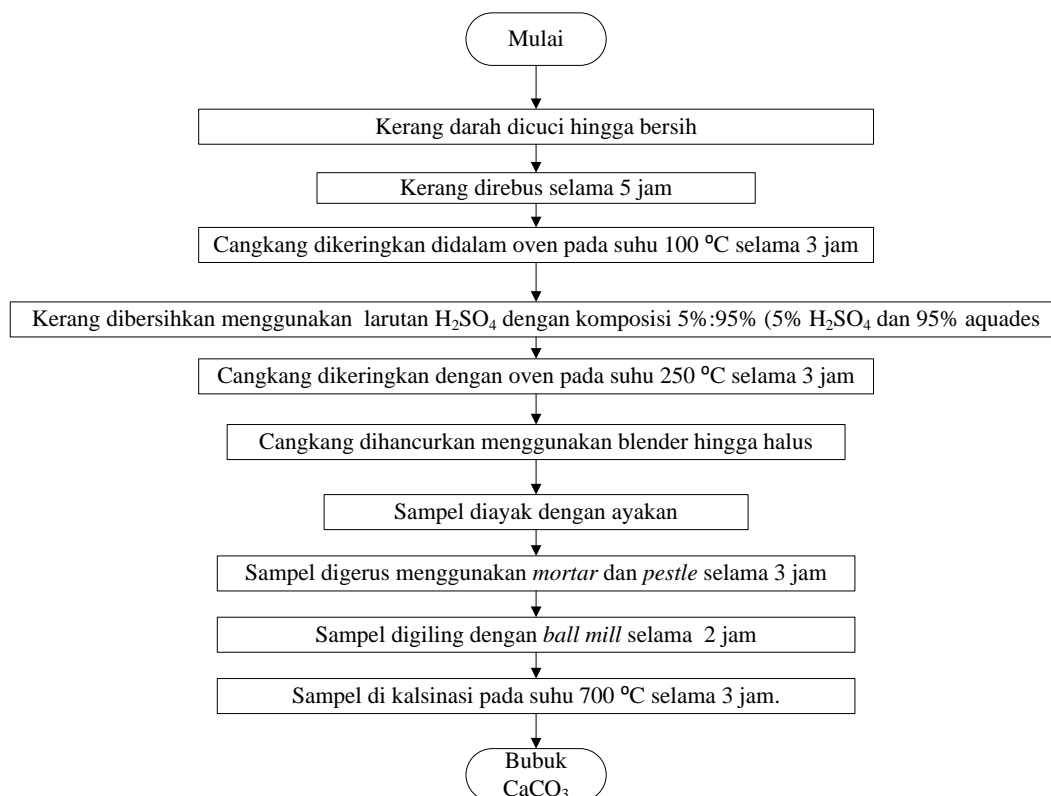
12. Menghidupkan alat dengan mengalirkan sumber arus listrik, alat interferometer dan komputer.
13. Klik "*shortcut 8400*" pada layar komputer yang menandakan program interferometer.
14. Menempatkan sampel dalam alat interferometer pada komputer klik FTIR 8400 dan mengisi data file.
15. Klik "*Sample 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.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir dari penelitian ini sebagai berikut:

