

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI LIMBAH BIOMATERIAL  
CANGKANG KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DARI PANTAI LABUHAN  
MARINGGAI SEBAGAI BAHAN DASAR BIOKERAMIK**

(Skripsi)

Oleh

**Ulil Ulfah**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

## ABSTRACT

### PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF GREEN MUSSEL SHELLS (*Perna viridis*) BIOMATERIAL WASTE FROM THE BEACH LABUHAN MARINGGAI (EAST LAMPUNG) AS THE BASE MATERIALS OF BIOCERAMICS

By

Ulil Ulfah

It has been conducted the research, related to the preparation and characterization waste biomaterial of green mussel shells with the aim to determine the effect of calcination temperature on the characteristics of the content from  $\text{CaCO}_3$  green mussel shells and used as a benchmark commercial  $\text{CaCO}_3$ . Preparation of green mussel shells carried by cleaning using  $\text{H}_2\text{SO}_4$  solution then calcined at a temperature of 500 °C, 800 °C and 1000 °C, and then characterized. Characterization DTA / TGA indicates the decomposition of  $\text{CaCO}_3$  into CaO with endothermal peak at a temperature of 741.7 °C and a mass loss of 41.45%. The results of XRD analysis showed the green mussel shells before calcination  $\text{CaCO}_3$  aragonite crystal structure phase, then calcination temperature of 500 °C phase formed calcite. At the calcination temperature of 800 °C and 1000 °C temperature phase transformed CaO and  $\text{Ca(OH)}_2$ . Characterization of the samples using FTIR showed that the green mussel shells before calcination and calcination temperature of 500 °C, there are group of  $\text{CO}_3^{2-}$ , C-O and O-H. After calcination at temperature of 800 °C and 1000 °C there are group of Ca-O, C-H and O-H. The result of SEM analysis showed the green mussel shells before calcination has *plate-like* shape and EDS results showed the green mussel shells elements contained mostly Ca. Based on the analysis that has been done, the  $\text{CaCO}_3$  green mussel shells can be used as an alternative to commercial  $\text{CaCO}_3$  as the base material of bioceramics.

Keywords: green mussel shells (*Perna viridis*), calcination,  $\text{CaCO}_3$ , CaO.

## ABSTRAK

### PREPARASI DAN KARAKTERISASI LIMBAH BIOMATERIAL CANGKANG KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DARI PANTAI LABUHAN MARINGGAI (LAMPUNG TIMUR) SEBAGAI BAHAN DASAR BIOKERAMIK

Oleh

Ulil Ulfah

Telah dilakukan penelitian terkait preparasi dan karakterisasi limbah biomaterial cangkang kerang hijau dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh suhu kalsinasi terhadap karakteristik kandungan  $\text{CaCO}_3$  dari cangkang kerang hijau. Preparasi cangkang kerang hijau dilakukan dengan membersihkan menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  kemudian dikalsinasi pada suhu  $500\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $800\text{ }^\circ\text{C}$  dan  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  dengan penahanan 3 jam, lalu dikarakterisasi. Karakterisasi DTA/TGA menunjukkan adanya proses dekomposisi  $\text{CaCO}_3$  menjadi  $\text{CaO}$  dengan puncak endotermal pada suhu  $741,7\text{ }^\circ\text{C}$  dan penurunan berat sebesar 41,45%. Hasil analisis XRD menunjukkan cangkang kerang hijau sebelum kalsinasi  $\text{CaCO}_3$  memiliki struktur fasa kristal *aragonite*, kemudian kalsinasi suhu  $500\text{ }^\circ\text{C}$  fasa yang terbentuk *calcite*. Pada kalsinasi suhu  $800\text{ }^\circ\text{C}$  dan suhu  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  fasa yang terbentuk adalah  $\text{CaO}$  dan  $\text{Ca(OH)}_2$ . Hasil analisis FTIR menunjukkan cangkang kerang hijau sebelum kalsinasi dan kalsinasi suhu  $500\text{ }^\circ\text{C}$  terdapat gugus  $\text{CO}_3^{2-}$ , C-O dan O-H. Setelah kalsinasi pada suhu  $800\text{ }^\circ\text{C}$  dan suhu  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  terdapat gugus Ca-O, C-H dan O-H. Hasil analisis SEM cangkang kerang hijau sebelum kalsinasi memiliki bentuk *plate-like* dan hasil EDS menunjukkan pada cangkang kerang hijau unsur yang terkandung sebagian besar adalah Ca. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan,  $\text{CaCO}_3$  cangkang kerang hijau dapat dijadikan alternatif pengganti kalsium karbonat komersil sebagai bahan dasar biokeramik.

**Kata kunci:** Kerang hijau (*Perna viridis*), kalsinasi,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ .

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI LIMBAH BIOMATERIAL  
CANGKANG KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DARI PANTAI LABUHAN  
MARINGGAI SEBAGAI BAHAN DASAR BIOKERAMIK**

Oleh

**Ulil Ulfah**

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  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

Judul Skripsi

**: PREPARASI DAN KARAKTERISASI  
LIMBAH BIOMATERIAL CANGKANG  
KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DARI  
PANTAI LABUHAN MARINGGAI  
(LAMPUNG TIMUR) SEBAGAI BAHAN  
DASAR BIOKERAMIK**

Nama Mahasiswa

**: Ulil Alfah**

Nomor Pokok Mahasiswa

**: 1117041046**

Jurusan

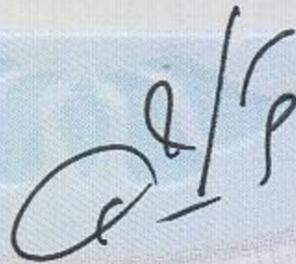
**: Fisika**

Fakultas

**: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**MENYETUJUI**

**1. Dosen Pembimbing**



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

**2. Ketua Jurusan Fisika**



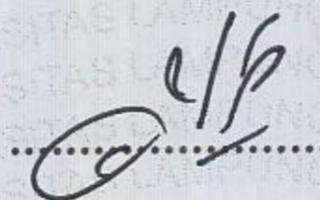
**Dr. Yanti Yulianti, M.Si.**  
**NIP 19751219 200012 2 003**

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

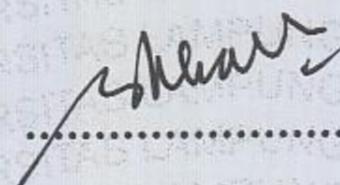
Ketua

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



Penguji

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

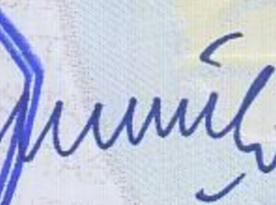


### 2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Prof. Warsito, S.Si., D.E.A.**

**NIP 19710212 199512 1 001**



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **21 April 2016**



## 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, April 2016



**Ulil Ulfah**  
NPM. 1117041046

## RIWAYAT HIDUP

Penulis yang bernama lengkap Ulil Ulfah, dilahirkan di Kebumen – Jawa Tengah pada tanggal 31 Januari 1993 dari pasangan berbahagia Bapak Abdurachman dan Ibu Siti Roisah sebagai anak ke lima dari enam bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Kradenan pada tahun 2005, melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di MTS Negeri Kutowinangun tahun 2008, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Prembun pada tahun 2011. 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. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung-LIPI, pada tahun 2014 dengan judul **“Proses Pembuatan Pigmen dari Bijih Besi Hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan Aplikasi pada Plat Besi “**.

## MOTTO

“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat mu sebagai penolong mu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar” (Al-Baqarah:153).

“Tawakal, Ikhtiar dan Berdo'a”

“ Yang terpenting bukanlah apa yang ada di depan kita, tapi bagaimana kita memaknai apa yang ada di depan kita”

## **PERSEMBAHAN**

Dengan ketulusan dan rasa syukur kepada Allah Subhanahu Wata'ala  
kupersembahkan karya ku ini kepada:

“ Bapak dan Ibu tersayang (Alm. Abdurachman dan Siti Roisah) yang telah  
memberikan kasih sayang, dukungan, doa, serta motivator terbesar dalam  
hidupku”

“ Kakak-Kakak ku serta adik ku Rikza Syamsu Diar”

“All my great family and friends”

“Almamater Tercinta”

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaanirrohiim

Segala puji kehadiran Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Preparasi dan Karakterisasi Limbah Biomaterial Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis*) dari Pantai Labuhan Maringgai Sebagai Bahan Dasar Biokeramik”**. 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, April 2016

Ulil Ulfah

## 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 yang tulus mengajari dan membantu penulis dalam penelitian, membimbing dan memberikan pemahaman.
2. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan koreksi dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Prof. Warsito, S. Si, D.E.A., Ph.D selaku Pembimbing Akademik.
4. Ibu Dr. Yanti Yulianti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila.
5. Teman penelitian serta sahabatku Desty W.N, Laras Pancawati, Ayu Sevtia A, Umi Rohmah, S.Si dan Dewi Romadhani, S.Si terimakasih atas kerjasama, dan bantuannya selama penelitian, banyak hal yang sudah kita lalui bersama.
6. Mba Irene Lucky O, S.Si dan mba Jayanti D.H, M.Sc terimakasih atas semua bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam pengolahan hasil data.
7. Teman-teman Fisika bidang Material: Dita Rahmayanti, Nindy Elyta Mawarti, Ratna Hudzaufah, Nesya Tamalia, Nur faizah, Shella Windy O, S.Si, Nika Khumaidah serta teman-teman yang lain, terimakasih untuk kebersamaan selama ini.

