

**Pengaruh Komposisi Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa L.*) terhadap Sifat Fisik dan Sifat Kimia Agregat Halus**

**SKRIPSI**

oleh:

**Ilham Al Bustomi**

**14509020711132**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

repository.ub.ac.id

**Pengaruh Komposisi Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa L.*) terhadap Sifat Fisik dan Sifat Kimia Agregat Halus**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

oleh:

**Ilham Al Bustomi**

**14509020711132**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**



repository.ub.ac.id

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI


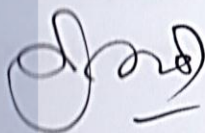
**Pengaruh Komposisi Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa L.*) terhadap Sifat Fisik dan Sifat Kimia Agregat Halus**

oleh:  
**ILHAM AL BUSTOMI**  
**145090207111032**

Setelah diseminarkan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal **18 JUL 2018**  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Pembimbing II

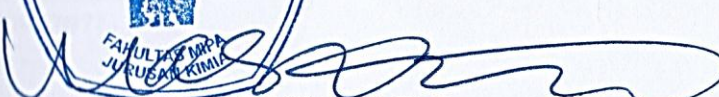


Dr. Diah Mardiana, MS  
NIP. 196305291991032002

Drs. Budi Kamulyan, M.Sc  
NIP. 196306191990021001



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya



Masruri, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP. 197310202002121001

**LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ILHAM AL BUSTOMI  
NIM : 145090207111032  
Jurusan : KIMIA

Penulisan skripsi berjudul :

**Pengaruh Komposisi Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa L.*) terhadap Sifat Fisik dan Sifat Kimia Agregat Halus**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya saya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termasuk di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Juli 2018  
Yang menyatakan,



(Ilham Al Bustomi)  
NIM 145090207111032

# PENGARUH KOMPOSISI CANGKANG KERANG DARAH (*ANADARA GRANOSA L.*) TERHADAP SIFAT FISIK DAN SIFAT KIMIA AGREGAT HALUS

## ABSTRAK

Cangkang kerang darah (*Anadara Granosa L.*), salah satu limbah di daerah pantai, memiliki potensi menjadi material konstruksi. Pada umumnya, cangkang kerang terlebih dahulu melalui tahap kalsinasi sehingga setara dengan semen. Pada penelitian ini, cangkang kerang tanpa kalsinasi digunakan untuk campuran agregat halus. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi cangkang kerang terhadap sifat fisik meliputi densitas, pH dan daya serap air serta sifat kimia agregat halus. Komposisi semen terhadap cangkang kerang, dalam prosentase adalah 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 dan 0:100. Faktor Air Semen (FAS) dibuat tetap 0,65. Monolith dibuat dalam cetakan berbentuk kubus dengan sisi 4 cm kemudian dilakukan proses curing dalam air selama 28 hari. Densitas monolith berdasarkan ukuran padatan dilakukan untuk spesimen sebelum dan setelah proses curing. Daya serap terhadap air setelah curing dilakukan secara gravimetri dilengkapi dengan pengukuran pH selama proses berlangsung. Adapun karakterisasi diperoleh dari hasil analisis secara spektrofotometri FTIR. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa adanya cangkang kerang menyebabkan densitas menurun sedangkan pH dan daya serap terhadap air meningkat. Agregat setelah proses curing mengalami hidrasi sehingga diperoleh monolith yang berpotensi digunakan sebagai bata beton untuk pejalan kaki atau keperluan taman.

*Kata kunci* : Cangkang kerang, *monolith*, *curing*, bata beton

# THE EFFECT OF BLOOD SHELL (*ANADARA GRANOSA L.*) COMPOSITION ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SMOOTH AGGREGATE

## ABSTRACT

Blood shell (*Anadara Granosa L.*) is one of the solid waste on beach, but they have potency to become construction materials. Generally, blood shell first through calcination process so can equally to cement. This study used blood shell without calcination for smooth aggregate mix. The purpose of this study is to know the effect blood shell composition on physical properties covers density, pH and water absorption ability also chemical properties smooth aggregate. Cement composition on blood shell, on percentage are 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100. Cement Water Factor (FAS) stays at 0,65. Monolith created in cubic shaped print with side 4 cm then go to curing process in water for 28 days. Monolith density based from solid size was measured before and after curing process. Water absorption ability after curing process were done with gravimetry completed with pH measurement during the process. Characterization were gained from spectrophotometric FTIR. The result is blood shell caused the decrease of density but increase pH and water absorption ability. Aggregate undergo curing process sustain hydration, then gained monolith that have potential used for concrete brick for pedestrian or park.

*Keywords : Blood shell, monolith, curing, paving block*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Komposisi Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa L.*) terhadap Sifat Fisik dan Sifat Kimia Agregat Halus**” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tak lepas dari bantuan semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, maka penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Diah Mardiana, MS selaku dosen pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan dan kesabaran yang diberikan selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Drs. Budi Kamulyan, M.Sc selaku dosen pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan dan kesabaran yang diberikan selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Ir. Bambang Ismuyanto, MS yang telah memberikan saran dan fasilitas peralatan untuk kelancaran penelitian.
4. Dr. Rurini Retnowati, M.Si selaku dosen penguji atas waktu, perbaikan dan sarannya.
5. M. Farid Rahman, S.Si., M.Si selaku penasehat akademik atas nasehat dan perhatiannya selama melaksanakan studi.
6. Ellya Indahyanti, S.Si.,M.Eng yang telah banyak memberikan bantuan moril, bimbingan dan pengarahannya.
7. Ketua Jurusan Kimia, staff pengajar, segenap Pranata Laboratorium Pendidikan dan seluruh staff karyawan yang telah membantu penulis menyusun.
8. Orangtua dan saudara yang telah memberikan segala dukungan baik materi maupun moril hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
9. Seluruh rekan-rekan Kimia UB 2014 yang selalu memberikan dukungan, masukan, motivasi, dan tempat berbagi ilmu.
10. Abuya Abdullah selaku pengasuh, seluruh Ustadz pengajar serta sahabat-sahabat santri “Pondok Pesantren Ashabul

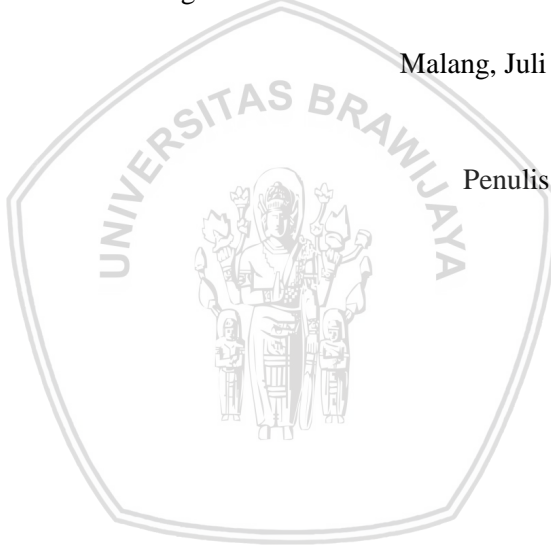
Kahfi” yang telah memberikan banyak pelajaran, kesabaran, dukungan, motivasi, ilmu agama bagi rohani kami, selalu mengingatkan tentang kebaikan dan do’a yang telah dicurahkan untuk kelancaran penyusunan skripsi ini.

11. Kerabat dan yang sahabat khususnya yang berada di Kota Malang yang telah banyak memberikan do’a restu dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan oleh penulis guna perbaikan dan penyempurnaannya. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Malang, Juli 2018

Penulis





## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Cangkang kerang	5
2.2 Semen Portland Pozzolan	6
2.3 Agregat	9
2.4 Air	10
2.5 Bata beton	10
2.6 Pencetakan	12
2.7 Curing (perawatan)	13
2.8 Penentuan Sifat Fisik dan Sifat Kimia	15
2.8.1 Penentuan Daya Serap Air	15
2.8.2 Penentuan Densitas	15
2.8.3 Penentuan Ukuran Partikel Menggunakan <i>Particle Size Analyzer</i>	15
2.8.4 Penentuan Gugus Fungsi Secara Spektrofotometri Inframerah	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>19</b>
3.1 Tempat dan Waktu	19