3.4.1 Preparasi Kerang Darah (*Anadara granosa*)

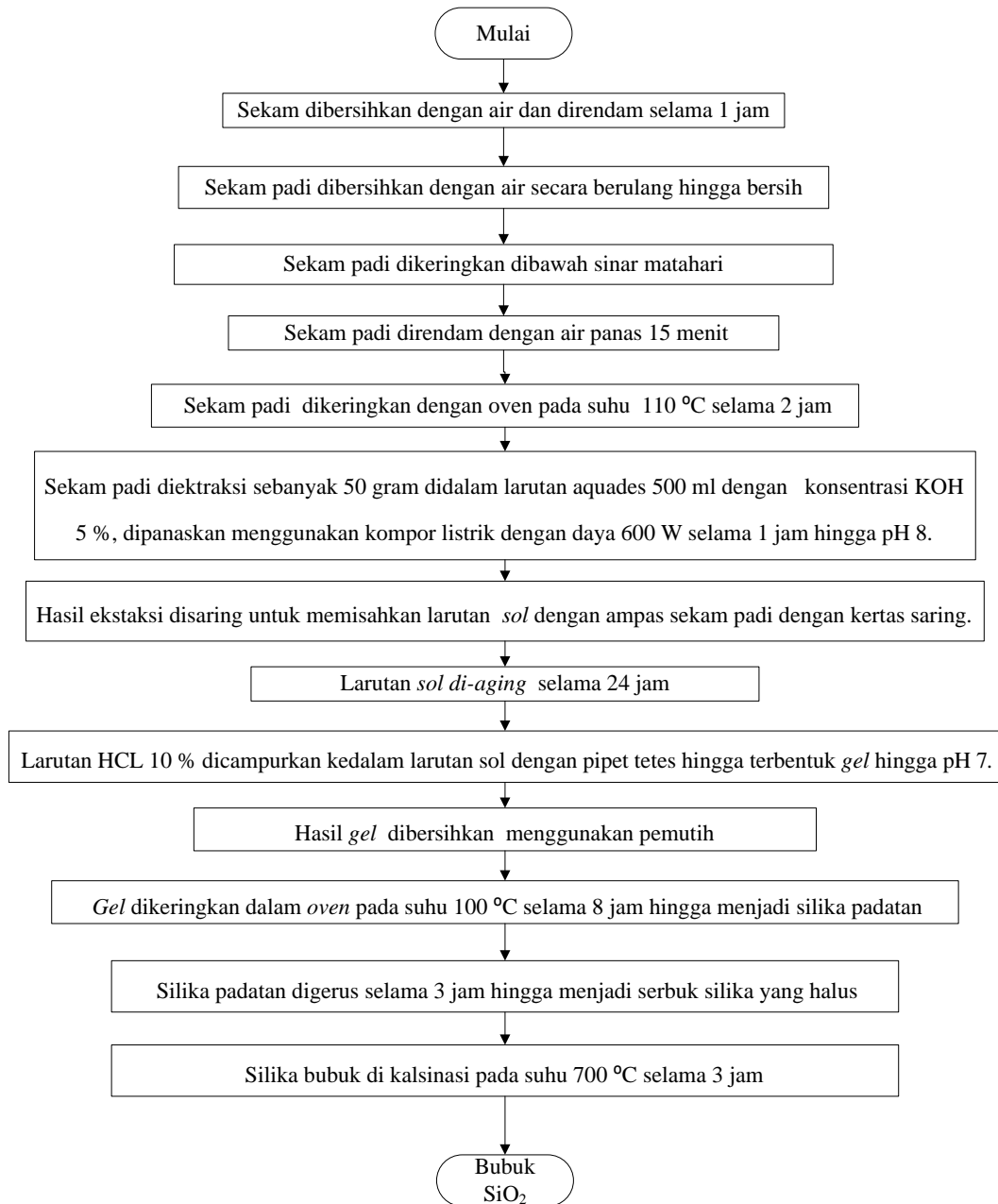
Adapun diagram alir preparasi cangkang kerang darah ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Preparasi kerang darah (*Anadara granosa*)