8. Teman-teman seperjuangan angkatan 2011 Fisika FMIPA Unila yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih untuk semua dukungan dan kebersamaan selama ini.
9. Semua pihak yang 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, April 2016

Penulis

**Ulil Ulfah**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>halaman</b>
2.1. Skema anatomi kerang hijau .....	7
2.2. Bagian-bagian cangkang kerang hijau .....	8
2.3. Sinar-X yang dihamburkan oleh atom-atom kristal yang berjarak $d$ .....	15
2.4. Skema analisis DTA.....	19
3.1. Diagram alir penelitian.....	30
4.1. Cangkang kerang hijau.....	31
4.2. Serbuk cangkang kerang hijau .....	32
4.3. Hasil analisis DTA serbuk cangkang kerang hijau .....	33
4.4. Hasil analisis TGA serbuk cangkang kerang hijau .....	33
4.5. Hasil DTA CaCO <sub>3</sub> komersil.....	35
4.6. Hasil TGA CaCO <sub>3</sub> komersil.....	35
4.7. Grafik perbandingan DTA (a) cangkang kerang hijau dan (b) CaCO <sub>3</sub> komersil.....	36
4.8. Grafik perbandingan TGA (a) cangkang kerang hijau dan (b) CaCO <sub>3</sub> komersil.....	36
4.9. Pola difraksi XRD serbuk cangkang kerang hijau sebelum kalsinasi.....	38
4.10. Pola difraksi XRD serbuk cangkang kerang hijau kalsinasi suhu 500 °C.....	39
4.11. Pola difraksi XRD serbuk cangkang kerang hijau kalsinasi suhu 800 °C.....	40

4.12. Pola difraksi XRD serbuk cangkang kerang hijau kalsinasi suhu 1000 °C.....	40
4.13. Pola difraksi XRD CaCO <sub>3</sub> komersil sebelum kalsinasi .....	41
4.14. Hasil analisis XRD CaCO <sub>3</sub> komersil kalsinasi suhu 500 °C.....	42
4.15. Hasil analisis XRD CaCO <sub>3</sub> komersil kalsinasi suhu 800 °C.....	43
4.16. Hasil analisis XRD CaCO <sub>3</sub> komersil kalsinasi suhu 1000 °C.....	43
4.17. Hasil analisis XRD serbuk cangkang kerang hijau (a) sebelum kalsinasi, kalsinasi (b) suhu 500 °C, (c) suhu 800 °C dan (d) suhu 1000 °C.....	44
4.18. Hasil analisis XRD CaCO <sub>3</sub> komersil (a) sebelum kalsinasi, kalsinasi (b) suhu 500 °C, (c) suhu 800 °C dan (d) suhu 1000 °C .....	44
4.19. Hasil FTIR cangkang kerang hijau sebelum kalsinasi .....	45
4.20. Hasil analisis FTIR cangkang kerang hijau kalsinasi suhu 500 °C.....	46
4.21. Hasil analisis FTIR cangkang kerang hijau kalsinasi suhu 800 °C.....	47
4.22. Hasil analisis FTIR cangkang kerang hijau kalsinasi suhu 1000 °C.....	48
4.23. Hasil analisis FTIR cangkang kerang hijau (a) sebelum kalsinasi, kalsinasi (b) suhu 500 °C, (c) suhu 800 °C dan (d) suhu 1000 °C .....	49
4.24. Hasil analisis FTIR CaCO <sub>3</sub> komersil sebelum kalsinasi.....	50
4.25. Hasil analisis FTIR CaCO <sub>3</sub> komersil kalsinasi suhu 500 °C.....	51
4.26. Hasil analisis FTIR CaCO <sub>3</sub> komersil kalsinasi suhu 800 °C.....	52
4.27. Hasil analisis FTIR CaCO <sub>3</sub> komersil kalsinasi suhu 1000 °C.....	53
4.28. Hasil analisis FTIR CaCO <sub>3</sub> komersil (a) sebelum kalsinasi, kalsinasi (b) suhu 500 °C, (c) suhu 800 °C, dan (d) suhu 1000 °C .....	53
4.29. Mikrograf SEM cangkang kerang hijau perbesaran 2000x (a) sebelum kalsinasi, kalsinasi (b) suhu 500 °C, (c) suhu 800 °C dan (d) suhu 1000 °C .....	55
4.30. Analisis EDS cangkang kerang hijau sebelum kalsinasi .....	57
4.31. Analisis EDS cangkang kerang hijau kalsinasi suhu 500 °C .....	58

4.32. Analisis EDS cangkang kerang hijau kalsinasi suhu 800 °C .....	59
4.33. Analisis EDS cangkang kerang hijau kalsinasi suhu 1000 °C .....	59
4.34. Mikrograf SEM CaCO <sub>3</sub> komersil perbesaran 2000x (a) sebelum dikalsinasi, kalsinasi (b) suhu 500 °C, (c) suhu 800 °C dan (d) suhu 1000 °C .....	60
4.35. Analisis EDS CaCO <sub>3</sub> komersil sebelum kalsinasi .....	61
4.36. Hasil EDS CaCO <sub>3</sub> komersil kalsinasi suhu 500 °C.....	62
4.37. Hasil EDS CaCO <sub>3</sub> komersil kalsinasi suhu 800 °C.....	63
4.38. Hasil EDS CaCO <sub>3</sub> komersil kalsinasi suhu 1000 °C.....	63

## DAFTAR ISI

	<b>halaman</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	viii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>SANWACANA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Batasan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	5

## II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ).....	6
1. Definisi Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ).....	6
2. Morfologi Cangkang Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ).....	8
3. Penelitian Terkait Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ).....	9
B. Kalsium Karbonat (CaCO <sub>3</sub> ) .....	10
C. Biomaterial .....	11
D. Biokeramik .....	12
E. Karakterisasi Material .....	13
1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	13
2. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	16
3. <i>Thermal Analysis</i> (DTA/TGA).....	17
4. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....	20

## III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
B. Alat dan Bahan .....	23
C. Prosedur Penelitian.....	24
1. Preparasi Bahan Dasar.....	24
2. Kalsinasi .....	25
3. Karakterisasi .....	25
D. Diagram Alir .....	30

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Preparasi Cangkang Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ).....	31
B. Hasil Karakterisasi Sampel .....	33
1. Hasil Analisis Termal Sampel menggunakan <i>Differential Thermal Analysis</i> (DTA)/ <i>Thermogravimetric Analysis</i> (TGA).....	33
2. Hasil Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	37
3. Hasil Analisis <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	45
4. Hasil Analisis <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM-EDS) .....	54

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	64
B. Saran .....	65

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan binatang lunak (*Molusca*) yang hidup di laut terutama pada daerah litoral, memiliki sepasang cangkang (*Bivalvia*) berwarna hijau agak kebiruan, insang berlapis-lapis dan berkaki kapak serta memiliki benang *byssus*. Kerang hijau adalah “*suspension feeder*”, dapat berpindah-pindah tempat dengan menggunakan kaki dan benang *byssus*, hidup dengan baik di perairan dengan kisaran kedalaman kurang dari 10 m, dengan toleransi terhadap perubahan salinitas antara 27-35 per mil. Di perairan Indonesia kerang hijau dapat ditemukan pada perairan pesisir, daerah mangrove dan muara sungai (Cappenberg, 2008).

Kerang hijau memiliki potensi yang baik untuk dijadikan usaha budidaya, karena murah dan mudah dilakukan. Kerang hijau mampu bertahan hidup dan berkembang biak pada tekanan ekologis yang tinggi tanpa mengalami gangguan yang berarti (Kordi, 2011). Usaha budidaya kerang hijau dikembangkan di pantai Labuhan Maringgai, Lampung Timur untuk meningkatkan perekonomian masyarakat. Kecamatan Labuhan Maringgai memiliki luas wilayah 19.489,73 ha (Lampung Timur dalam angka, 2012) dengan 3.202 ha pantai berhutan bakau (Perda Kabupaten Lampung Timur 2012). Dalam Peraturan Daerah Kabupaten Lampung Timur Nomor 4 (2012) menyebutkan Labuhan Maringgai merupakan

pusat pengembangan perdagangan, jasa pendukung kegiatan pertanian dan pusat pengembangan perikanan. Kerang hijau merupakan salah satu produk perikanan non-ikan yang telah lama dikonsumsi oleh penduduk Indonesia. Berdasarkan analisis kimia, daging kerang hijau mengandung protein 18,3%, glikogen 2,0%, lemak 0,45% dan air 78%. Hal tersebut menjadikan daya konsumsi masyarakat akan kerang hijau tinggi (Kordi, 2011). Umumnya kerang hijau dikonsumsi sebagai bahan pangan, sehingga menyisakan cangkang sebagai limbahnya.

Kerang merupakan alat pelindung diri yang terdiri atas lapisan karbonat, dipisahkan oleh lapisan tipis protein diantara cangkang dan bagian tubuh (otot dan daging) (Setyono, 2006). Penelitian yang dilakukan oleh Xu dan Zang (2014) menyebutkan bahwa periostrakum kerang hijau memiliki tiga lapisan, dimana lapisan dalam dan luar terdiri dari protein, sedangkan lapisan tengah merupakan mineral  $\text{CaCO}_3$ . Kandungan mineral utama dalam cangkang kerang hijau sebagian besar adalah  $\text{CaCO}_3$  dan sebagian kecil  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (Sinardi dkk, 2013). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Siriprom *et al* (2011) menggunakan analisis EDXRF (*Energy Dispersive X-Ray Fluorescence*) menyebutkan kandungan yang terdapat pada cangkang kerang hijau yaitu Ca 99,5%, Sc 0,24% dan Sr 0,47%. Menurut Buasri *et al* (2013) komposisi kimia pada cangkang kerang hijau adalah CaO 98,36%,  $\text{Na}_2\text{O}$  0,94%,  $\text{SO}_3$  0,29%,  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,16%, SrO 0,16%,  $\text{ZrO}_2$  0,05% dan Cl 0,04%.