3.2 Alat Penelitian	19
3.3 Bahan Penelitian	19
3.4 Tahapan Penelitian	19
3.5 Prosedur Kerja	20
3.5.1 Preparasi Sampel Cangkang Kerang	20
3.5.2 Pencetakan <i>Monolith</i>	20
3.5.3 Karakterisasi	21
3.5.3.1 Penentuan Densitas	21
3.5.3.2 Penentuan Daya serap Air	22
3.5.3.3 Penentuan pH	22
3.5.3.4 <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA)	22
3.5.3.5 Spektrofotometri Inframerah (FTIR)	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>25</b>
4.1 Preparasi dan Karakterisasi Cangkang Kerang Darah	25
4.2 Pembuatan <i>Monolith</i>	26
4.3 <i>Curing Monolith</i>	27
4.4 Sifat Fisik <i>Monolith</i>	30
4.4.1 Densitas	30
4.4.2 Daya Serap Air	30
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>33</b>
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>39</b>

**DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar 4.1</b>	: Spektra FTIR Sampel Cangkang Kerang Darah dan Monolith	29
<b>Gambar B.1</b>	: Pencetakan Monolith	43
<b>Gambar B.2</b>	: Monolith	43
<b>Gambar B.3</b>	: Dimensi Cetakan Monolith	43
<b>Gambar C.1</b>	: Penentuan Perubahan Volume Cairan	44
<b>Gambar D.1</b>	: Pengukuran pH secara Berkala	46
<b>Gambar D.2</b>	: Kurva Hasil Penentuan pH	47
<b>Gambar E.1</b>	: Curing Beton pada Baskom	48
<b>Gambar E.2</b>	: Curing Beton pada Beaker Glass	48
<b>Gambar F.1</b>	: Uji Daya Serap Monolith	51
<b>Gambar G.1</b>	: Kurva Distribusi Ukuran Partikel	52
<b>Gambar G.2</b>	: Spektrum Cangkang Kerang	53
<b>Gambar G.3</b>	: Spektrum Cangkang Kerang Sebelum Curing	54
<b>Gambar G.4</b>	: Spektrum Cangkang Kerang Setelah Curing	55

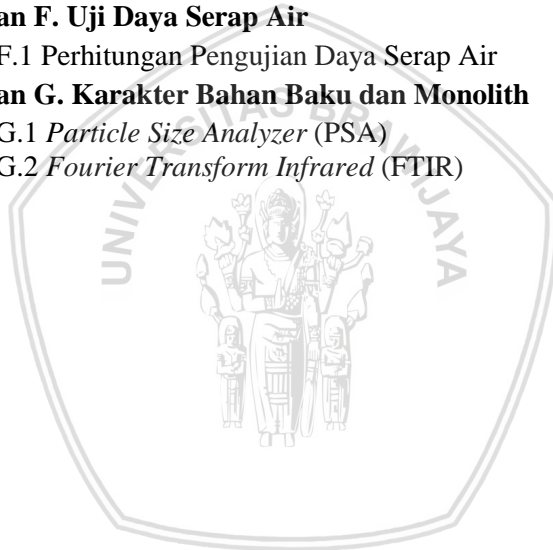
## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	: Sifat Fisik Cangkang Kerang	5
<b>Tabel 2.2</b>	: Sifat Kimia Cangkang Kerang	6
<b>Tabel 2.3</b>	: Komposisi Kimia dari PPC	7
<b>Tabel 2.4</b>	: Persyaratan Mutu Setiap Jenis Bata Beton	11
<b>Tabel 2.5</b>	: Keuntungan dan Kerugian Metode Mekanis dan Konvensional	13
<b>Tabel 2.6</b>	: Serapan Gugus Fungsi Senyawa Anorganik	17
<b>Tabel 3.1</b>	: Komposisi Bahan Penyusun Spesimen	21
<b>Tabel 4.1</b>	: Distribusi Ukuran Partikel Cangkang Kerang	25
<b>Tabel 4.2</b>	: Hasil Pengukuran Massa dan Volume untuk Monolith Seri I Sebelum Curing	26
<b>Tabel 4.3</b>	: Hasil Pengukuran Massa, Volume Beton dan Densitas Setelah Curing	27
<b>Tabel 4.4</b>	: Persentase Perubahan Volume Beton dan Densitas Setelah Curing	27
<b>Tabel 4.5</b>	: Hasil Pengukuran Volume <i>Monolith</i> Melalui Perubahan Tinggi Permukaan Cairan	28
<b>Tabel 4.6</b>	: Perbandingan Spektrum FTIR	29
<b>Tabel 4.6</b>	: Hasil Uji Daya Serap Air Bata Beton	31
<b>Tabel B.1</b>	: Komposisi Pembuatan Monolith	42
<b>Tabel C.1</b>	: Pengukuran Densitas Monolith dari Volume Perubahan Tinggi Permukaan Cairan	45
<b>Tabel D.1</b>	: Data Hasil Pengukuran pH secara Berkala	46
<b>Tabel E.1</b>	: Hasil Penimbangan Monolith Sebelum <i>Curing</i>	49
<b>Tabel E.2</b>	: Hasil Penimbangan Monolith Setelah <i>Curing</i>	49
<b>Tabel F.1</b>	: Perhitungan Massa Monolith Sebelum <i>Curing</i>	50
<b>Tabel F.2</b>	: Perhitungan Massa Monolith Setelah <i>Curing</i>	50
<b>Tabel F.3</b>	: Hasil Rerata <i>Curing</i> dan Daya Serap	50



**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran A. Diagram Penelitian</b>	<b>39</b>
A.1 Preparasi Sampel	39
A.2 Tahapan Penelitian	40
<b>Lampiran B. Pembuatan <i>Monolith</i></b>	<b>41</b>
B.1 Perhitungan Pembuatan <i>Monolith</i>	41
B.2 <i>Monolith</i>	43
<b>Lampiran C. Penentuan Densitas</b>	<b>44</b>
<b>Lampiran D. Pengukuran pH</b>	<b>46</b>
<b>Lampiran E. <i>Curing</i> Beton</b>	<b>48</b>
<b>Lampiran F. Uji Daya Serap Air</b>	<b>50</b>
F.1 Perhitungan Pengujian Daya Serap Air	50
<b>Lampiran G. Karakter Bahan Baku dan <i>Monolith</i></b>	<b>52</b>
G.1 <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA)	52
G.2 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	53



## DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG

Istilah/ singkatan	Keterangan
Binder	Bahan pengikat
FAS	Faktor Air Semen
Filler	Bahan pengisi
FTIR	Fourier Transform Infra Red
Monolith	Spesimen hasil pemadatan
PPC	Portland Pozzolan Cement
PSA	Particle Size Analyzer



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Cangkang kerang melindungi hewan bertubuh lunak (jenis moluska) di dalamnya, sehingga dapat bertahan hidup meski ada tekanan yang sangat kuat. Beberapa jenis kerang dapat dikonsumsi tetapi juga terdapat kerang yang beracun. Salah satu jenis kerang yang dapat dikonsumsi serta banyak dibudidayakan di Indonesia adalah kerang darah, *Anadara granosa* [1]. Kelimpahan kerang darah di Indonesia menurut [2] yaitu 48,994 ton. Kerang darah memiliki cangkang yang berigi dan banyak pasir yang melekat pada gerigi-gerigi tersebut sehingga cangkang kerang ini berwarna kecoklatan. Sebagai bahan pangan, yang dimanfaatkan untuk dikonsumsi hanya daging kerang segar, sedangkan cangkangnya dibuang dan menjadi limbah.

Pendayagunaan kulit kerang tergolong masih kurang, karena lebih banyak digunakan sebagai barang hiasan, pakan ternak dan campuran kosmetik. Keberadaan kulit kerang kian meningkat dan mengganggu lingkungan kampung nelayan dan merusak keindahan pantai [3]. Jika limbah tersebut dibuang secara terus menerus dalam waktu yang lama tanpa adanya tindak pengolahan secara maksimal dapat menimbulkan gangguan keseimbangan ekosistem [4].

Cangkang kerang memiliki kandungan senyawa kimia seperti kitin, kalsium karbonat, kalsium hidroksi-apatit dan kalsium fosfat [5]. Kandungan  $\text{CaCO}_3$  yang cukup tinggi menjadi dasar kajian pemanfaatan cangkang kerang sebagai adsorben logam [6]. Pemanfaatan lain cangkang kerang adalah sebagai bahan substitusi pengganti pasir, dikenal sebagai agregat kasar pada pembuatan *paving block*. Sebagai agregat kasar, cangkang kerang terlebih dahulu melalui tahap kalsinasi sehingga membentuk  $\text{CaO}$ . Pemanfaatan cangkang kerang sebagai pengganti pasir diharapkan dapat mengurangi dampak negatif akibat penggunaan sumber daya alam secara terus menerus. Di samping itu, hal ini akan menjaga kelestarian lingkungan karena mereduksi limbah yang berasal dari cangkang kerang [7].