3.4.1 Ekstraksi Silika (SiO_2) dari Sekam Padi

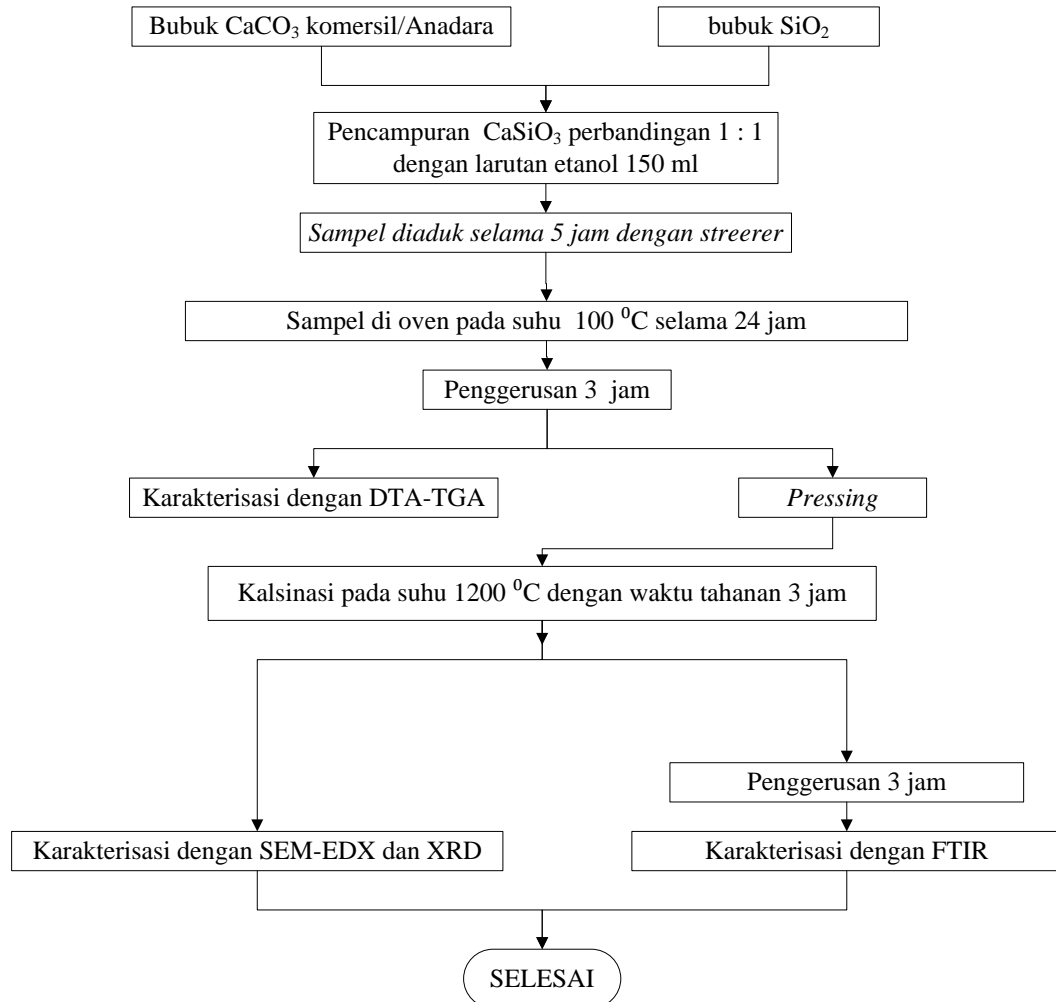
Ekstraksi untuk membuat silika dari sekam padi ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Ekstraksi silika (SiO_2) dari sekam padi.

3.4.3 Sintesis Kalsium Silikat (CaSiO_3) dengan Metode Reaksi Padatan

Adapun proses sintesis kalsium silikat dengan menggunakan reaksi padatan ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sintesis kalsium silikat (CaSiO_3) dengan metode reaksi padatan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sintesis kalsium silikat berhasil dilakukan dengan mendapatkan kalsium silikat sebanyak 19,74 gr.
2. Penyusutan massa kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah sebesar 27,52% pada suhu 702 °C sedangkan kalsium silikat berbahan dasar CaCO₃ komersil sebesar 28,03% pada suhu 717 °C.
3. Hasil analisis XRD setelah kalsium silikat berbahan dasar cangkang kerang darah yang dikalsinasi pada suhu 1200 °C memiliki fasa β -CaSiO₃ sebagai fasa minor serta α -CaSiO₃ dan CaSiO₃ sebagai fasa mayor, sedangkan pada kalsium silikat berbahan dasar CaCO₃ komersil hanya terbentuk α -CaSiO₃ dan CaSiO₃.
4. Hasil analisis FTIR untuk kedua bahan dasar kalsium silikat yang dikalsinasi pada suhu 1200 °C menunjukkan terbentuknya gugus fungsi Si-O, Si-O-Si, Si-O-Ca, O-Si-O, CO₃²⁻, dan absorpsi OH.
5. Hasil Analisis SEM kalsium silikat yang dikalsinasi pada suhu 1200 °C dengan bahan dasar cangkang kerang darah menunjukkan bentuk *granular* (butiran kecil), sedangkan pada bahan dasar CaCO₃ komersil menunjukkan bentuk