Dalam aplikasinya cangkang kerang hijau dimanfaatkan sebagai sumber kitin yang disintesis menjadi kitosan (Kusumaningsih dkk, 2004), dan sumber CaO yang digunakan sebagai katalis transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel

(*methyl ester*) (Buasri *et al*, 2013). Limbah cangkang kerang hijau juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan biomaterial, yaitu bahan alam yang bersifat lembam dan dapat diimplantasikan ke dalam sistem tubuh sebagai pengganti jaringan alami yang mengalami kerusakan (Siswanto, 2013). Seperti penelitian Shavandi *et al* (2014) yang melakukan sintesis nano-hidroksiapatit dari limbah cangkang kerang hijau menggunakan metode *rapid microwave* dan berhasil mensintesis nano-kristalin hidroksiapatit murni dengan ukuran partikel 30-70 nm. Analisis thermal menunjukkan bahwa sintesis HAp memiliki stabilitas panas yang luar biasa pada 1000 °C, kemudian analisis XRD dan FTIR menunjukkan hasil kemurnian yang tinggi pada bubuk hidroksiapatit yang disintesis. Hidroksiapatit yang diperoleh memiliki potensi yang diaplikasikan sebagai material untuk jaringan tulang.

Berdasarkan uraian di atas, adanya kandungan kalsium karbonat yang terdapat pada cangkang kerang hijau mendorong penulis untuk melakukan penelitian terkait preparasi dan karakterisasi limbah biomaterial cangkang kerang hijau sebagai bahan dasar biokeramik. Karakterisasi dalam penelitian ini menggunakan *Differential Thermal Analysis/Thermogravimetric Analysis (DTA/TGA)*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDS)* dan *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)* diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik biokeramik dari cangkang kerang hijau.

## **B. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mempersiapkan limbah biomaterial cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) sebagai bahan dasar biokeramik?
2. Bagaimana pengaruh suhu kalsinasi terhadap karakteristik kalsium karbonat dari cangkang kerang hijau (*Perna viridis*)?

## **C. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) yang digunakan dalam pembuatan bahan dasar biokeramik berasal dari pantai Labuhan Maringgai, Lampung Timur.
2. Kalsinasi sampel dilakukan pada suhu 500 °C, 800 °C dan 1000 °C.
3. Karakterisasi sampel meliputi XRD, DTA/TGA, SEM-EDS dan FTIR.

## **D. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Mempersiapkan limbah biomaterial dari cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) sebagai bahan dasar biokeramik.
2. Mengetahui pengaruh suhu kalsinasi terhadap karakteristik kalsium karbonat dari cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) dengan analisis XRD, DTA/TGA, SEM-EDS dan FTIR.

### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dilakukan penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber pengetahuan untuk penelitian selanjutnya terkait biomaterial cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) sebagai bahan dasar biokeramik.
2. Mengurangi dan menambah nilai guna limbah cangkang kerang hijau (*Perna viridis*).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini menjelaskan tentang beberapa landasan teori yang mendukung topik penelitian. Landasan teori ini dimulai dengan penjelasan mengenai kerang hijau (*Perna viridis*), kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), biomaterial, biokeramik, dan karakterisasi yang meliputi *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Differential Thermal Analysis/Thermogravimetric Analysis* (DTA/TGA) dan *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS).

### A. Kerang Hijau (*Perna viridis*)

#### 1. Definisi Kerang Hijau (*Perna viridis*)

Kerang hijau (*Perna viridis*) atau yang dikenal sebagai *green mussel* adalah binatang lunak (*mollusca*) yang hidup di laut, memiliki sepasang cangkang dan berwarna hijau. Kerang hijau merupakan organisme kelas *pelecypoda*, dimana kelas *pelecypoda* selalu mempunyai cangkang katup sepasang sehingga disebut *bivalvia*.

Kerang hijau (*Perna viridis*) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

*Kingdom* : *Animalia*

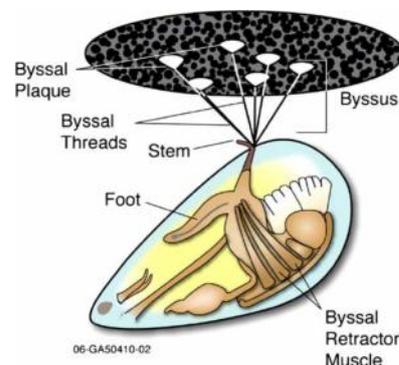
*Phylum* : *Mollusca*

*Class* : *Bivalvia*

<i>Subclass</i>	: <i>Lamellibranchia</i>
<i>Orde</i>	: <i>Mytiloidea</i>
<i>Family</i>	: <i>Mytilidae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Perna</i>
<i>Species</i>	: <i>viridis</i> (Linnaeus 1758)

(Kimball, 1983).

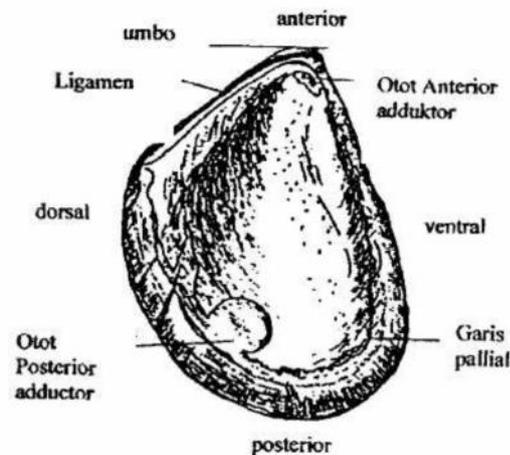
Secara eksternal, akan sulit untuk memastikan jenis kelamin pada *Perna viridis*. Secara internal, jaringan gonad dari kerang jantan dewasa secara seksual berwarna krem-putih, sedangkan kerang betina berwarna kemerahan. Oleh karena itu, kerang betina dewasa memiliki daging berwarna oranye, sementara kerang jantan dewasa memiliki daging putih (Gosling, 2003). Kerang hijau memiliki bentuk kaki kecil seperti bentuk lidah, dengan alur pada permukaan ventral yang terus-menerus sampai lubang *byssal*. Dalam lubang ini, sekresi kental memancarkan, melewati alur dan pengerasan secara bertahap pada saat kontak dengan air laut. *Byssal* sangat kuat dan elastis yang berfungsi menahan kerang pada substrat keras (Power *et al*, 2004). Skema anatomi tubuh kerang hijau dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Skema anatomi kerang hijau (Silverman, 2007).

## 2. Morfologi Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis*)

*Perna* merupakan salah satu genus dari famili *mytilidae*, genus lain adalah *Mytilus*. Pada kerang dewasa antara *Perna* dan *Mytilus* dapat dibedakan oleh berkas otot penghubung yang meninggalkan pola lebih melebar pada cangkang bagian dalam *Perna*. Selain itu terdapat otot *anterior adductor* pada *Mytilus*, termasuk pada individu yang masih muda, sedangkan pada *Perna* tidak ditemukan adanya otot tersebut.



**Gambar 2.2.** Bagian-bagian cangkang kerang hijau (Gosling, 2003).

Kerang hijau memiliki dua katup cangkang dengan ukuran yang sama. Pada Gambar 2.2 katup berengsel anterior terdapat pada daerah umbo. Garis pallial merupakan bagian dari kerang yang terdapat di sepanjang mantel. Pada bagian dalam setiap katup terdapat dua otot, otot *posterior adductor* lebih kecil dari otot *anterior adductor*. Otot *anterior adductor* dan otot *posterior adductor* melekat pada kerang, otot tersebut berfungsi untuk mengontrol pergerakan kerang. *Bysus* muncul melalui bagian ventral dari kerang dan berfungsi untuk melekatkan kerang dengan substrat atau kerang lainnya (Gosling, 2003).

Kerang hijau (*Perna viridis*) memiliki besar 80-100 mm dan kerang yang cepat tumbuh. Kerang hijau biasanya terdapat pada kedalaman kurang dari 10 m dan hidup selama kurang lebih tiga tahun (Soon *et al*, 2014). Bentuk cangkang kerang hijau agak meruncing pada bagian belakang, berbentuk pipih pada bagian tepi serta dilapisi periostrakum pada bagian tengah cangkang. Pada fase *juvenil* cangkang berwarna hijau cerah dan pada fase dewasa warna mulai memudar dan menjadi coklat dengan tepi cangkang berwarna hijau. Sedangkan pada bagian dalam cangkang berwarna hijau kebiruan (Cappenberg, 2008).

Lapisan dalam dan luar pada cangkang kerang hijau terdiri dari protein, sedangkan lapisan tengah merupakan mineral dengan *nanospheres* amorf yang berkarbonasi Ca-Mg fosfat (ACCP). *Nanospheres* ini dapat bertindak sebagai stabilizer pH untuk memfasilitasi mineralisasi awal kerang, dan juga memberikan perlindungan yang lebih baik untuk kerang  $\text{CaCO}_3$  (Xu & Zang, 2014).