Komponen kalsium, sebagai CaO akan setara dengan semen pozzolan, antara lain dalam bentuk senyawa trikalsium silikat,  $C_3S$  atau dikalsium silikat,  $C_2S$ . Saat dicampurkan dengan air dan mengalami reaksi hidrasi maka akan terbentuk monolith dan kalsium hidroksida. Semen pozolan sering digunakan untuk bahan-bahan yang tahan terhadap panas dan asam.

Pada penelitian ini, cangkang kerang akan dipelajari kemungkinannya dimanfaatkan sebagai agregat halus yang setara dengan semen tetapi tanpa tahap kalsinasi. Oleh karenanya bentuk senyawa kalsium yang digunakan adalah kalsium karbonat,  $CaCO_3$ .  $CaCO_3$  secara fisik memiliki pori-pori yang memiliki kemampuan mengadsorpsi senyawa lain, sehingga diharapkan mampu berantaraksi dengan komponen lain pada pembuatan bahan bangunan, sebelum pada akhirnya bereaksi.  $CaCO_3$ , terutama dalam bentuk serbuk, jika bereaksi dengan air akan bersifat eksoterm sehingga reaksi berlangsung secara cepat. Molekul  $CaCO_3$  akan mengikat air dan membentuk kalsium hidroksida, zat yang lunak seperti pasta. Hal ini akan memudahkan pencampuran komponen pada bahan bangunan.

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran bahan bangunan. Beberapa fungsi agregat yaitu menghemat penggunaan bahan perekat (semen), mengurangi susut bahan, meningkatkan kekuatan, dan dengan gradasi yang baik akan menjadikan bahan padat [8]. Agregat yang baik harus mempunyai bentuk bulat, bersih, keras, kuat dan ukuran seragam dan volume pori besar. Hal ini menyebabkan agregat dapat mengisi pori di antara butiran yang lebih besar dan bahan menjadi mampat.

Kekuatan bahan ditentukan oleh perbandingan air dan semen. Oleh karena cangkang kerang akan berperan untuk substitusi semen, maka perbandingan cangkang kerang terhadap faktor air-semen berpengaruh terhadap sifat campuran. Beberapa sifat yang dimungkinkan dipengaruhi adalah kerapatan material, pH campuran mengikat akan terbentuk kalsium hidroksida yang bersifat basa.

Karakterisasi produk material dipelajari melalui penentuan kerapatan berdasarkan berat jenis, pH campuran dimulai pada hari ke-12 selama proses pengerasan, daya serap air serta kestabilan



dimensi. Agregat dengan kestabilan dimensi optimum dilengkapi dengan penentuan struktur kimia berdasarkan spektrum FTIR.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang maka permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh komposisi cangkang kerang terhadap densitas, pH, dan daya serap air?
2. Bagaimana struktur kimia material untuk agregat dengan dimensi paling stabil?
3. Bagaimana potensi cangkang kerang darah tanpa kalsinasi jika digunakan untuk campuran bahan bangunan?

## **1.3 Batasan masalah**

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Ukuran butiran cangkang kerang yang digunakan adalah +30-100 mesh
2. Perbandingan air : total padatan = 0,65

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari pengaruh komposisi cangkang kerang terhadap perubahan densitas, pH, dan daya serap air.
2. Menentukan struktur kimia material untuk agregat dengan dimensi paling stabil.
3. Mempelajari potensi cangkang kerang darah tanpa kalsinasi sebagai campuran untuk bahan bangunan.

## **1.5 Manfaat**

Dari pelaksanaan penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan alternatif bahan substitusi semen berupa limbah cangkang kerang tanpa kalsinasi.
2. Memberikan alternatif pemanfaatan cangkang kerang.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Cangkang Kerang

Kerang darah termasuk dalam kategori hewan dengan tubuh yang lunak dan dilindungi oleh cangkang yang keras (*mollusca*). Kerang darah banyak hidup di sepanjang garis pantai yang pasirnya mengandung lumpur dengan cara membenamkan diri dan hidup berkoloni. Cangkang kerang darah mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Hal itu dapat dilihat dari tingkat kekerasan cangkang. Semakin keras cangkang kerang, maka semakin tinggi pula kandungan kalsium karbonatnya [1].

Hasil pola difraksi sinar – X diketahui bahwa cangkang kerang dalam suhu dibawah  $500^\circ\text{C}$  tersusun atas kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) pada phase aragonite dengan strutur kristal orthorombik. Sedangkan untuk suhu diatas  $500^\circ\text{C}$ , berubah menjadi *phase calcite* dengan struktur kristal heksagonal [9].

Cangkang kerang dapat digunakan sebagai bahan campuran pada pembuatan beton. Penambahan serbuk cangkang kerang yang homogen akan menjadikan campuran beton lebih reaktif. Cangkang kerang mengandung senyawa kimia yang bersifat *pozzolan*, yaitu mengandung zat kapur ( $\text{CaO}$ ), alumina dan senyawa silika sehingga alternatif bahan baku beton [10]. Beberapa sifat fisik cangkang kerang dicantumkan pada Tabel 2.1. Sedangkan sifat kimia pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.1** Sifat Fisik Cangkang Kerang

No.	Parameter Fisik	Hasil
1	Berat Jenis (g/cc)	1,34
2	Berat Volume (g/cc)	1,42
3	Resapan Air (%)	2,04
4	Kadar Lumpur (%)	0,33

Sumber : Balitbang Industri Departemen Perindustrian, 2004

**Tabel 2.2** Sifat Kimia Cangkang Kerang [11]

No.	Parameter	Kadar (%)
1	Air	9,36
2	SiO <sub>2</sub>	8,65
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,80
4	MgO	4,10
5	CaO	40,50
6	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,15
7	CO <sub>2</sub>	22,26
8	SO <sub>3</sub>	4,10
9	K <sub>2</sub> O dan Na <sub>2</sub> O	1,08

## 2.2 Semen Portland Pozzolan

Semen portland pozzolan (Portland Pozzolan Cement, PPC) merupakan semen hidrolis yang dapat mengeras dan menghasilkan kepadatan yang stabil jika bereaksi dengan air [12]. Semen portland pozzolan dibuat dengan menggiling terak semen portland, gypsum, dan bahan pozzolan. Pozzolan adalah bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan/atau aluminat yang aktif [12]. Komposisi dari PPC berdasarkan hasil pengujian kimia diberikan pada Tabel 2.3 [13].

**Tabel 2.3** Komposisi Kimia dari PPC

Komposisi Kimia	Hasil Uji PPC (%)
SiO <sub>2</sub>	23,13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,76
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,62
CaO	58,66
MgO	0,90
SO <sub>3</sub>	2,18

Dalam proses pembuatan terak semen Portland, material utama seperti batu kapur, tanah liat (lempung) atau *shale*, dicampur dan dipanaskan pada temperatur sekitar 1450°C. Prinsip pembuatannya dibedakan menjadi tiga golongan, yaitu [14]:

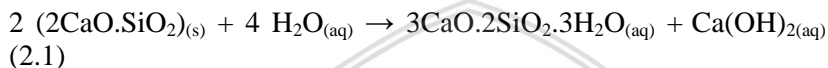
1. Reaksi di bawah temperatur 1300°C, hal penting yang terjadi adalah:
  - a. Dekomposisi kalsit (kalsinasi)
  - b. Dekomposisi mineral lempung
  - c. Reaksi kalsit atau kapur dengan kwarsa dan produk dekomposisi mineral lempung untuk membentuk belite, aluminate dan ferrite.
2. Reaksi antara 1300-1450°C (*clinkering*). Terbentuk lelehan, terutama dari aluminat dan ferrite, dan pada 1450°C sekitar 20-30% campuran membentuk cairan. Sebagian dari belite akan bereaksi dengan kapur untuk membentuk alite.
3. Reaksi pendinginan. Cairan yang mengkristal, terbentuk oleh aluminate dan ferrite. Transisi polimorfik terjadi oleh alite dan belite. Semen portland pozzolan memiliki kandungan senyawa utama sebagai berikut [15]:
  1. Trikalsium silikat (3CaO.SiO<sub>2</sub>), disingkat C<sub>3</sub>S
  2. Dikalsium silikat (2CaO.SiO<sub>2</sub>), disingkat C<sub>2</sub>S
  3. Trikalsium aluminat (3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), disingkat C<sub>3</sub>A
  4. Tetrakalsium aluminoferrit (4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), disingkat C<sub>4</sub>AF

## 5. Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

Komposisi  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  dan  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  adalah 70-80 % dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat kekuatan. Trikalsium silikat berperan sebagai pembentukan kekuatan awal, sedangkan dikalsium silikat reaksinya lambat dan mempunyai kontribusi dalam pembentukan kekuatan pada tahap berikutnya [16].