acicular (tidak bulat). Serta dari hasil analisis EDX diperoleh unsur yang terbentuk adalah Ca, Si, O, dan C untuk kedua bahan.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar bahan dasar silika di *leaching* menggunakan cairan asam serta di bakar hingga menjadi abu sekam padi sebelum memulai proses sintesis silika dengan metode *sol-gel* untuk mendapatkan kemurnian silika lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, F., Ahmed, A. E., 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.
- Almeida, T. F., Leite, F. H. G., Faria, R. T., and Holanda, J. N. F. 2017. Thermal Study Of Calcium Silicate Material Synthesized With Solid Wastes. *Journal Thermal Analysis Calorim*. Vol. 128. Pp. 1265-1272.
- 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.
- Ardiansyah, A. 2015. Sintesis Nanosilika dengan Metode *Sol-Gel* dan Uji Hidrofobisitas pada Cat Akrilik. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang, Jawa Tengah.
- Asmi, D., Neniati D. W., Nurdiana A., dan Maulina H. 2016. Pembuatan Kalsium Karbonat (CaCO_3) Berbasis Cangkang Kerang Bekicot (*Achatina Fulica*) dengan Teknik Kalsinasi Sebagai Bahan Baku Biokeramik. *Jurnal Ilmu Fisika (SIMETRI)*. Vol. 2. Hal. 97-100.
- Ayu, A. M., Sri W., Darjito. 2013. Studi Pengaruh Konsentrasi NaOH dan pH Terhadap Sintesis Silika Xerogel Berbahan Pasir Kuarsa. *Journal Kimia Student*. Vol. 02. Hal. 517-523.
- Baciu. D dan Simitzis J. 2007. Synthesis and Characterization of a Calcium Silicate Bioactive Glass. *Journal of Optoelectronics and Advance Materials*. Vol. 09. Pp. 3320-3324.

- Bahanan, R. 2010. Pengaruh Waktu Sonokimia Terhadap Ukuran Kristal Kalsium Karbonat (CaCO_3). *Skripsi*. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Balgies, S. U. D., dan Kiagus. D. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit Menggunakan Analisis *X-Ray Diffraction*. *Prosiding Seminar Nasional Hamburan Neutron dan Sinar-X ke 8*. Vol. 03. Hal. 23-29.
- Bharatham, H., Zakaria, Md. Z. A. B., Perimal, E. K., Yusof, L. M., and Hamid, M. 2014. Mineral and Physiochemical Evaluation of Cockle Shell (*Anadara granosa*) and Other Selected Molluscan Shell as Potential Biomaterials. *Sains Malaysiana*. Vol. 43. Pp.1023-1029.
- Boro, J., Thakur, A. J., Deka, D. 2011. Solid Oxide Derived from Shells of *Turbonilla striatula* as a Renewable Catalyst for Biodiesel Production. *Fuel Processing Technology*. Vol. 92. Pp. 2061-2067.
- Brececic, L and Damir K. 2007. On Calcium Carbonates: from Fundamental Research to Application. *Croatica Chemical Acta*. Vol. 80. Pp. 467-484.
- Carmona, V. B., Oliviera, 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. Pp.169-175.
- Chehlett S., Harabi A., Oudadessee H., and Harabi E. 2015. In Vitro Bioactivity Study of Pure Wollastonite Prepared for Local Raw Materials. *Proceedings of the 4th International Councress*. Vol. 04. Pp. 925-927.
- 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. 914. Pp. 1-11.
- Crooks, A. F. 1999. *Wollastonite in South Australia*. Australia: Primary Industries and Resource SA.