### **3. Penelitian Terkait Kerang Hijau (*Perna viridis*)**

Cangkang kerang hijau dijadikan sebagai sumber CaO yang dimanfaatkan sebagai katalis yang digunakan untuk reaksi transesterifikasi pada produksi biodisel. Dekomposisi  $\text{CaCO}_3$  yang telah dihaluskan dikalsinasi pada temperatur 950 °C untuk menghasilkan senyawa CaO. Reaksi transesterifikasi dilakukan terhadap minyak kedelai, metanol dan katalis cangkang kerang pada temperatur 60 °C. Menggunakan metodologi respon permukaan (RSM) dengan parameter yang berbeda (suhu kalsinasi, konsentrasi katalis dan rasio molar metanol minyak) dipelajari. Masing-masing parameter ditetapkan pada tiga tingkat yaitu suhu kalsinasi rendah, sedang dan tinggi dengan masing-masing suhu 950 °C, 1000 °C,

dan 1050 °C. Konsentrasi katalis dari 6, 9 dan 12 % berat, methanol untuk rasio minyak dari 12: 1, 18: 1 dan 24: 1. Hasil optimasi menunjukkan bahwa suhu kalsinasi 1050 °C, konsentrasi katalis 12% berat, dan metanol untuk rasio minyak 24:1 memberikan nilai maksimum dan kemurnian menghasilkan produksi biodiesel (Rezaei *et al*, 2013).

Selain dimanfaatkan sebagai katalis, cangkang kerang hijau dimanfaatkan sebagai sumber hidroksiapatit. Hidayat (2013) melakukan penelitian dengan mensintesis hidroksiapatit dari cangkang kerang hijau menggunakan metode sol-gel. Parameter sintesis yang diatur adalah pH, dan peubah yang dibandingkan adalah suhu pemanasan pada 900 °C dan 1100 °C. Hidroksiapatit yang terbentuk dicirikan dengan analisis XRD, FTIR, dan SEM. Hasil sintesis menunjukkan bahwa hidroksiapatit terbentuk pada pH basa. Pola XRD memperlihatkan HAp terbentuk disertai apatit karbonat tipe A, oktakalsium fosfat, - dan -trikalsium fosfat. Kristalinitas sampel meningkat dengan meningkatnya waktu dan suhu pemanasan. Kualitas HAp akan semakin baik dengan meningkatnya kristalinitas. Hasil analisis SEM menghasilkan morfologi seperti granul dengan butir yang seragam, namun memiliki permukaan yang kasar. Meningkatnya suhu pemanasan juga akan meningkatkan jumlah HAp yang terbentuk.

## **B. Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>)**

Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) terjadi di alam sebagai batu kapur dalam berbagai bentuk seperti marmer, kapur, dan karang. CaCO<sub>3</sub> banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri kimia, seperti: semen, plester, refraktori, dan kaca sebagai bahan bangunan. Selain itu CaCO<sub>3</sub> juga digunakan untuk menghasilkan

kapur, dan sejumlah senyawa kalsium.  $\text{CaCO}_3$  dihasilkan baik sebagai bubuk atau berupa endapan. Dalam pengembangannya  $\text{CaCO}_3$  terdiri dari partikel halus dengan kemurnian lebih besar dan memiliki ukuran lebih seragam. Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) memiliki banyak aplikasi komersial yang penting seperti: tekstil, kertas, cat, plastik, lem, dan kosmetik.  $\text{CaCO}_3$  terjadi dalam dua bentuk kristal, heksagonal dikenal sebagai kalsit dan bentuk ortorombik sebagai aragonit. Kalsit terurai pada pemanasan  $825\text{ }^\circ\text{C}$ , dan aragonit meleleh suhu  $1.339\text{ }^\circ\text{C}$  ( $102,5\text{ atm}$ ). Densitas  $2.71\text{ g/cm}^3$  (kalsit),  $2.83\text{ g/cm}^3$  (aragonit), tidak larut dalam air ( $15\text{ mg/L}$  pada  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ), larut dalam asam mineral encer (Patnaik, 2001).

### **C. Biomaterial**

Biomaterial adalah semua material sintetik yang digunakan untuk menggantikan atau memperbaiki fungsi jaringan tubuh yang secara berkelanjutan atau sekedar bersentuhan dengan cairan tubuh (Davis, 2003). Secara umum biomaterial merupakan suatu material tak-hidup yang digunakan sebagai perangkat medis dan mampu berinteraksi dengan sistem biologis. Adanya interaksi ini mengharuskan setiap biomaterial memiliki sifat biokompatibilitas, yaitu kemampuan suatu material untuk bekerja selaras dengan tubuh tanpa menimbulkan efek lain yang berbahaya. Ide untuk menggantikan organ manusia yang rusak dengan material tak-hidup telah ada sejak lebih dari dua ribu tahun yang lalu dimulai oleh Bangsa Romawi, China dan Aztec yang memiliki peradaban kuno tercatat menggunakan emas untuk perawatan gigi (Ratner *et al*, 1996).

#### **D. Biokeramik**

Keramik telah digunakan oleh manusia selama ribuan tahun. Penggunaan keramik terbatas karena memiliki kerapuhan, kerentanan terhadap takik atau *microcracks*, dan kekuatan tarik rendah. Namun, dalam 100 tahun terakhir, teknik inovatif untuk fabrikasi keramik telah menyebabkan penggunaannya sebagai bahan "teknologi tinggi". Dalam perkembangannya keramik dan komposit dapat digunakan untuk menambah atau mengganti berbagai bagian tubuh, terutama tulang. Keramik yang digunakan untuk tujuan kesehatan diklasifikasikan sebagai biokeramik. Kelembaman yang relatif terhadap cairan tubuh, kekuatan tekan tinggi, dan penampilan estetik menyebabkan penggunaan keramik dalam bidang kedokteran gigi sebagai mahkota gigi. Beberapa karbon telah digunakan sebagai implan terutama untuk aplikasi *interfacing* darah seperti katup jantung. Karena kekuatan spesifik yang tinggi sebagai serat dan biokompatibilitas, keramik juga digunakan sebagai penguat komponen dari bahan implan komposit dan untuk aplikasi tarik seperti tendon buatan dan ligamen (Park *et al*, 2003).

Biokeramik telah banyak digunakan untuk memperbaiki kualitas hidup orang banyak. Material ini didisain secara khusus seperti *polycrystalline alumina* atau *hydroxyapatite*, gelas keramik (*bio-active glass*) dan *polyethylene-hydroxyapatite composite* yang sangat baik digunakan untuk perbaikan, rekonstruksi dan penggantian bagian tubuh yang rusak, seperti tulang. Sebagai contoh alumina telah digunakan selama lebih dari 20 tahun pada operasi persendian tulang (*hip*) karena bahan ini mempunyai koefisien gesek yang rendah (*low coefficient of friction*) dan mempunyai gaya geser yang minimum (Lukasen *et al*, 2007).

## **E. Karakterisasi Material**

Untuk mengetahui karakteristik dari suatu bahan atau material, maka perlu dilakukan analisis bahan. Beberapa jenis analisis yang dibahas untuk keperluan penelitian ini diantaranya *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, *Differential Thermal Analysis / Thermogravimetric Analysis (DTA/TG)* dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*.

### **1. X-Ray Diffraction (XRD)**

Sinar-X ditemukan oleh seorang ilmuwan Willhem Roentgen pada tahun 1895. Sinar-X terjadi jika suatu bahan ditembakkan dengan elektron dengan kecepatan dan tegangan yang tinggi dalam suatu tabung vakum. Semakin cepat elektron yang menabrak sasaran, semakin kuat daya tembus sinar-X yang dihasilkan, kemudian semakin banyak elektron yang menabrak, semakin besar intensitas sinar-X. Teori elektromagnetik mengatakan bahwa muatan listrik yang mengalami percepatan akan meradiasikan gelombang elektromagnetik (Kusminarto, 2011).

Radiasi elektromagnetik memiliki rentang panjang gelombang kurang lebih dari 0,01 nm hingga 10 nm (energi kurang lebih dari 100 eV hingga 100 KeV). Sinar-X dipancarkan dalam transisi antara berbagai tingkat energi terisi yang lebih rendah dari sebuah atom. Elektron-elektron terdalam terikat sedemikian kuatnya sehingga ukuran lebar antara tingkat energi memadai bagi pemancaran foton dalam rentang panjang gelombang sinar-X. Sebaliknya, ikatan elektron-elektron terluar relatif lemah, dan lebar antara tingkat ini hanyalah beberapa elektron volt (Krane, 1992). Cahaya dengan panjang gelombang yang lebih pendek memberikan resolusi yang lebih besar ketika meneliti benda secara mikroskopis

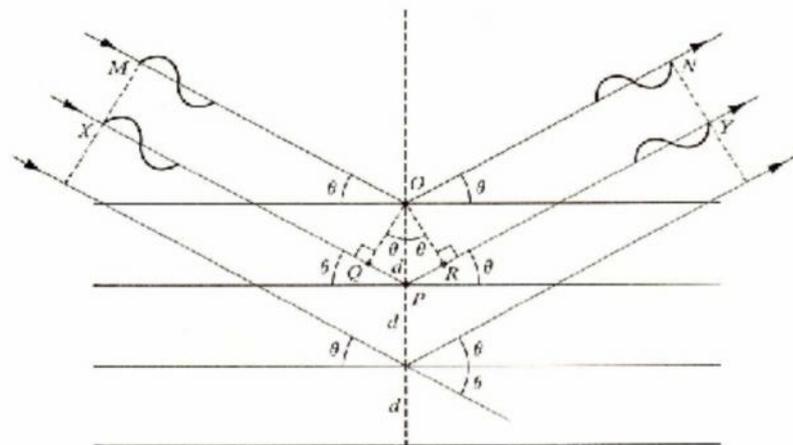
(Giancoli, 2001). Sinar-X memiliki panjang gelombang  $\lambda = 0,05$  sampai  $0,25$  nm ( $0,5-2,5 \text{ \AA}$ ) yang mendekati jarak antar atom kristal. Sinar ini merupakan besaran dalam orde dimensi atomik yang cocok untuk analisis kristal, dimana besarnya tergantung target yang digunakan. Pada umumnya, difraksi sinar-X menggunakan target sebagai sumber radiasi yaitu diantaranya adalah Cu, Co, Cr, Mo dan Fe (Smith, 1990).