Reaksi hidrasi yang terjadi sesuai persamaan 2.1

Untuk Dikalsium silikat



Banyaknya air yang digunakan selama proses hidrasi akan mempengaruhi karakteristik kekuatan monolith. Faktor air semen (FAS) merupakan rasio antara berat air terhadap berat semen [16]. Untuk semen portland, perkerasan optimum pada umumnya diperoleh pada FAS sebesar 0,45-0,65 [14]. Semen portland pozzolan digunakan untuk bangunan umum dan bangunan-bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang. Semen portland pozzolan digunakan untuk [16] :

1. Bangunan bertingkat tinggi
2. Perumahan
3. Jembatan dan jalan raya
4. Landasan bandara udara
5. Bangunan di lingkungan garam seperti dermaga dan bangunan irigasi
6. Beton volume besar seperti bendungan
7. Beton pracetak dan pratekan
8. Elemen bangunan seperti genteng, batako, bata beton

### 2.3 Agregat

Agregat adalah bahan pengisi insert filter yang digunakan bersama semen untuk beton. Agregat (yang tidak bereaksi) merupakan bahan-bahan campuran batako yang diikat oleh perekat semen. Agregat umum yang dipakai adalah agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil). Agregat halus atau pasir adalah butiran-butiran mineral keras yang berbentuk mendekati bulat, tajam dan bersifat kekal dengan ukuran butir antara 0,14-5 mm. Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi beton sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi pemakaian bahan pengikat/semen. Mutu dari agregat halus ini merupakan kunci utama dalam penentuan kualitas beton yang dihasilkan. Untuk menghasilkan beton yang baik, agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Agregat halus terdiri atas butir-butir yang tajam dan keras dan gradasinya menerus. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
- b. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50-3,80 mm.
- c. Kadar lumpur/bagian butir yang lebih kecil dari 0,07 maksimum 5 %.
- d. Kadar zat organik yang terkandung tidak terlalu banyak.
- e. Kekerasan butir.

Agregat yang bisa digunakan dalam pembuatan batako harus memenuhi persyaratan sebagai berikut [17] :

- Agregat harus bersih
- Keras
- Tidak tercampur dengan tanah liat/lumpur
- Bebas dari penyerapan kimiawi
- Distribusi/gradasi ukuran agregat memenuhi ketentuan yang berlaku.

## 2.4 Air

Fungsi air dalam campuran bahan adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air menurut [18] adalah sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2 g/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 g/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 g/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 g/liter.
- e. Pemakaian air pada pembuatan campuran harus tepat karena pemakaian air yang berlebihan akan menimbulkan banyak gelembung air setelah proses hidrasi dan hal itu akan mengurangi kekuatan beton yang dihasilkan. Sedangkan terlalu sedikit akan menghambat proses hidrasi tercapai seluruhnya.

## 2.5 Bata Beton

Bata beton adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis atau sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak menurunkan mutu baku bata beton itu sendiri [19]. Bahan-bahan dicampur dengan perbandingan tertentu sesuai kebutuhan dan mutu yang direncanakan, kemudian dicetak dan dipadatkan. Setelah menjadi produk, bata beton harus disimpan pada tempat yang terlindung dari panas matahari langsung dan hembusan angin yang berlebihan.

Berdasarkan [19] klasifikasi paving bata beton dibedakan sesuai kelas penggunaan sebagai berikut :

- I. Bata beton bermutu A : digunakan untuk jalan
- II. Bata beton bermutu B : digunakan untuk pelataran parkir
- III. Bata beton bermutu C : digunakan untuk pejalan kaki
- IV. Bata beton bermutu D : digunakan untuk taman dan lainnya

Dalam pengujian bata beton dengan bahan tambahan cangkang kerang, obyek uji harus memenuhi persyaratan yaitu :

1. Sifat Tampak
  - a) Untuk permukaan luar batako sebaiknya tidak terdapat suatu retakan atau cacat

- b) Rusuk-rusuknya siku satu dengan siku lainnya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

2. Syarat Mutu Bata Beton

Persyaratan mutu untuk setiap jenis dapat dilihat pada Tabel 2.4

**Tabel 2.4** Persyaratan Mutu Setiap Jenis Bata Beton (Paving Block)

Jenis	Kuat Tekan (mPa*)		Penyerapan Air Rata – Rata Max (%)
	Rata-rata	Minimum	
A	40	35	3
B	20	17	6
C	15	12,5	8
D	10	8,5	10

(Badan Standarisasi Nasional, 1996)

Keterangan : \*mPa = mega pascal, 1 mPa = 10 kg/cm<sup>2</sup>

Bata beton diproduksi secara manual biasanya berupa beton dengan mutu kelas C atau D yaitu untuk tujuan pemakaian non struktural, seperti untuk taman dan penggunaan lain yang tidak diperlukan untuk menahan beban berat di atasnya. Mutu bata beton yang dikerjakan menggunakan mesin pres dapat dikategorikan ke dalam mutu beton kelas C sampai A dengan kuat tekan diatas 125 kg/cm<sup>2</sup> bergantung pada perbandingan campuran bahan yang digunakan. Ada keharusan melakukan pemeriksaan kekuatan paving secara berkala untuk produksi beton yang berspesifikasi khusus. Visualisasi antara bata beton dengan pengerjaan manual serta yang menggunakan mesin pres relatif sama jika dilihat dengan kasat mata, tetapi permukaan produksi beton dengan menggunakan mesin jauh lebih rapat [17].

Pemakaian bata beton memiliki keuntungan antara lain [20] :

1. Pelaksananya mudah dan tanpa menggunakan alat berat serta dapat diproduksi massal
2. Pemeliharaannya mudah dan dapat dibongkar muat
3. Tahan terhadap beban stastis, dinamik dan kejut dan





4. Tahan terhadap tumpahan bahan pelumas dan pemanasan oleh mesin kendaraan.

## 2.6 Pencetakan

Proses pencetakan bata beton sama halnya dengan pencetakan batu bata merah pejal yaitu secara manual maupun menggunakan mesin cetak. Faktanya di lapangan, industri masih banyak menggunakan cara yang sederhana, karena ini termasuk industri rakyat.

Cara pembuatan bata beton yang biasanya digunakan di masyarakat dapat diklasifikasikan menjadi dua metode [21]:

1. Metode Konvensional

Metode ini paling banyak digunakan oleh masyarakat dan lebih dikenal dengan metode gablokan yakni menggunakan alat gablokan dengan beban pemadatan yang berpengaruh terhadap tenaga orang yang mengerjakan. Metode ini dapat dilakukan oleh siapa saja, karena menggunakan peralatan sederhana. Semakin kuat tenaga orang yang mengerjakan maka akan semakin padat dan kuat *paving block* yang dihasilkan.

2. Metode Mekanis

Metode ini sering disebut dengan metode press. Metode ini masih jarang digunakan, karena menggunakan alat dengan harga yang tidak murah. Metode mekanis biasa digunakan oleh pabrik dengan skala industri sedang dan besar. Pembuatan *paving block* cara mekanis menggunakan mesin (*compression apparatus*).

Terdapat kelebihan dan kekurangan dari setiap metode pencetakan yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Keuntungan dan Kerugian Metode Mekanis dan Konvensional

Metode	Keuntungan	Kerugian
Konvensional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dapat dilakukan oleh pemodal kecil</li> <li>• Alat cetak relatif murah</li> <li>• Dapat dilakukan dimana dan oleh siapa saja (<i>home industry</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuat tekan umumnya rendah dan tidak stabil</li> <li>• Dalam sekali cetak hanya satu buah paving</li> <li>• Tidak dapat diproduksi secara massal</li> </ul>
Mekanis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuat tekan yang dihasilkan relatif stabil sesuai mix design</li> <li>• Dalam sekali cetak, lebih dari satu paving tergantung jumlah alat cetak</li> <li>• Dapat diproduksi secara massal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hanya bisa dilakukan oleh pemodal besar</li> <li>• Alat cetak relatif mahal</li> <li>• Tidak dapat dilakukan disembarang tempat (<i>home industry</i>)</li> </ul>

### 2.7 Curing (Perawatan)

Curing adalah perlakuan atau perawatan pada beton selama proses pembekuan. Curing dilakukan setelah mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Curing harus dibuat pada setiap bahan bangunan, bagian konstruksi atau produk menggunakan semen sebagai bahan baku. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi tidak mengalami gangguan. Jika hal itu terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air secara cepat [22].