- Declet, A., Reyes E., and Suarez M. 2016. Calcium Carbonate Preparation: A Review of the Carbonate Crystallization Process and Application in Bioinspired Composites. *Review Advance Material*. Vol. 44. Pp. 87-107.
- 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 Chemistry of Minerals*. Vol. 38. Pp. 517-529.
- Dijaz, S. M., Mohammad B. J., Mohammad H. Z., Khosro A., and Farzaneh L. 2015. Calcium Carbonate Nanoparticles; Potential in Bone and Tooth Disorders. *Pharmaceutical Science*. Vol. 20. Pp. 175-182.
- El-Kareh, B. 1995. *Fundamental of Semiconductor Processing Technologies*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- Elnahrawy. A. M., Yong S. K. dan Ahmed I. A. 2016. Synthesis of Hybrid Chitosan/Calcium Aluminosilicate using A Sol-Gel Method for Optical Applications. *Journal of Alloys and Compounds*. Pp. 432-439.
- Estevez, M., Vargas, S., Castano, V. M., and Rodriguez. 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.
- Fernandez, B.R. 2012. *Sintesis Nanopartikel SiO₂ Menggunakan Metode Sol Gel Dan Aplikasinya Terhadap Aktivitas Gel* (Review Jurnal). Universitas Andalas. Padang. Hal 1-23.
- Gabbot, P. 2008. *Principles and Applications of Thermal Analysis*. United Kingdom: Blackwell Publish Ltd.
- Gabrovsek, R., Kurbus, B., Mueller, D., Weiker, W., 1993. Tobermorite Formation in the System CaO, C₃S – SiO₂ – Al₂O₃ – NaOH – H₂O Under Hydrothermal Conditions. *Journal Chemical Concrete*. Vol 03. Pp.321–328.
- Ghufran, M. 2011. *Budidaya 22 Komoditas Laut untuk Konsumsi Lokal dan Ekspor*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Graetsch H. and Dierdorf I. T. 1996. Si MAS NMR Spectrum and Superstructure of Modulated Tridymite. *European Journal of Mineralogy*. Vol. 08. Pp. 103-113.

- Hariharan, M., Neethumol V., Benny C., Sreenivasan P. V., Jenish P., and Asmy A. K. A. 2014. Synthesis and Characterisation of CaCO₃ (Calcite) Nano Particles from Cockle Shells Using Chitosan as Precursor. *International Journal of Scientific and Research Publications*. Vol. 4. Pp. 1-5.
- Hindryawati dan Alimuddin. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Kimia Mulawarman*. Vol. 07. Hal. 75-77.
- Hemester, M. R. R., Palova S. B., and Daniela B. 2012. Characterization of Calcium Carbonate from Oyster and Mussel Shells and Incorporation in Polypropylene. *Materials Research*. Vol. 15. Pp. 204-208.
- Hesse, K. F. 1984. Refinement of the Crystal Structure of Wollastonite-2M (Parawollastonite). *Zeitschrift fur Kristallographie*. Vol 168. Pp. 93-98.
- Islam, K. N., Zuki B. A. B., Mustapha M. N., Zubir B. H., Norshazlirah S. B. A. R., and Eaqub A. 2011. Characterisation of Calcium Carbonate and its Polymorphs from Cockle Shell (*Anadara Granosa*). *Powder Technology*. Vol. 213. Pp. 188-191.
- Ismail, H., Roslinda S., Muhammad A. A. H., and Rozidawati A. 2016. Characterization β -Wollastonite Derived from Rice Straw Ash and Limestone. *Journal of The Australian Ceramics Society*. Vol. 52. Pp. 163-174.
- Ismail, M. S. and Waliuddin A. M. 1996. Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete. *Construction and Building Materials*. Vol. 10. Pp. 521-526.
- Ismunandar, 2006. *Padatan oksida logam : struktur, sintesis, dan sifat-sifatnya*. Bandung: ITB.
- Istiyati dan Asmi D. 2012. Fabrikasi dan Karakterisasi Keramik Kalsium Silikat dari Komposisi Cangkang Kerang Telur dan Silika Komersil dengan Reaksi Padatan pada Suhu 1300 °C. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 01. Pp. 37-42.
- Jacob, C. J. 1976. *Synthesis of Wollastonite from Natural Materials without Fusion*. USA: Patent.