Prinsip analisis XRD didasarkan pada atom-atom dalam suatu struktur bahan yang didifraksikan pada panjang gelombang tertentu dan pada sudut-sudut ( $2\theta$ ) tertentu. Identifikasi struktur fasa yang ada pada sampel secara umum dilakukan dengan menggunakan standar melalui data base *Joint Committee on Powder Diffraction Standards*, JCPDS (1969) *International Centre for Diffraction Data*, ICDD (1978). Analisis kualitatif didasarkan pada intensitas dari sampel dibandingkan atau dicocokkan dengan intensitas menggunakan *standard internal* maupun *standard external* (Cullity, 1992).

Metode analisis difraksi sinar-X dikenal dengan sebutan *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk mengetahui fasa kristalin meliputi transformasi struktur fasa, ukuran partikel bahan seperti keramik, komposit, polimer dan lain-lain. Secara umum, pola difraksi mengandung informasi tentang simetri susunan atom (*space group*), penentuan struktur bahan kristal atau amorf, orientasi kristal serta pengukuran berbagai sifat bahan yaitu tegangan (*strain*), vibrasi termal dan cacat kristal (Cullity, 1992). Difraksi sinar-X dalam analisis padatan kristalin memegang peranan penting untuk meneliti parameter kisi dan tipe struktur, selain itu dimanfaatkan untuk mempelajari cacat pada kristal individu dengan

mendeteksi perbedaan intensitas difraksi di daerah kristal dekat dislokasi dan daerah kristal yang mendekati kesempurnaan (Smallman, 2000). Apabila sinar-X jatuh pada kisi kristal, sinar tersebut akan didifraksikan, artinya sinar yang sefase akan saling menguatkan dan tidak sefase akan saling meniadakan atau melemahkan (Cullity, 1992).

Jika seberkas sinar-X dengan panjang gelombang  $\lambda$  diarahkan pada permukaan kristal dengan sudut  $\theta$ , maka sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang atom kristal dan akan menghasilkan puncak difraksi. Difraksi terjadi bila gerak gelombang mengenai satu set benda yang menghamburkan cahaya dan harus dalam orde besar. Besar sudut difraksi  $\theta$  tergantung pada panjang gelombang  $\lambda$  berkas sinar-X dan jarak  $d$  antara bidang. Difraksi sinar-X dalam suatu kristal dapat diilustrasikan pada Gambar 2.3 di bawah ini:



**Gambar 2.3.** Sinar-X yang dihamburkan oleh atom-atom kristal yang berjarak  $d$  (Robinson *et al*, 2005).

Dari Gambar 2.3 terlihat bahwa gelombang pertama memiliki panjang yang sama yaitu  $MO + ON$ , begitu pula dengan gelombang kedua yaitu  $XP + PY$ . Gelombang

kedua berjalan lebih jauh dari gelombang pertama, dan selisihnya dimisalkan sebagai  $D$ .

Dimana nilai  $D = (XP + PY) \times (MO + ON)$  (2.1). Jika dari titik  $O$  ditarik garis ke  $XP$  dan  $PY$ , diberi tanda  $Q$  dan  $R$ , maka :

$$XQ = MO, RY = ON \quad (2.1)$$

Perbedaan antara dua gelombang tersebut adalah :

$$D = QP + PR \quad (2.2)$$

Diketahui bahwa  $QP$  dan  $PR$  merupakan kelipatan  $l$  (panjang gelombang) dan panjang  $QP$  sama dengan panjang  $PR$  yaitu sebesar  $d \sin q$ , sehingga hubungan interferensi dari sinar dengan sudut datang  $q$  akan memenuhi persamaan Bragg sebagai berikut :

$$= 2d \sin \theta \quad (2.3)$$

dengan:  $l$  = panjang gelombang (m)

$d$  = jarak antar kisi (m)

$\theta$  = sudut difraksi

Secara eksperimen, hukum Bragg dapat digunakan dengan dua cara. (1) Dengan memakai sinar-X yang diketahui panjang gelombang dan (2) mengukur sudut (teta), maka dapat ditentukan pula jarak  $d$  dari berbagai bidang kristal (Robinson *et al*, 2005).

## **2. Fourier Transform Infra Red (FTIR)**

Pada dasarnya spektrofotometri FTIR adalah sama dengan spektrofotometri IR dispersi, yang membedakannya adalah pengembangan pada sistem optik sebelum berkas sinar inframerah melewati sampel. Beberapa radiasi inframerah diserap

oleh sampel dan sebagian dilewatkan (ditransmisikan). Spektrum yang dihasilkan merupakan penyerapan dan transmisi molekul, menciptakan bekas molekul dari sampel. Seperti sidik jari tidak ada dua struktur molekul khas yang menghasilkan spektrum inframerah sama (Thermo, 2001).

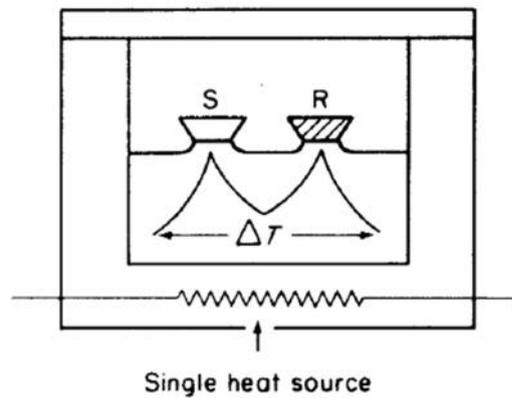
Salah satu hasil kemajuan instrumentasi IR adalah pemrosesan data seperti *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Teknik ini memberikan informasi dalam hal kimia, seperti struktur, gugus fungsi, polipaduan, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Dalam teknik ini padatan diuji dengan cara merefleksikan sinar inframerah yang melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui inframerah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi. Teknik pengoperasian FTIR berbeda dengan spektrofotometer inframerah. Pada FTIR digunakan suatu interferometer Michelson sebagai pengganti monokromator yang terletak di depan monokromator. Interferometer ini akan memberikan sinyal ke detektor sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berupa interferogram. Spektroskopi FTIR digunakan untuk mendeteksi sinyal lemah menganalisis sampel dengan konsentrasi rendah analisis getaran (Robinson *et al*, 2005).

### **3. *Differential Thermal Analysis/ Thermogravimetric Analysis (DTA/TGA)***

*Differential thermal analysis* (DTA) merupakan teknik analisis dimana perbedaan temperatur antara sampel dan material referensi yang tidak beraksi diukur sebagai fungsi dari temperatur. Dengan menganalisis perbedaan temperatur antara material sampel dan referensi di dalam sebuah tungku atau dibandingkan dengan material

*inert* yang biasanya digunakan yaitu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Alumina) yang dikondisikan secara serentak atau bersamaan. Sedangkan untuk pemanasan atau pendinginannya dilakukan secara terkontrol. Suhu dari sampel dan pembanding pada awalnya sama sampai terdapat kejadian yang mengakibatkan perubahan suhu seperti pelelehan, penguraian, atau perubahan struktur kristal sehingga suhu pada sampel berbeda dengan pembanding. Bila suhu sampel lebih tinggi daripada suhu referensi maka perubahan yang terjadi adalah eksotermal, dan endotermal bila sebaliknya.

Prinsip - prinsip dasar dari DTA yaitu *sample holder* yang terdiri dari sampel dan referensi (Al). Sensor yang terdiri dari (Pt/Rh atau *chromel/alumel thermocouples*, satu untuk sampel dan satu untuk referensi, dihubungkan dengan pengontrol suhu diferensial). *Furnace Alumina block* berisi sampel dan referensi, dan *temperature controller* berfungsi untuk mengontrol program suhu dan atmosfer *furnace*. Adapun manfaat dari dilakukannya uji DTA yaitu, kita dapat mengetahui karakteristik termal suatu material yang muncul pada proses pemanasan pada suatu material dimana nantinya akan mengalami perubahan struktur yang dapat terlihat dari puncak fase-fase yang terbentuk. Komponen peralatan utama DTA terdiri atas pemegang sampel, tungku yang dilengkapi dengan termokopel, sistem pengendali aliran, sistem penguat sinyal, pengendali program tenaga tungku dan perekam. Skema analisis DTA dapat dilihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.4.** Skema analisis DTA (Robinson *et al*, 2005).

DTA didasarkan pada perubahan aliran panas ke dalam sampel. Dengan menggunakan DTA kita dapat mendeteksi dekomposisi atau penguapan sampel. Perubahan fisik yang tidak melibatkan perubahan berat dapat dideteksi oleh DTA. Perubahan tersebut meliputi kristalisasi, peleburan, perubahan fase kristal padat, dan homogen reaksi dalam keadaan padat. Dalam setiap perubahan ini ada aliran panas antara sampel dan sekitarnya yang disebabkan oleh transisi endotermik atau eksotermik atau dengan perubahan dalam kapasitas panas. Penggunaan utama dari DTA adalah untuk mendeteksi proses termal dan ciri mereka sebagai eksotermik atau endotermik, reversibel atau ireversibel, tetapi hanya secara kualitatif. DTA kurva termal dapat digunakan untuk menentukan urutan reaksi (kinetika), dan dapat memberikan informasi yang diperlukan untuk membangun diagram fase untuk bahan. DTA dapat digunakan untuk karakterisasi bahan rekayasa, untuk penentuan perubahan struktural dan kimia yang terjadi selama sintering, peleburan, dan perlakuan panas pada *alloy* untuk mengubah struktur mikro, identifikasi berbagai jenis karet sintesis, dan penentuan perubahan struktural dalam polimer.