Curing yang baik berarti penguapan dapat dicegah atau dikurangi. Perawatan diperlukan untuk menjaga kondisi kelembaban dan suhu yang diinginkan pada beton, karena suhu dan kelembaban di dalam secara langsung berpengaruh terhadap sifat-sifat beton. Perawatan tidak hanya untuk mendapatkan kuat tekan yang tinggi, namun dimaksudkan untuk memaksimalkan mutu dari keawetan

beton, kedap terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

Pada umumnya terdapat 3 jenis curing yang digunakan dalam konstruksi, yaitu [21] :

a) Curing air

Curing air merupakan jenis terbanyak digunakan. Ini merupakan sistem yang sangat cocok untuk konstruksi rumah dan tidak memerlukan infrastruktur atau keahlian khusus. Akan tetapi, curing air memerlukan banyak air yang mungkin tidak selalu mudah dan bahkan mungkin mahal. Untuk meminimalkan penggunaan air perlu dilakukan pengukuran untuk mencegah penguapan air pada produk semen. Misalnya beton harus terlindung dari sinar matahari langsung dan angin agar tidak menguap dengan cepat. Cara seperti menutup beton dengan pasir, serbuk gergaji, rumput dan dedaunan tidaklah mahal, tetapi masih cukup efektif. Sangat penting seluruh produk semen (batako, paving blok, batu pondasi, bata pondasi, pekerjaan plaster, pekerjaan lantai, dan sebagainya) dijaga tetap basah dan jangan pernah kering, jika tidak kekuatan akhir produk semen tidak dapat dipenuhi.

b) Curing uap air

Curing uap air dilakukan dimana air sulit diperoleh dan semen berdasarkan unsur-unsur bahan setengah jadi seperti slop toilet, ubin, tangga, jalusi dan lain-lain diproduksi basah. Curing uap air menurunkan waktu curing dibandingkan dengan curing air biasa lebih kurang sekitar 50 – 60 %. Prinsip kerja curing air adalah dengan menjaga produk semen pada lingkungan lembab dan panas yang membolehkan semen mencapai kekuatan lebih cepat dari pada curing air biasa. Untuk menghasilkan lingkungan lembab dan panas ini perlu dibuat suatu ruang pemanasan sederhana dengan dinding dan lantai penahan air yang ditutup dengan plastik untuk membuat matahari memanaskan ruang pemanasan dan mencegah air menguap. Tinggi permukaan air dari lantai sekitar 5 sampai 7 cm dijaga setiap waktu agar prinsip kerja sistem penguapan dapat bekerja.

c) Curing uap panas

Curing uap panas biasanya hanya digunakan pada pabrik yang sudah canggih yang memproduksi produk semen secara

massal. Sistem curing uap panas mahal dan membutuhkan banyak energi untuk membangkitkan panas yang dibutuhkan untuk uap panas. Bagaimanapun, produk curing uap panas dapat digunakan setelah kira-kira 24 – 36 jam setelah produksi, yang mempunyai keunggulan dibandingkan curing sistem lainnya.

## 2.8 Penentuan Sifat Fisik dan Sifat Kimia

### 2.8.1 Penentuan Daya Serap Air

Daya serap air ditentukan dengan metode gravimetri. Daya serap air sampel dihitung dengan persamaan 2.2.

$$M = \frac{(b-a)}{a} \times 100 \% \quad (2.2)$$

dengan, M = kadar air sampel  
 a = berat sampel awal (kondisi kering)  
 b = berat sampel akhir

### 2.8.2 Penentuan Densitas

Densitas (simbol :  $\rho$  – Greek : rho) adalah sebuah ukuran massa per volume. Rata-rata kepadatan dari suatu objek yang sama massa totalnya dibagi oleh volume totalnya sesuai dengan persamaan 2.3.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.3)$$

dengan,  $\rho$  = Kepadatan suatu benda ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )  
 m = Massa total benda (g)  
 v = Volume benda ( $\text{cm}^3$ )

### 2.8.3 Penentuan Ukuran Partikel Menggunakan *Particle Size Analyzer*

*Particle Size Analyzer* (PSA) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui ukuran partikel berbasis PCS (*Photon Correlation Spectroscopy*). Salah satu metode terkait nanopartikel adalah *Laser Diffraction* (LAS) [23]. Metode ini dinilai akurat jika dibandingkan dengan metode analisa gambar maupun metode ayakan (*sieve analysis*), terutama untuk sampel dalam orde nanometer

maupun submikron. Metode ini menjadi prinsip dasar dalam instrumen *Particle Size Analyzer* (PSA).

Prinsip dari *Laser Diffraction* sendiri ialah ketika partikel-partikel melewati berkas sinar laser dan cahaya dihamburkan oleh partikel-partikel tersebut dikumpulkan melebihi rentang sudut yang berhadapan langsung. Distribusi dari intensitas yang dihamburkan ini yang akan dianalisis oleh komputer sebagai hasil distribusi ukuran partikel.

Terdapat dua buah metode dalam pengukuran menggunakan antara lain metode basah (*Wet Dispersion Unit*), dan metode kering (*Dry Dispersion Unit*). Metode basah, metode ini menggunakan media pendispersi untuk mendispersikan material uji. Sedangkan metode kering, merupakan metode yang memanfaatkan udara atau aliran udara yang berfungsi untuk melarutkan partikel dan membawanya ke *sensing zone*. Metode ini baik digunakan untuk ukuran yang kasar, dimana hubungan antar partikel lemah dan kemungkinan untuk beraglomerasi kecil. Pengukuran partikel secara PSA biasanya menggunakan metode basah, karena dinilai lebih akurat bila dibandingkan metode kering [24].

#### **2.8.4 Penentuan Gugus Fungsi secara Spektrofotometri Inframerah**

Metode spektrofotometri inframerah (IR) digunakan untuk menentukan gugus fungsional suatu senyawa melalui prinsip absorpsi cahaya inframerah oleh molekul dalam senyawa yang dianalisis. Spektrofotometer inframerah adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur serapan radiasi inframerah pada bilangan gelombang  $600-4000\text{ cm}^{-1}$ . Spektrofotometer inframerah dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi senyawa karena setiap gugus fungsi yang diradiasi inframerah akan bervibrasi secara spesifik [25]. Serapan gugus fungsi dari senyawa organik ditunjukkan pada Tabel 2.6 [26].

**Tabel 2.6** Serapan gugus fungsi senyawa anorganik

Ion	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )
$\text{CO}_3^{2-}$	1450–1410, 880–800
$\text{SO}_4^{2-}$	1130–1080, 680–610
$\text{NO}_3^-$	1410–1340, 860–800
$\text{PO}_4^{3-}$	1100–950
$\text{SiO}_4^{2-}$	1100–900
$\text{NH}_4^+$	3335–3030, 1485–1390
$\text{MnO}_4^-$	920–890, 850–840

Untuk sampel berupa padatan digunakan teknik pelet KBr yang dibuat dengan menekan campuran tumbukan cuplikan sampel dengan kristal KBr dalam jumlah kecil hingga terbentuk pelet transparan. KBr harus kering dan akan lebih baik bila penumbukan dilakukan di bawah lampu IR untuk mencegah terjadinya kondensasi uap dari atmosfer. Tablet cuplikan tipis tersebut kemudian diletakkan di tempat sel spektrofotometer IR dengan lubang mengarah ke sumber radiasi [27]. Sedangkan untuk sampel berupa zat cair, sampel bebas air dioleskan pada window KBr, kemudian dipasang pada sel spektrofotometer. Selanjutnya dilakukan pengukuran serapan sehingga diperoleh puncak-puncak gugus fungsional sebagai petunjuk struktur molekul sampel.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari - Mei 2018 di Laboratorium Kimia Fisik dan Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Brawijaya Malang.

### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah cangkang kerang yang diperoleh dari salah satu pesisir laut di Kota Pasuruan, air, NaOH teknis, detergen, semen portland pozzolan (SPP), agregat kasar (kerikil dan pasir kali), agregat halus.

### 3.3 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari ayakan pasir, neraca analitik, termometer, *beaker glass*, cetakan monolith (lampiran Gambar B.1), mistar, *grinder*/penghancur, spektrofotometer inframerah (Shimadzu FTIR-8400S), oven (Memmert), pH-meter universal, *Particle Size Analyzer* (Cilas 1090 Dry).

### 3.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahap-tahap penelitian sebagai berikut :

1. Preparasi awal limbah cangkang kerang meliputi pembersihan cangkang kerang untuk menghilangkan kotoran, penghalusan cangkang kerang menjadi bagian lebih kecil.
2. Karakterisasi bahan awal (cangkang kerang) menggunakan metode spektrofotometri inframerah (FTIR), *Particle Size Analyzer* (PSA), densitas, pH dan serapan air.
3. Pencetakan spesimen : campuran semen, cangkang kerang, air dan pasir.
4. Karakterisasi meliputi penentuan densitas, pH, daya serap air dan struktur kimia.
5. Analisa hasil dan data.