- Johan, E., K. Ogami., N. Matsue., Y. Itagaki., and H. Aono. 2016. Fabrication of High Purity Silica from Rice Husk Ash and Its Conversion Into ZSM-5. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. Vol. 11. Pp. 4006-4009.
- Junko, U and Kondoh K. 2008. Proccess Optimalization to Prepare High-purity Amorphous Silica from Rice Husks via Citric Acid Leacing Treatment. *Transactions of Joining and Welding Research Institute*. Vol. 37. Pp. 13-17.
- Kakiage, M. Siomi S., Ohashi T., and Kobayashi H. 2018. Effect of Calcium Carbonate Particle Sixe on Formation and Morphology of Calcium Hexaboride Powder Synthesized from Condenser Boric Acid-Poly(Vinyl Alcohol) Product. *Advanced Powder Technology*. Vol 29. Pp. 36-42.
- Kalapathy, U., Proctor A., and Shultz J. 2000. A Simple Method for Production of Pure Silica from Rice Hull Ash. Vol. 73. Pp. 257-262.
- Kamba, A. S., Maznah I., Tengku A. T. I., and Zuki A. B. Z. 2013. Synthesis and Characterisation of Calcium Carbonate Aragonite Nanocrystals from Cockle Shell Powder (Anadara Granosa). *Journal of Nanomaterials*. Vol. 2013. Pp. 1-9.
- Katsuki, H., S. Furuta, T. Watari and S. Komarneni. 2005. ZSM-5 Zeolite/Porous Carbon Composite: Conventional and Microwave-Hydrothermal Synthesis from Carbonized Rice Husk. *Microporous and Mesoporous Materials*. Vol. 86. Pp. 145-151.
- Keenan, C.W., Kleinfelter, D.C., and Wood, J.H. 1992. *Ilmu Kimia Untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga.
- 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.
- Lesbani, A., Kurniawati, R., dan Mohadi, R. 2013. Produksi Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Katalis Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) Hasil Dekomposisi. *Cakra Kimia Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*. Vol.1. Hal: 1-7.
- Levien, L., Prewitt C. T., and Weidner D. J. 1980. Structure and Elastic Properties of Quartz at Pressure $P = 1$ atm. *American Mineralogist*. Vol. 65. Pp. 920-930.

- Lin, K., Chang J., and Lu. 2006. Synthesis of Wollastonite Nanowires via Hydrothermal Microemulsion Method. *Material Letter*. Vol. 60. Pp. 3007-3010.
- Manohar. 2012. Development and Characterization of Ceramic Membranes. *International Journal of Modern Engineering Research*. Vol. 2. Pp. 1492-1506.
- Martelo, R. B., Juliane M. G., Requeli V., Fabio L. C. V. B., Maria I. B. B., and Mario T. F. 2015. Calcium Silicate-Based Cement Associated with Micro- and Nanoparticle Radiopacifiers: Physicochemical Properties and Bioactivity. *International Scholarly Research Notices*. Vol. 10. Pp. 1-7.
- Maryam. S. 2006. Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang sebagai Filter Terhadap Sifat-sifat dari Mortar. *Skripsi*. Universitas Sumatra Utara.
- Meiszterics, A. and Sinko, K. 2008. Sol-Gel Derived Calcium Silicate Ceramics. *Colloids and Surfaces A: Physicochem Engineering Aspects*. Vol. 319. Pp. 143-148.
- Meiszterics. A dan K. Sinko. 2011. Study of Bioactive Calcium Silicate Ceramic Systems for Biomedical Applications. *5th European IFMBE Conference*. Vol. 37. Pp. 1098-1101.
- Mohamed, M., Yusup S., and Maitra S. 2012. Decomposition Study of Calcium Carbonate in Cockle Shell. *Engineering Science and Technology*. Vol. 07. Pp. 1-10.
- Momma, K. and Izumi F. 2011. VESTA 3 for Three-Dimensional Visualization of Crystal, Volumetric and morphology data. *Journal of Applied Crystallography*. Vol. 44. Pp. 1272-1276.
- Nayak, J. P., Kumar S., Bera J. 2010. Sol-Gel Synthesis of Bioglass-Ceramics using Rice Husk Ash as a Source for Silica and its Characterization. *Journal of Non-Crystalline Solids*. Vol. 356. Pp. 1447-1451.
- Obet, M., M. 2014. Crystalization of synthetic wollastonite prepared from local raw materials. *International Journal of Materials and Chemistry*. Vol. 4. Pp. 70-87.