*Thermogravimetric Analysis* (TGA) mengukur massa (berat) dari sampel dalam suasana ditentukan sebagai suhu sampel yang diprogram. Program suhu yang paling umum adalah peningkatan linear suhu dengan waktu. Dalam percobaan TGA yang paling umum, suhu sampel meningkat secara linear selama periode waktu dan massa sampel terus direkam. *Output* dari percobaan TGA adalah plot massa (atau % massa) vs temperatur. Perubahan berat sampel sebagai perubahan suhu memberitahu kita beberapa hal. Pertama, menentukan suhu dimana bahan kehilangan berat. Kehilangan berat menunjukkan dekomposisi atau penguapan sampel. Kehilangan berat menunjukkan adsorpsi dengan sampel dari komponen di atmosfer atau reaksi kimia dengan atmosfer. Kedua, suhu dimana tidak ada perubahan berat terjadi ditentukan, yang menunjukkan stabilitas suhu material (Robinson *et al*, 2005).

#### **4. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)**

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan salah satu instrumen yang paling serbaguna untuk pemeriksaan dan analisis morfologi mikro serta karakteristik komposisi kimia. Hal ini diperlukan untuk mengetahui prinsip-prinsip dasar optik cahaya untuk memahami dasar-dasar mikroskop elektron. Mikroskop optik memiliki batas resolusi  $\sim 2.000 \text{ \AA}$  dengan memperbesar sudut visual melalui lensa optik. Cahaya mikroskop menjadi penting untuk penelitian ilmiah. Sejak penemuan bahwa elektron dapat dibelokkan oleh medan magnet dalam berbagai eksperimen di tahun 1890-an, mikroskop elektron telah dikembangkan dengan mengganti sumber cahaya dengan energi tinggi berkas elektron (Zhou *et al*, 2007).

SEM merupakan suatu mikroskop elektron yang mampu menghasilkan gambar beresolusi tinggi dengan energi  $E$  berkisar 2-5 keV hingga 20-40 keV. Sebuah SEM terdiri dari *electron gun* yang menghasilkan berkas elektron, optik elektromagnetik untuk mengarahkan dan memfokuskan berkas elektron, dan detektor mengumpulkan elektron yang berasal dari sampel (baik hamburan langsung atau dipancarkan dari sampel) digunakan untuk mengumpulkan gambar. Energi dari elektron  $E$ , kepadatan massa dari target, dan nomor atom  $Z$  dari sampel menentukan intensitas relatif dari berbagai jenis hamburan elektron. Kedalaman penetrasi elektron, jarak bebas rata-rata dan kekuatan hamburan yang berbeda (yang juga tergantung pada kedua  $Z$  dan  $E$ ) berperan dalam informasi yang didapat (dalam bentuk gambar). SEM digunakan untuk memeriksa struktur mikro sampel kristal tunggal sementara spektrometri energi dispersif x-ray (EDS) digunakan untuk mengukur komposisi kimia dari sampel (Kazmiruk, 2012).

Gambar yang diperoleh dari SEM tergantung pada akuisisi sinyal yang dihasilkan dari sinar elektron dan interaksi spesimen. Interaksi ini dapat dibagi menjadi dua kategori utama: interaksi elastis dan interaksi inelastis. Hasil hamburan elastis dari defleksi elektron dengan inti atom spesimen atau dengan elektron kulit terluar energi yang sama. Jenis interaksi ditandai dengan kehilangan energi yang diabaikan selama tabrakan dan dengan perubahan arah lebar sudut dari elektron yang tersebar. Elektron yang elastis tersebar melalui sudut lebih dari  $90^\circ$  disebut *backscattered electron* (BSE), dan menghasilkan sinyal yang berguna untuk pencitraan sampel. Hamburan inelastis terjadi melalui berbagai interaksi antara peristiwa elektron dan elektron dan atom sampel, dan

hasil dalam berkas elektron primer mentransfer energi besar untuk atom tersebut. Jumlah kehilangan energi tergantung pada apakah elektron yang keluar tunggal atau kolektif dan pada energi yang mengikat elektron untuk atom. Akibatnya, eksitasi elektron spesimen selama ionisasi atom mengarah ke elektron sekunder (SE), yang secara konvensional didefinisikan memiliki energi kurang dari 50 eV dan dapat digunakan untuk gambar atau menganalisis sampel. Dalam kebanyakan kasus ketika berkas elektron mengenai permukaan spesimen, bukannya memantul segera, elektron energik menembus ke sampel untuk beberapa jarak sebelum elektron menghadapi dan bertabrakan dengan atom spesimen. Dengan demikian, berkas elektron primer menghasilkan apa yang dikenal sebagai wilayah eksitasi primer, dimana berbagai sinyal yang dihasilkan. Ukuran dan bentuk dari zona ini sebagian besar tergantung pada energi berkas elektron dan nomor atom, serta densitas dari spesimen (Zhou *et al*, 2007).

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2015 sampai dengan Desember 2015. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Material FMIPA Unila. Kalsinasi sampel dilakukan di Laboratorium Biomassa FMIPA Unila. Karakterisasi DTA/TGA dilakukan di Laboratorium Biomassa FMIPA Unila. Kemudian karakterisasi XRD dan FTIR dilakukan di Laboratorium UIN Jakarta. Untuk karakterisasi SEM dilakukan di Laboratorium P3GL Bandung.

#### B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : oven, *beaker glass*, pipet tetes, spatula, blender, *mortar* dan *pestle*, alat penyaring, wadah tertutup, aluminium foil, plastik press, cawan tahan panas, *furnace*, *Differential Thermal Analysis/Thermogravimetric Analysis* (DTA/TG), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), dan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS). Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang kerang hijau (*Perna viridis*), air, aquades,  $H_2SO_4$  dan  $CaCO_3$  Merck.

### **C. Prosedur Penelitian**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu preparasi bahan dasar, kalsinasi sampel pada suhu 500 °C, 800 °C dan 1000 °C. Kemudian dilakukan karakterisasi sampel dengan pembandingan CaCO<sub>3</sub> komersial sebelum dan sesudah kalsinasi. Karakterisasi sampel meliputi analisis DTA/TG untuk menentukan sifat thermal dan stabilitas bahan, FTIR untuk mengetahui gugus fungsi, XRD untuk mengetahui struktur kristal dan karakterisasi SEM-EDS untuk mengetahui mikrostruktur sampel.

#### **1. Preparasi Bahan Dasar**

Preparasi bahan dasar kerang hijau yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

- a. Membersihkan cangkang kerang hijau dari kotoran yang ada dengan menggunakan air secara berulang-ulang.
- b. Merebus cangkang kerang hijau selama 5 jam.
- c. Mengeringkan cangkang kerang hijau dalam oven pada suhu 100 °C selama 3 jam.
- d. Membuat larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan komposisi 5 : 95 ( 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan 95% aquades).
- e. Membersihkan bagian yang menempel pada cangkang kerang hijau menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan cara menyikatnya.
- f. Mencuci cangkang kerang hijau yang telah dibersihkan menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan air hingga bersih.
- g. Mengeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam.
- h. Menghaluskan cangkang kerang hijau menggunakan blender.

- i. Menghaluskan serbuk cangkang kerang hijau yang telah di blender menggunakan *mortar* dan *pestle* selama 3 jam.
- j. Menghaluskan serbuk cangkang kerang hijau menggunakan *ball mill* untuk memperoleh *particle size* yang lebih kecil.

## 2. Kalsinasi

Serbuk sampel yang telah melalui proses preparasi dan  $\text{CaCO}_3$  komersial kemudian dilakukan kalsinasi. Proses kalsinasi dilakukan menggunakan tungku pembakaran atau *furnace* dengan suhu yang dapat diatur. Suhu yang digunakan pada penelitian ini adalah  $500\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , dan  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  dengan waktu penahanan 3 jam.

## 3. Karakterisasi

Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan alat *Differential Thermal Analysis/Thermogravimetric Analysis* (DTA/TG), *X-ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*(SEM-EDS), dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR). Karakterisasi dilakukan pada sampel kalsium karbonat dari cangkang kerang hijau dan  $\text{CaCO}_3$  komersial sebelum dan sesudah kalsinasi pada suhu  $500\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $800\text{ }^\circ\text{C}$  dan  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ .

### a. DTA/TGA (*Differential Thermal Analysis/Thermogravimetric Analysis*)

Karakterisasi menggunakan DTA/TGA dilakukan untuk menganalisis sifat termal dan stabilitas bahan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses karakterisasi menggunakan DTA/TGA sebagai berikut:

1. Menyiapkan cawan platina kosong untuk digunakan sebagai sampel referensi dan memasukkan serbuk sampel kalsium karbonat ke dalam cawan platina sebagai sampel yang akan diuji;
2. Meletakkan kedua cawan platina pada posisi vertikal di sampel holder dengan memutar posisi *furnace* ke arah sampel holder.
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  $T_{\text{pengukuran}}$  tercapai menurut program yang telah diatur. Apabila  $T_{\text{pengukuran}}$  telah tercapai maka *power furnace* dapat dimatikan yaitu pada posisi “OFF” dan selanjutnya melakukan print hasil pengukuran.

#### **b. XRD (*X-Ray Diffraction*)**

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

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 melaluikomputer pengontrol, yaitu meliputi penentuan *scan mode*,

penentuan rentang sudut, kecepatan *scan* cuplikan, memberi nama cuplikan dan memberi nomorurut 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  $2\theta$  tertentu dapat dicetak oleh mesin *printer*.
6. Mengambil sampel setelah pengukuran cuplikan selesai.
7. Data yang terekam berupa sudut difraksi ( $2\theta$ ), besarnya intensitas (I), dan waktu pencatatan perlangkah (t).
8. Setelah data diperoleh analisis kualitatif dengan menggunakan *searchmatch analysis* yaitu membandingkan data yang diperoleh dengan data standard (data base PDF = *Power Diffraction File data base*).