## 3.5 Prosedur Penelitian

### 3.5.1 Preparasi Sampel Cangkang Kerang

Cangkang kerang yang digunakan berupa cangkang dalam keadaan kotor. Sebelum digunakan, cangkang kerang tersebut dibersihkan terlebih dahulu. Pertama cangkang direndam air detergen dalam baskom selama 60 menit untuk meluruhkan kotoran pada cangkang seperti lumpur dan sebagainya. Cangkang selanjutnya dibilas dan dialiri air kran selama 24 jam untuk membersihkan cangkang dari sisa detergen.

NaOH teknis selanjutnya disiapkan sebanyak 10 gram untuk dijadikan NaOH 0,1 M dalam 4 liter air. Cangkang yang telah bersih selanjutnya direndam dengan NaOH 0,1 M selama 48 jam untuk memisahkan cangkang dari daging (protein) serta lemak-lemak yang masih menempel. Setelah selesai, cangkang kerang dibilas untuk membersihkan sisa-sisa NaOH yang masih tertinggal. Selanjutnya cangkang kerang ditiriskan dan dikering-anginkan semalam. Pengeringan cangkang kerang dilanjutkan dengan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 3 jam, sehingga memudahkan saat proses penghalusan.

Bagian cangkang kerang diubah menjadi lebih halus, dengan dilakukan proses penghalusan menggunakan *grinder*. Proses penghalusan itu kemudian dilakukan penyeragaman ukuran (homogen) dengan cara cangkang diayak menjadi ukuran 30 dan 100 mesh.

### 3.5.2 Pencetakan Monolith

*Monolith* dibuat sebanyak 2 contoh uji dengan komposisi pada Tabel 3.1. Campuran yang telah dihomogenkan dituang secara perlahan ke dalam setiap cetakan dan permukaan diratakan. Cetakan yang digunakan berupa kubus memiliki ukuran panjang, lebar dan tinggi 4 cm. Campuran air terhadap padatan total adalah 0,65. Pasir yang ditambahkan konstan dengan perbandingan massa 1 :1 terhadap massa total semen dan cangkang kerang. Pencetakan dilakukan selama 24 jam, kemudian *monolith* akan dilakukan proses *curing* setelah beton terbentuk pada *final setting*. *Monolith* dilakukan proses *curing* dengan merendamnya dalam air pada temperatur kamar selama 28 hari [28].



**Tabel 3.1** Komposisi Bahan Penyusun Monolith

<b>Komposisi (semen : cangkang)</b>	<b>Semen (g)</b>	<b>Cangkang Kerang (g)</b>	<b>Air (g)</b>	<b>Pasir (g)</b>
<b>4 : 0</b>	58,51	0,00	52,66	95,09
<b>3 : 1</b>	43,89	13,71	51,84	95,09
<b>2 : 2</b>	29,26	27,43	51,02	95,09
<b>1 : 3</b>	14,63	41,14	50,19	95,09
<b>0 : 4</b>	0,00	54,86	49,37	95,09

Setelah disimpan 28 hari, semua spesimen dikarakterisasi berdasarkan harga pH, serapan air dan densitasnya.

### 3.5.3 Karakterisasi

#### 3.5.3.1 Penentuan Densitas

Penentuan densitas dilakukan berdasarkan dimensi. Yaitu pengukuran massa dan ukuran sisi-sisi dari monolith pada beberapa titik tertentu menggunakan mistar. Kemudian diambil nilai rata-ratanya sesuai dengan persamaan 3.1.

Formula volume beton kubus :

$$V = s \times s \times s \quad (3.1)$$

rata-rata dari beberapa titik pengukuran pada setiap sisi kubus dimasukkan kedalam persamaan.

Densitas *monolith* juga ditentukan berdasarkan volume cairan. Yakni dengan cara memasukkan *monolith* ke dalam beaker glass yang telah berisi air. Perbedaan kenaikan tinggi permukaan air pada beaker glass sebelum dan sesudah dimasukkan *monolith* dihitung sebagai volume sesuai dengan persamaan 3.2.

$$V = 3,14 \times r^2 \times \Delta t \quad (3.2)$$

dengan,  $\phi = 3,1415$

$r$  = jari-jari beaker glass

$\Delta t$  = selisih tinggi permukaan air (sesudah – sebelum dimasukkan *monolith*)

### 3.5.3.2 Penentuan Daya Serap Air

Seluruh *monolith* dari komposisi yang tersedia ditimbang dengan neraca sebagai berat awal (a) dan setelah mengalami proses *curing* juga ditimbang sebagai berat sampel akhir (b) hingga bobot tetap. Nilai serapan air dihitung sebagai persentase kehilangan bobot setelah pengeringan, terhadap bobot sampel. Kadar air sampel dihitung dengan persamaan rumus pada 3.3.

$$M = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan, M = nilai serapan air sampel

a = berat sampel awal

b = berat sampel akhir

### 3.5.3.3 Penentuan pH

Sebanyak  $\pm 5$  g sampel cangkang dilarutkan pada *beaker glass* 250 ml dengan menggunakan air kran kemudian diaduk serta diukur temperatur campuran  $26^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya campuran tersebut diukur menggunakan pH meter. Sedangkan untuk pengamatan pH *monolith* dilakukan pada saat proses *curing* menggunakan *beaker glass* selama 28 hari, kemudian diukur dengan pH meter selang 2 hari sekali. Kemudian seluruh *monolith* dikarakterisasi daya serap air, dan densitas.

### 3.5.3.4 Particle Size Analyzer (PSA)

Karakterisasi cangkang kerang darah dengan menggunakan PSA bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran partikelnya. Sejumlah sampel cangkang kerang dimasukkan ke dalam chamber yang telah berisi air pada *Wet Dispersion Unit*.

### 3.5.3.5 Spektrofotometri Inframerah (FTIR)

Karakterisasi secara spektrofotometri Inframerah (FTIR) digunakan untuk mengetahui gugus fungsi pada cangkang kerang darah. Sampel di haluskan dan dicampur dengan menggunakan KBr. Selanjutnya dibuat pellet dengan cara campuran sampel dengan KBr

dimasukkan pada cetakan dan ditekan hingga menjadi tembus pandang. Pellet yang sudah jadi dimasukkan ke dalam sampel holder dan dianalisis pada kisaran bilangan gelombang 4000-400  $\text{cm}^{-1}$ . Karakterisasi FTIR dilakukan pada sampel cangkang kerang, *monolith* sebelum dan sesudah *curing*.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada umumnya cangkang kerang ditambahkan sebagai *filler* pada material konstruksi setelah terlebih dahulu dilakukan kalsinasi. Pada penelitian ini cangkang kerang yang digunakan dipreparasi tanpa melalui tahap kalsinasi, kemudian dikarakterisasi dan digunakan sebagai bagian semen.

### 4.1 Preparasi dan Karakterisasi Cangkang Kerang Darah

Preparasi cangkang kerang ditujukan untuk menghilangkan lumpur dan sisa-sisa daging kerang. Secara berturut-turut dilakukan dengan cara mencuci menggunakan air detergen serta larutan NaOH 0,1 M. Sisa daging kerang pada cangkang kemungkinan mengandung komponen protein serta lemak. Protein saat ditambahkan NaOH akan membentuk garam natrium. Sedangkan lemak melalui reaksi saponifikasi membentuk sabun. Kedua komponen ini pada saat dilakukan pencucian menggunakan air akan larut.

Cangkang kerang yang telah dibersihkan, dikeringkan pada suhu 105°C kemudian dihaluskan dengan menggunakan grinder. Homogenisasi ukuran cangkang kerang dilakukan menggunakan ayakan dengan ukuran 30 dan 100 mesh. Serbuk yang diambil adalah 30-100 mesh yang digunakan untuk penentuan ukuran distribusi partikel. Hasil distribusi partikel dari PSA tercantum pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Distribusi Ukuran Partikel Cangkang Kerang

ukuran diameter ( $\mu\text{m}$ )	persentase (%)
8,08 - 65,80	40
65,80 - 364,06	40

Berdasarkan Tabel 4.1 cangkang kerang yang digunakan memiliki distribusi ukuran yang cukup lebar. Interpretasi kurva PSA diperoleh distribusi ukuran partikel yang dominan ada pada lampiran Gambar G.1.

Untuk mengetahui gugus fungsi senyawa yang terkandung dalam cangkang kerang dan *monolith* spektrum ada di lampiran G.2.

Berdasarkan interpretasi spektrum puncak dominan yang tajam 1453,06-1493,56  $\text{cm}^{-1}$ , adanya didukung dengan puncak 862,86  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya anion  $\text{CO}_3^{2-}$ . Hasil ini membuktikan bahwa komponen  $\text{CaCO}_3$  terdapat pada cangkang kerang.