- Pan, Y., Zuo, K., Yao, D., Yin., Xin, Y., Xia, Y., Liang, H., and Zeng, Y. 2016. The Improved Mechanical Properties of β -CaSiO₃ Bioceramics with Si₃N₄ Addition. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Material*. Vol. 55. Pp. 120-126.
- Pattanayak, D. K., Divya, P., Upadhyay, S., Prasad, R. C., Rau, B. T., and Mohan, T. R. R. 2005. Synthesis and Evaluation of Hydroxyapatite Ceramic. *Journal Trends Biomaterial Artificial Organs*. Vol 18. Pp. 87-92.
- Patnaik, P. 2003. *Handbook of Inorganic Chemicals*. USA: Mc Graw-Hill.
- Phuttawong, R., Napat C., Pusit P., Ratchadaporn P. 2015. Synthesis and Charavterization of Calcium Silicate from Rice Husk Ash and Shell of Snail Pomacea Canaliculata by Solid State Method. *Advance Material Research*. Vol. 11. Pp. 1-7.
- Pode, R., Diouf B., Pode G. 2015. Sustainable Rural Electricafication using Rice Husk Biomass Energy: A Case Study of Cambodia. *Renewble and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 44. Pp. 530-542.
- Puntharod, R., Sankram C., Chantaramee N., and Pookmanee P. 2013. Synthesis and Characterization of Wollastonite from Egg Shell and Diatomite by Hydrothermal Method. *Journal Ceramics Process Research*. Vol. 14. Pp. 198-201.
- Rashidi, N. A., Mohamed, M., and Yusup, S. 2012. The Kinetic Model of Calcination and Carbonation of Anadara Granosa. *International Journal of Renewable Energy Research*. Vol: 2. No: 3. Pp: 497-503.
- Rashita, A. R., Roslinda S., Muhammad A., Abdul H., and Azman L. 2014. Low Temperature Production of Wollastonite from Limestone and Silica Sand through Solid-State Reaction. *Journal Asian Ceramics*. Vol. 02. Pp. 77-81.
- Rianda, Zulhadjri dan S. Arief. 2015. Sintesis Dan Karakterisasi Wollastonit Berbahan Dasar Alami dengan Metode Hidrotermal. *Journal Riset Kimia*. Vol. 08. Hal.154-157.
- Riveros, H. and Garza C. 1986. Rice Husk as a Source of High Purity Silica. *Journal Crystal Growth*. Vol. 75. Pp. 99-104.
- Romimohtarto, K., dan Juwana, S. 2001. *Biologi Laut Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Jakarta: Djambatan.