**c. SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*)**

Karakterisasi SEM-EDS dilakukan untuk mengetahui mikrostruktur bahan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses karakterisasi menggunakan SEM sebagai berikut:

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 yang diinginkan.

**d. FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)**

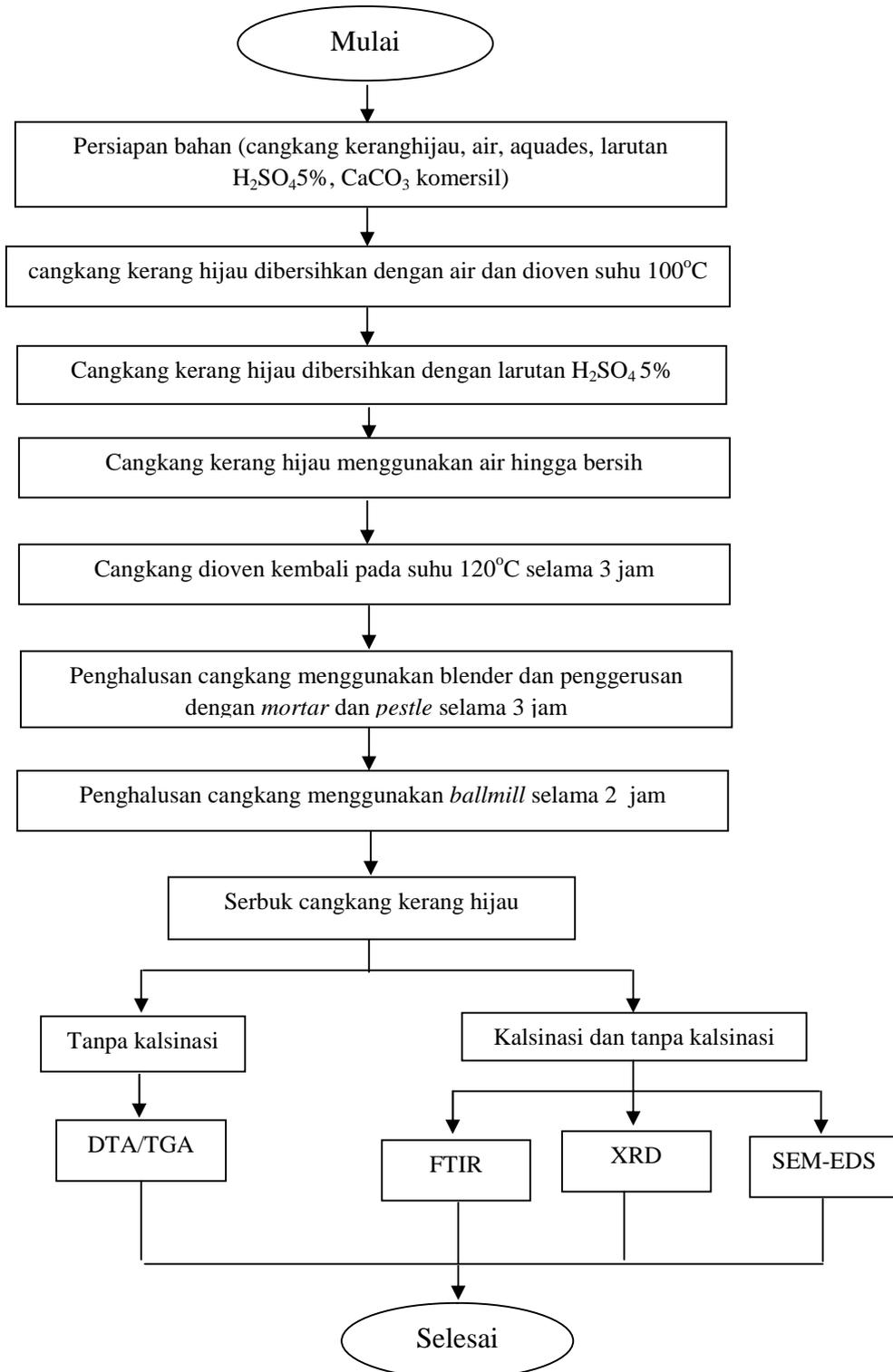
Karakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi bahan kalsium karbonat. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses karakterisasi menggunakan FTIR sebagai berikut:

1. Menimbang sampel halus sebanyak  $\pm 0,1$  gram
2. Menimbang sampel padat (bebas air) dengan massa  $\pm 1\%$  dari berat KBr.
3. Mencampur KBr dan sampel ke dalam *mortar* dan mengaduk hingga keduanya rata.
4. Menyiapkan cetakan *pellet*, mencuci bagian sampel, base dan tablet *frame* dengan kloroform.
5. Memasukkan sampel KBr yang telah dicampur dengan set cetakan *pellet*.
6. Menghubungkan dengan pompa vakum untuk meminimalkan kadar air.
7. Meletakkan cetakan pompa hidrolis dan memberikan tekanan sebesar  $\pm 8$  gauge.
8. Menghidupkan pompa vakum selama 15 menit.

9. Mematikan pompa vakum, kemudian menurunkan tekanan dalam cetakan dengan cara membuka keran udara.
10. Melepaskan *pellet* KBr yang telah terbentuk dan menempatkan *pellet* KBr pada tablet *holder*.
11. Menghidupkan alat dengan mengalirkan sumber arus listrik, alat interferometer dan komputer.
12. Mengklik "shortcut FTIR 8400" pada layar komputer yang menandakan program interferometer.
13. Menempatkan sampel dalam alat interferometer, kemudian mengklik FTIR 8400 pada komputer dan mengisi data.
14. Mengklik "*sampel start*" untuk memulai dan untuk memunculkan harga gelombang mengklik "Clac" pada menu, kemudian mengklik "*peak table*" kemudian mengklik "OK".
15. Mematikan komputer, alat interferometer dan sumber listrik.

#### D. Diagram Alir

Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh setelah dilakukan penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan hasil analisis DTA/TGA kandungan  $\text{CaCO}_3$  pada cangkang kerang hijau mengalami proses dekomposisi menjadi  $\text{CaO}$  yang ditandai dengan puncak endotermal pada suhu  $741,70\text{ }^\circ\text{C}$  dan penurunan berat sebesar  $41,45\%$ , sedangkan pada kalsium karbonat komersil dekomposisi menjadi  $\text{CaO}$  ditandai dengan puncak endotermik pada suhu  $759,4\text{ }^\circ\text{C}$  dan penurunan berat sebesar  $43,43\%$ .
2. Hasil analisis XRD menunjukkan cangkang kerang hijau sebelum kalsinasi  $\text{CaCO}_3$  memiliki struktur fasa kristal *aragonite*, kemudian kalsinasi suhu  $500\text{ }^\circ\text{C}$  fasa yang terbentuk *calcite*. Pada kalsinasi suhu  $800\text{ }^\circ\text{C}$  dan suhu  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  fasa yang terbentuk adalah  $\text{CaO}$  dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .
3. Hasil analisis FTIR menunjukkan cangkang kerang hijau sebelum kalsinasi dan kalsinasi suhu  $500\text{ }^\circ\text{C}$  terdapat gugus  $\text{CO}_3^{2-}$ , gugus C-O dan gugus O-H. Setelah kalsinasi pada suhu  $800\text{ }^\circ\text{C}$  dan suhu  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  terdapat gugus Ca-O, gugus C-H dan gugus O-H.
4. Hasil analisis SEM menunjukkan mikrostruktur pada cangkang kerang hijau sebelum kalsinasi fasa *aragonite* memiliki bentuk *plate-like* dan pada kalsium karbonat komersil fasa *calcite* memiliki bentuk kubus.

5. Hasil analisis EDS menunjukkan pada cangkang kerang hijau sebagian besar terdiri dari unsur Ca dan sebagian kecil terdiri dari unsur lain yaitu Mg, Al, O, Si dan Fe.
6. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, limbah cangkang kerang hijau dapat dijadikan alternatif pengganti kalsium karbonat sebagai bahan dasar biokeramik.

### **B. Saran**

Dalam penelitian ini telah dilakukan analisis pengaruh suhu kalsinasi terhadap karakteristik cangkang kerang hijau sebagai bahan dasar biokeramik. Kandungan kalsium karbonat pada cangkang kerang hijau akan berdekomposisi menjadi CaO setelah mengalami kalsinasi pada suhu tinggi. Karena sifat CaO yang sangat reaktif terhadap H<sub>2</sub>O, maka disarankan untuk penelitian selanjutnya lebih memperhatikan perlakuan sampel supaya tidak terkontaminasi dengan H<sub>2</sub>O sehingga tidak mempengaruhi karakteristik sampel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baecker, V. 2010. Image Processing and Analysis With Image-J and MRI Cell Image Analyzer. *Montpellier RIO Imaging*. National Institute of Mental Health, Maryland.
- Buasri, A., Chaiyut, N., Loryuenyong, V., Worawanitchaphong, P., and Trongyong, S. 2013. Calcium Oxide Derived from Waste Shells of Mussel, Cockle, and Scallop as the Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production. *The Scientific World Journal*. Vol 2013. Pp 1 – 7.
- Cappenberg, H.A.W. 2008. Beberapa Aspek Biologi Kerang Hijau *Perna viridis* Linnaeus 1758. *Jurnal Oseana*. Vol XXXIII. No 1. Hal 33 – 40.
- Cullity, B. D. 1992. *Element of X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. USA.
- Davis, J.R. 2003. *Handbook of Materials for Medical Devices*. American Society for Metals International. USA. Pp 1 – 12.
- El-Gendy, N.S., Hamdy, A., and Amr, S.S. 2014. An Investigation of Biodiesel Production from Wastes of Seafood Restaurants. *International Journal of Biomaterials*. Vol 2014. Pp 1 – 18.
- Giancoli, D.C. 2001. *Fisika Edisi Kelima*. Erlangga. Jakarta. Hal 357 – 358.
- Gosling, E. 2003. *Bivalve Molluscs Biology, Ecology and Culture*. Blackwell Publishing. USA. Pp 7 – 11.
- Granados, M.L., Poves, M.D.Z., Alonso, D.M., Mariscal, R., Galisteo, F.C., Tost, R.M., Santamaria, J., and Fierro, J.L.G. 2007. Biodiesel from Sunflower Oil by Using Activated Calcium Oxide. *Applied Catalysis B: Environmental*. Vol 73. Pp 317 – 326.
- Hamester, M.R.R., Balzer, P.S and Becker, D. 2012. Characterization of Calcium Carbonate Obtained from Oyster and Mussel Shells and Incorporation in Polypropylene. *Material Reserch*. Vol 15. Pp 204 – 208.
- Hariharan, M., Varghese, N., Cherian, Dr.A.B., Sreenivasan, Dr.P.V., Paul, J., and Antony, A. 2014. Synthesis and Characterisation of CaCO<sub>3</sub> (Calcite)

Nano Particles from Cockle Shells using Chitosan as Precursor. *Scientific and Research Publications*. Vol.4. Pp 1 – 5.