#### 4.2 Pembuatan *Monolith*

*Monolith* dibuat dari campuran cangkang kerang, semen, pasir dan air. Pada penelitian ini perbandingan air dan total padatan (FAS) adalah 0,65. Diaduk setelah itu dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk kubus dengan sisi 4 cm. Percobaan yang sama dilakukan dua kali (duplo). Komposisi yang digunakan terdapat pada lampiran Tabel B.1. Kemudian dibiarkan semalaman hingga terbentuk *monolith*. *Monolith* dilepaskan dari cetakan kemudian ditimbang dan diukur volumenya. Semua *monolith* yang sudah terbentuk, direndam di dalam air selama 28 hari. *Monolith* yang terbentuk selama 24 jam pada Gambar B.2, dengan komposisi pada Tabel B.1.

Dua seri *monolith* yang diperoleh (seri I dan seri II) menunjukkan bahwa homogenitas *monolith* seri I adalah lebih baik daripada *monolith* seri II. Sehingga *monolith* seri II tidak dilakukan karakterisasi lebih lanjut. Hasil pengukuran massa dan volume untuk *monolith* seri I diberikan pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Hasil Pengukuran Massa dan Volume untuk *Monolith* Seri I Sebelum Curing

Komposisi Cangkang Kerang (%)	Volume Beton ( $\text{cm}^3$ )	massa <i>Monolith</i> (g)	Densitas Dimensi ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
0	58,464	138,2477	2,3647
25	58,384	138,5250	2,3727
50	56,640	120,5890	2,1290
75	57,280	131,1010	2,2888

Sampel dengan komposisi 5 tidak dapat diukur massa dan volumenya, karena tidak terbentuk kubus. Fenomena itu disebabkan bahwa keberadaan semen memang sangat berpengaruh sebagai *binder*.

Hitungan teoritis volume monolith yang diperoleh  $64 \text{ cm}^3$ , namun hasil pengukuran menunjukkan volume monolith berkisar antara  $57\text{-}59 \text{ cm}^3$ . Pada saat pendiaman akan ada air yang hilang. Komposisi telah diberikan pada Tabel 4.2.

Hasil penentuan densitas belum menunjukkan adanya korelasi dengan komposisi cangkang kerang. Hal ini disebabkan dimensi dari *monolith* belum stabil karena proses curing masih belum terjadi. Oleh karena itu, *curing* dilakukan selama 28 hari.

### 4.3 Curing Monolith

Setelah dilakukan proses *curing* selama 28 hari, *monolith* dikeringanginkan selam 24 jam. Kemudian dilanjutkan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu  $105^\circ\text{C}$  hingga diperoleh massa konstan. Setelah didinginkan volume beton diukur kembali. Hasil pengamatan memperlihatkan dimensi dari beton mengalami perubahan, didukung dengan hasil pengukuran pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Hasil Pengukuran Massa, Volume Beton dan Densitas Setelah Curing

Komposisi Cangkang Kerang (%)	Volume Beton ( $\text{cm}^3$ )	massa <i>Monolith</i> (g)	Densitas Dimensi ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
0	55,97	138,2477	2,4703
25	56,16	138,5250	2,466
50	55,38	120,5890	2,1775
75	54,67	131,1010	2,3980

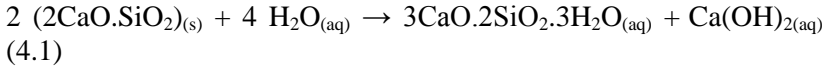
Jika dibandingkan sebelum dan setelah proses curing tampak bahwa volume beton maupun densitas mengalami perubahan. Prosentase perubahan diberikan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Persentase Perubahan Volume Beton dan Densitas Setelah Curing

Komposisi Cangkang Kerang (%)	Volume Beton (%)	Densitas Dimensi (%)
0	95,73	104,47
25	96,19	103,96
50	97,78	102,28

75	95,44	104,77
----	-------	--------

Proses curing menyebabkan volume beton menyusut. Tetapi densitas meningkat. Fenomena ini terjadi karena monolith mengalami pemadatan akibat terjadinya reaksi hidrasi [29].



Berdasarkan persamaan 4.1 , reaksi hidrasi menyebabkan dilepaskannya  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang bersifat basa, sehingga mengakibatkan pH air yang digunakan dalam proses curing mengalami peningkatan. pH awal air yang digunakan adalah 7,6. Kurva pengukuran pH telah diberikan pada lampiran Gambar E.2.

Jika dibandingkan pengaruh cangkang kerang terhadap kedua parameter (volume dan densitas), bahwa komposisi yang paling baik adalah untuk komposisi cangkang kerang 75 % (komposisi IV). Selain dihitung volume dari dimensinya, *monolith* juga ditentukan volumenya melalui cairan yang mengalami perubahan tinggi pada permukaannya diberikan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Hasil Pengukuran Volume *Monolith* Melalui Perubahan Tinggi Permukaan Cairan pada Gelas Beaker

Komposisi	r (cm)	t (cm)	V (cm <sup>3</sup> )
I	4,25	1,3	73,77
II	3,75	1,1	48,6
III	3,75	1,2	53,01
IV	4,25	0,85	48,23

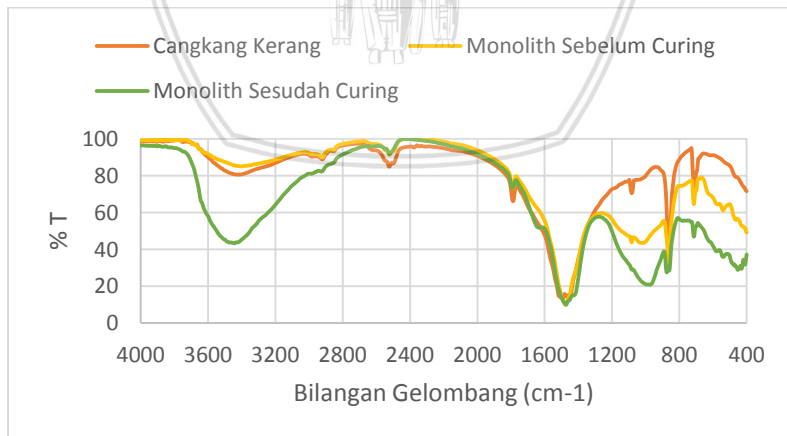
Terjadinya reaksi hidrasi setelah proses curing juga didukung dari perubahan spektrum FTIR pada lampiran G.2 dan telah diberikan pada Tabel 4.6.



**Tabel 4.6** Perbandingan Spektrum FTIR

Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> ) dan Intensitas		
	Sampel Cangkang	Sebelum <i>Curing</i>	Setelah <i>Curing</i>
O-H (H <sub>2</sub> O)	3404,89 (lemah)	3406,82 (lemah)	3441,53 (sedang dan lebar)
C-O (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	1453 (kuat dan lebar)	-	1426 dan 874,46-859 (kuat dan lebar)
Si-O (SiO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	1082,75 (lemah)	1082,75-1015,25 (sedang dan lebar)	1080,83 (kuat dan lebar)

Perubahan intensitas O-H setelah *curing* menunjukkan bahwa jumlah molekul air di dalam beton meningkat, sedangkan karakter CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> hilang setelah *curing*. Kemungkinan terjadi hidrolisis CaCO<sub>3</sub> selama proses *curing* sesuai dengan persamaan 4.2.



**Gambar 4.1** Spektrum FTIR Sampel Cangkang Kerang Darah dan Monolith



Data spektrum FT-IR pada Gambar 4.1 memperlihatkan adanya pita-pita serapan untuk gugus hidroksi (O-H) pada gelombang  $3441,53 \text{ cm}^{-1}$  yang berupa pita yang melebar, ditunjukkan oleh spektra *monolith* setelah curing. Disebabkan karena adanya ikatan hidrogen antar molekul.

#### 4.4 Sifat Fisik Monolith

Sifat fisik yang diuji pada penelitian ini adalah densitas dan daya serap monolith terhadap air. Densitas diukur berdasarkan dimensi monolith, kemudian dibandingkan dengan densitas saat monolith dimasukkan ke dalam cairan. Perbandingan keduanya dapat digunakan untuk memperkirakan rongga monolith. Sedangkan daya serap air dianalisis secara gravimetri.

##### 4.4.1 Densitas

Hasil perhitungan perbandingan densitas tampak bahwa adanya cangkang kerang menyebabkan terbentuknya rongga pada monolith setelah proses curing terjadi terdapat pada Tabel 4.3. Rongga yang terbentuk diduga akibat pelepasan gas  $\text{CO}_2$  saat  $\text{CaCO}_3$  mengalami hidrolisis. Meskipun demikian masih belum terdapat keteraturan antara komposisi cangkang kerang dengan densitas.