- 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.
- Saravanapavan, P and Hench, L. L. 2003. Mesoporous Calcium Silicate Glasses.I.Synthesis. *Journal of Non-Crystalline Solids*. Vol. 318. Pp. 1-13.
- Shimpi, N., Ananda M. Honsara D.P., and Setyendra M. 2015. Synthesis and Surface Modification of Calcium Carbonate Nanoparticles Using Ultrasound Cavitation Technique. *Nanoscience and Nanoengineering*. Vol. 3. Pp. 8-12.
- Shukur, M. M., Elham A. A., Mohammed M. O. 2014. Characteristic of Wollastonite Synthesized from Local Raw Materials. *International Journal of Engineering and Technology*. Vol. 04. Pp.426-428.
- Siahaan, S, M. Hutapea dan R. Hasibuan. 2013. Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi. *Journal Teknik Kimia USU*. Vol. 2. Hal. 123-128.
- Sitepu, H., O'Connor B. H., and Li D. 2005. Comparative Evaluation of the March and Generalized Spherical Harmonic Preferred Orientation Models using X-ray Diffraction Data for Molybdate and Calcite Powders. *Journal of Applied Crystallography*. Vol. 38. Pp. 158-167.
- Smith, W. F. 1996. *Principle of Materials Science And Engineering Second Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Sugita, S. 1993. On The Economic Production of Large Quantities of Higly Reactive Rice Husk Ash. *International Symposium on Innovative Wart of Concrete*. Vol. 01. Pp. 3-71.
- 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 Silicate. Vol. 24. Pp. 170-172.
- Suwignyo, S., Widigdo, B., dan Wardianto, Y. 2005. *Avertebrata Air Jilid 1*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Teixeira, S. R., Souza, A. E., Carvalho, C. L., and Reynoso, V. C. S. 2014. Characterization 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.
- Thenmuhil, D., Vignaswaran., Shultana R. Y., and Pavithra T. 2014. Preparation of Wollastonite from Used Plaster of Paris and Quartz through Solid-State Reaction. *International Conference on Multidisciplinary Research and Practice*. Vol. 8. Pp. 540-543.
- Trojer, F. J. 1968. The Crystal Structure of Parawollastonite. *Zeitschrift fur Kristallographie*. Vol. 127. Pp. 291-308.
- Ulfah dan Asmi D, 2013. Gugus fungsi n Mikrostruktur, dan Struktur Keramik Kalsium Silikat Berbasis Sekam Padi pada Suhu 1100 °C dengan Teknik Reaksi Padatan. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 01. Hal. 25-29.
- 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.
- Vichaphund. S, M. Kitiwan, D. Atong and P. Thavorniti. 2011. Microwave Synthesis of Wollastonite Powder from Eggshells. *Journal of the European Ceramic Society*. Pp. 2443-2440.
- Vlack, V. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Non-Logam), Edisi kelima*. Alih bahasa Sriati Djaprie. Fak. Metalurgi. Universitas Indonesia. Cetakan ke-tiga. Jakarta: Erlangga.
- Virta, R., L. 2001. *Wollastonite-A Versatile Industrial Mineral*. USA: U.S Geological Survey.
- Wang, H., Zhang, Q., Yang, H., and Sun, H. 2008. Synthesis and microwave dielectric properties of CaSiO₃ nanopowder by the sol-gel process. *Ceramics International*. Vol. 34. Pp. 1405-1408.
- Wang, J. and Becker U. 2009. Structure and Carbonate Orientation of Vaterite (CaCO₃). *American Mineralogist*. Vol. 94. Pp. 380-386.

- Yamaguchi, N., Y. Masuda, Y. Yamada, H. Narusawa, C. Han-Cheol, Y. Tamaki and T. Miyazaki. 2015. Synthesis of CaO-SiO₂p Compounds Using Materials Extracted from Industrial Wastes. *Journal of Inorganic Non-Metallic Material*. Vol. 5. Pp. 1-10.
- Yang, H and Charles T P. 1999. On the Crystal Structure of Pseudowollastonite (CaSiO₃). *American Mineralogist*. Vol. 84. Pp. 929-932.
- Yazdani, A., H. R. Razie, and H. Ghassai. 2010. Investigation of Hydrothermal Synthesis of Wollastonite using Silica and Nano Silica at Different Pressures. *Journal Ceamics Process*. Pp. 348-353.
- Yuvakkumar, R., Elango V., Rajendran V., and Kannan N. 2014. High-purity Nano Silica Powder from Rice Husk using a Simple Chemical Method. *Journal of Experimental Nanoscience*. Vol. 09. Pp. 272-281.
- Zelienople. 2016. Calcium Carbonate Safety Data Sheet. *Peformance through chemistry*. Vol 77. Pp. 1-6.