Hidayat, T. 2013. *Sintesis dan Pencirian Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Hijau dengan Metode Sol Gel*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Hu, S., Wang, Y., and Han, H. 2011. Utilization of Waste Freshwater Mussel Shell as an Economic Catalyst for Biodiesel Production. *Biomass and Bioenergy*. Vol 35. Pp 3627 – 3635.

Islam, Kh.N., Zuki, Md., Noordin, M.M., Zobir, M., Rahman, N.S.B.A., and Ali, Md.E. 2011. Characterisation of Calcium Carbonate and its Polymorphs from Cockle Shells (*Anadara granosa*). *Powder Technology*. Vol.213. Pp 188 – 191.

Kamba, A.S., Ismail, M., Ibrahim, T.A.T., Zakaria, Z.A.B. 2013. Synthesis and Characterisation of Calcium Carbonate Aragonite Nanocrystals from Cockle Shell Powder (*Anadara granosa*). *Journal of Nanomaterials*. Vol 2013. Pp 1 – 9.

Kazmiruk, V. 2012. *Scanning Electron Microscopy*. Rijeka. Croatia. Pp 1 – 48.

Kimball, J.W. 1983. *Biologi Edisi Kelima*. Erlangga. Jakarta.

Krane, K. 1992. *Fisika Modern*. UI-Press. Jakarta. Hal 1 – 998 .

Kusminarto. 2011. *Esensi Fisika Modern*. Andi. Yogyakarta.

Koga, N and Nishikawa, K. 2014. Mutual Relationship between Solid-State Aragonite-Calcite Transformation and Thermal Dehydration of Include Water in Coral Aragonite. *Crystal Growth and Design*. Vol 14. Pp 879 - 887.

Koga, N., Kasahara, D., Kimura, T. 2013. Aragonite Crystal Growth and Solid-State Aragonite–Calcite Transformation: A Physico–Geometrical Relationship via Thermal Dehydration of Included Water. *Crystal Growth and Design*. Vol 13. Pp 2238 – 2246.

Kordi, M.G.H. 2011. *Budi Daya 22 Komoditas Laut untuk Konsumsi Lokal dan Ekspor*. Yogyakarta: Andi.

Kusumaningsih, T., Venty, S., dan Wisnu, P. 2004. Karakterisasi Kitosan Hasil Deasetilasi Kitin dari Cangkang Kerang Hijau *Mytilus viridis* (Linnaeus). *Jurnal Alchemy*. Vol 3. No 1. Hal 63 – 73.

Lertvachirapaiboon, C., Jirapisitkul, T., Pienpinijtham, P., Wongravee, K., Thammacharoen, C., and Ekgasit, S. 2014. Air-gap-enhanced Pearlescent

Effect in Periodic Stratified Bilayers of *Perna Viridis* Shell. *Journal of Material Science*. Vol 49. Pp 6282 – 6289.

Lukasen, D and Meidell, A. 2007. *Advanced Materials and Structures and their Fabrication Processes*. Book manuscript. Narvik University.

Park, J.B. and Bronzino, J.D. 2003. *Biomaterials Principles and Applications*. CRC Press. New York.

Patnaik, P. 2001. *Handbook of Inorganic Chemicals*. McGraw-Hill. USA.

Peraturan Daerah Kabupaten Lampung Timur Nomor 04. 2012. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Lampung Timur Tahun 2011-2031*. Lampung Timur.

Percepatan Pembangunan Sanitasi Permukiman, *Lampung Timur Dalam Angka*. 2012.

Power, A.J., Walker, R.L., Payne, K and Hurley, D. 2004. First Occurrence of the Nonindigenous Green Mussel. *Journal of Shellfish Research*. Vol 23. Pp 741-744.

Qoniah, I., dan Prasetyoko, D. 2011. Penggunaan Cangkang Bekicot Sebagai Katalis Untuk Reaksi Transesterifikasi Refined Palm Oil. *Prosiding Skripsi*.

Ratner, B.D., Hoffman, A.S., Schoen, F.J., and Lemonds, J.E. 1996. *Biomaterial Science, An Introduction to Materials in Medicine*. Academic Press. San Diego. Pp 1-8.

Respati, S.M.B. 2010. Bahan Biomaterial Stainless Steel dan Keramik. *Jurnal Momentum*. Vol 6. No 1. Hal 5 – 8.

Rezaei, R., Mohadesi, M., and Moradi, G.R. 2013. Optimization of biodiesel production using waste mussel shell catalyst. *Journal of fuel chemical engineering*. Vol 109. Pp 534 – 541.

Robinson, J.W., Eillen, M.S.F and George, M.F. 2005. *Undergraduate Instrument Analysis Sixth Edition*. Marcell Dekker. New York.

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.

- Setyono, D.E.D. 2006. "Karakteristik Biologi dan Produk Keekerangan Laut". *Jurnal Oseana*. Vol XXXI. No 1. Hal 1 – 7.
- Shavandi, A., Bekhit, A.E.A., Azam, A., & Zhifa, S. 2014. Synthesis of Nano-hydroxyapatite (nHA) from Waste Mussel Shells Using a Rapid Microwave Method. *Journal of Materials Chemistry and Physics*. Vol 149-150. Pp 607 – 616.
- Silverman, H.G and Roberto, F.F. 2007. Understanding Marine Mussel Adhesion. *Journal of Marine Biotechnology*. Vol 9. Pp 661 – 681.
- Sinardi, Soewondo, P., dan Notodarmojo, S. 2013. Pembuatan, Karakterisasi dan Aplikasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Hijau (*Mytulus Viridis* Linneaus) Sebagai Koagulan Penjernih Air. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7*. Hal 33 – 38.
- Singh, N.B and Singh N.P. 2007. Formation of CaO from Thermal Decomposition of Calcium Carbonate in the Presence of Carboxylic Acids. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. Vol 89. Pp 159 – 162.
- Siriprom, W., Chumnanvej, N., Choeysuppaket, A and Limsuwan, P. 2012. A Biomonitoring Study: Trace Metal Elements in *Perna Viridis* Shell. *Journal of Procedia Engineering*. Vol 32. Pp 1123 - 1126.
- Siswanto, C.H. 2013. *Sintesis dan Pencirian Hidroksiapatit dari Limbah Cangkang Kerang Hijau dengan Metode Kering*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Smith, W. F. 1990. *Principles of Materials and Science Engineering*. Third Edition. McGraw-Hill. Inc. USA.
- Smallman, R.E dan Bishop, R.J. 2000. *Metalurgi Fisika Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Eralngga.
- Soon, T.K., and Ransangan, J. 2014. A Review of Feeding Behavior, Growth, Reproduction and Aquaculture Site Selection for Green-Lipped Mussel, *Perna viridis*. *Advances in Bioscience and Biotechnology*. Vol 5. Pp 462 – 469.
- Thermo, Nicolet. 2001. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. Thermo Nicolet Corporation. USA.
- 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.
- Xie, A.J., Shen, Y.H., Zhang, C.Y., Yuan, Z.W., Zhu, X.M., and Yang, Y.M. 2005. Crystal Growth of Calcium Carbonate With Various Morphologies

in Different Amino Acid System. *Journal of Crystal Growth*. Vol 285. Pp 436 – 443.

Xu, J., & Zang, G. 2014. Biogenic Nanospheres of Amorphous Carbonated Ca-Mg Phosphate Within The Periostracum of The Green Mussel *Perna viridis*. *Journal of Structural Biology*. Vol 188. No 3. Pp 205-212.

Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G., & H.Omar. (2002). Occurrence of Shell Deformities in Green-Lipped Mussel *Perna viridis* (Linnaeus) Collected from Malaysian Coastal Waters. *Bulletine of Environmental Contamination and Toxicology*. Vol 69. Pp 877 – 884.

Zhang, G and Li, X. 2012. Uncovering Aragonite Nanoparticle Self-assembly in Nacre A Natural Armor. *Crystal Growth and Design*. Vol 12. Pp 4306 - 4310.

Zhang, Y., Liu, S., and Chen, P. 2013. Study on the Properties of Calcined Waste Mussel Shell. *International Quarterly Scientific Journal*. Vol 12. Pp 435 – 438.

Zhou, W., Apkarian, R.P., Wang, L.Z and Joy, D. 2007. *Scanning Microscopy for Nanotechnology*. Springer. New York .