Pengaruh cangkang kerang terhadap sifat beton memberikan kecenderungan yang sama. Setelah *curing* adanya penyusutan volume dan peningkatan densitas. Beton yang baik memiliki kerapatan yang paling tinggi.

##### 4.4.2 Daya Serap Air

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya serap bata beton terhadap air. Hasil uji daya serap air dinyatakan sebagai perubahan massa dan prosentase perubahannya sesuai pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7** Hasil Uji Daya Serap Air Bata Beton

Agregat Cangkang Kerang (%)	$\Delta m$	
	(g)	(%)
0	7,2693	5,26
25	11,5917	8,37
50	11,4319	9,48
75	12,5819	9,60

Jika dibandingkan, adanya cangkang kerang menyebabkan daya serap beton terhadap air adalah lebih tinggi. Berdasarkan penentuan densitas adanya cangkang kerang menyebabkan terbentuknya rongga pada monolith. Oleh karena itu daya serap air yang lebih tinggi kemungkinan sebagian masuk ke dalam rongga monolith.

Secara umum cangkang kerang tanpa kalsinasi dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan semen pada pembuatan bata beton. Berdasarkan daya serap air, monolith lebih sesuai dimanfaatkan sebagai bata beton untuk pejalan kaki atau keperluan taman. Namun masih perlu didukung dengan persyaratan mutu berdasarkan kuat tekan.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

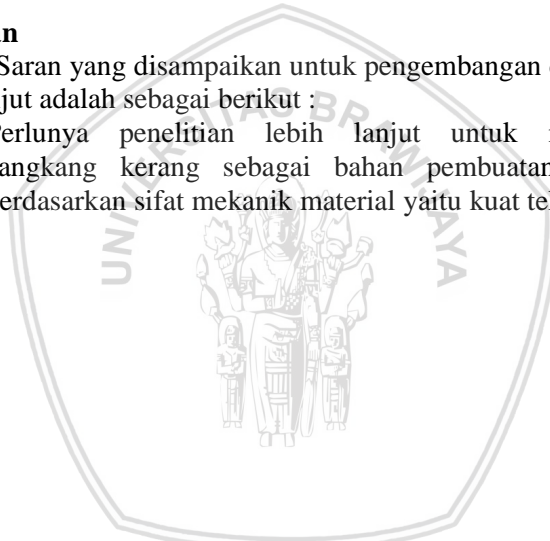
Hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal berikut :

1. Adanya cangkang kerang menurunkan densitas monolith, sedangkan pH dan daya serap terhadap air meningkat.
2. Adanya gugus fungsi -OH dan Si-O menunjukkan telah terjadi reaksi hidrasi.
3. *Monolith* yang diperoleh berpotensi digunakan sebagai bata beton untuk pejalan kaki atau keperluan taman.

### 5.2 Saran

Saran yang disampaikan untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Perlunya penelitian lebih lanjut untuk menyesuaikan cangkang kerang sebagai bahan pembuatan bata beton berdasarkan sifat mekanik material yaitu kuat tekan (MPa).



## DAFTAR PUSTAKA

1. Surest, A. H., Wardani, A. R., & Fransiska, R. (2012). Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang untuk Menaikkan Ph pada Proses Pengelolaan Air Rawa menjadi Air Bersih. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(3). Retrieved from <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/20>
2. Direktorat Jendral Perikanan Tangkap. (2012). Statistik Perikanan Tangkap Indonesia, 2011. *Kementrian Kelautan dan Perikanan, Jakarta*, 12.
3. Budiari, A. (2005). *Studi Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Bahan Baku Pembuatan Con Block*. ITS Surabaya: Skripsi Fakultas Teknik Lingkungan.
4. Suratmin, S., Satyarno, I., & Tjokrodilmo, K. (2009). Pemanfaatan Kulit Ale-Ale sebagai Agregat Kasar dalam Pembuatan Beton. *Civil Engineering Forum Teknik Sipil*, 17(2), 530–538.
5. No, H. K., Lee, S. H., Park, N. Y., & Meyers, S. P. (2003). Comparison of physicochemical, binding, and antibacterial properties of chitosans prepared without and with deproteinization process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26), 7659–7663. doi:10.1021/jf030226w
6. Wiyarsi, A., & Erfan, P. (2008). *Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang Terhadap Efisiensi Penyerapan Logam Berat*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY.
7. Maulanie, & Wibowo. (2004). *Bata Beton Berongga (BATAKO) dengan Campuran Kulit Kerang* (Jurnal Seminar Nasional Rekayasa Perencanaan II 2004). ITS, Program Studi D-III Teknik Sipil, FTSP. Surabaya.

8. Cindika, A. (2008). *Penggunaan High Strength Composite Dalam Pembuatan Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
9. Syahrul Humaidi, & Syahril Efendi. (1997). *Difraksi Sinar-X tentang Perubahan Fasa Kandungan Mineral Kulit Kerang akibat Pemanasan*. Medan: Lembaga Penelitian USU.
10. Marito Siregar, S. (2018). *Pemanfaatan Kulit Kerang Dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer*.
11. Nurul Mahmida Ariani. (2004). Perpustakaan Kementerian Perindustrian. Retrieved February 23, 2018, from <http://lib.kemenerin.go.id/neo/detail.php?id=201390>
12. Nugraheni, D. . (2007). *Pengaruh Penambahan Tras Muria Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Bata Beton Pejal (Tugas Akhir FT)*. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
13. Badan Standarisasi Nasional. (2004). *SNI 15-0302-2004 Semen Portland Pozolan*. Jakarta.
14. Taylor, H. F. W. (1997). *Cement Chemistry*. Thomas Telford.
15. Simanjuntak, R. M. (2009). Pengaruh Pencampuran Semen pada Tanah Lempung terhadap Kekuatan Geser Puncak dan Geser Sisa. *EMAS Jurnal Sains dan Teknologi*, 17(3), 249–259.
16. Munir, M. (2008). *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan (Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan)*. Universitas Diponegoro, Semarang.
17. Mislan. (2010). *Pemanfaatan Limbah Abu Batubara, Kulit Kerang dan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Substitusi Semen dan Pasir dalam Pembuatan Batako (Tesis Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam.)*. Universitas Sumatera Utara, Medan.

18. Istimawan, D. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
19. Badan Standarisasi Nasional. (1996). *SNI 03-0691-1996 Bata Beton (Paving Block)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
20. Widarti, E. (2004). *Uji Kelayakan Pembuatan Paving Block dari Lumpur Saluran Alami (Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP)*. ITS, Surabaya.
21. Müller, C. F. (2006, January 31). Modul pelatihan pembuatan ubin atau paving blok dan batako. Retrieved February 25, 2018, from [http://www.ilo.org/jakarta/whatwedo/publications/WCMS\\_124018/lang--en/index.htm](http://www.ilo.org/jakarta/whatwedo/publications/WCMS_124018/lang--en/index.htm)
22. Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
23. Howard G., B., & Richard B., F. (1995). *Particle Size Analysis - Analytical Chemistry (Vol. 67)*. ACS Publications.
24. Rusli, P. (2011). *Pembuatan dan Karakterisasi Nanopartikel Titanium Dioksida Fasa Anatase dengan Metode Sol Gel*. Universitas Negeri Medan, Medan.
25. Day, J., & Underwood, A. . (1996). *Analisis Kimia Preparatif*. Jakarta: Penerjemah: A.H. Pudjatmaka, Erlangga.
26. Stuart, B. (2015). Infrared Spectroscopy. In *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* (pp. 1–18). American Cancer Society. doi:10.1002/0471238961.0914061810151405.a01.pub3
27. Kimia analitik instrumen / Sumar Hendayana ... [et al.], Kimia analitik instrumen / Sumar Hendayana ... [et al.]. (1994). *I. KIMIA ANALITIS - INSTRUMEN, Kimia analitik instrumen /*

Sumar Hendayana ... [et al.], *Kimia analitik instrumen / Sumar Hendayana ... [et al.]*, 1994(1994), 1–99. doi:1994

28. L.W Adriyani. (2011). *Amobilisasi Kromium Lumpur Limbah Pelapisan Logam dengan Semen Portland Pozzolan dan Zeolit menggunakan Teknik Solidifikasi/Stabilisasi* (Skripsi, Jurusan Kimia). Universitas Brawijaya, Malang.
29. Sae Bom Ko, B. . (2005). *Identification Of Active Agents For Tetrachloroethylene Degradation In Portland Cement Slurry Containing Ferrous Iron* (Dissertation). Texas A&M University.

