

**ANALISIS MODIFIKASI GLASS IONOMER CEMENT DARI CANGKANG
KEPITING BAKAU (*SCYLLA SERRATA*) DAN DIATOM TERHADAP SIFAT
MEKANIS UNTUK CORE BUILD UP**

**ANALYSIS OF GLASS IONOMER CEMENT MODIFICATION FROM
MANGROVE CRAB SHELLS (*SCYLLA SERRATA*) AND DIATOMS ON
MECHANICAL PROPERTIES FOR CORE BUILD UP**



**NAMA : ANISAH NABILAH FERRY
NIM : J01521005**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
PROGRAM STUDI PROSTODONSIA
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS MODIFIKASI GLASS IONOMER CEMENT DARI CANGKANG
KEPITING BAKAU (*SCYLLA SERRATA*) DAN DIATOM TERHADAP SIFAT
MEKANIS UNTUK *CORE BUILD UP***

***ANALYSIS OF GLASS IONOMER CEMENT MODIFICATION FROM
MANGROVE CRAB SHELLS (*SCYLLA SERRATA*) AND DIATOMS ON
MECHANICAL PROPERTIES FOR CORE BUILD UP***

**ANISAH NABILAH FERRY
J015211005**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
PROGRAM STUDI PROSTODONSIA
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS MODIFIKASI GLASS IONOMER CEMENT DARI CANGKANG
KEPITING BAKAU (*SCYLLA SERRATA*) DAN DIATOM TERHADAP SIFAT
MEKANIS UNTUK CORE BUILD UP**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Profesi Spesialis-1
dalam bidang ilmu Prostodonsia

Disusun dan diajukan oleh

**ANISAH NABILAH FERRY
J015211005**

kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
PROGRAM STUDI PROSTODONSIA
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

Analisis Modifikasi *Glass Ionomer Cement* Dari Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla Serrata*) Dan Diatom Terhadap Sifat Mekanis Untuk *Core Build Up*

ANISAH NABILAH FERRY

J015211005

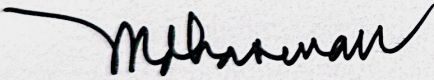
telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Profesi Spesialis-1 pada tanggal 3 Juni 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER GIGI SPESIALIS
PROGRAM STUDI PROSTODONSIA
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

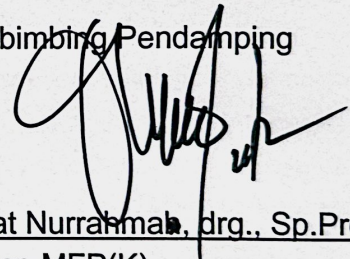
Mengesahkan:

Pembimbing Utama



Prof. Moh. Dharma Utama,
drg., Ph.D, Sp.Pro., Subsp. PKIKG(K)
NIP. 19610220 198702 1 001

Pembimbing Pendamping



Rifaat Nurrahman, drg., Sp.Pro.
, Subsp. MFP(K)
NIP. 19870825 202208 6 001

Ketua Program Studi (KPS)
PPDCG Periodonsia FKG-UNHAS



Irfan Damman, drg., Sp.Pro., Subsp. MFP(K)
NIP. 19770630 200904 1 003

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi
UNIVERSITAS HASANUDDIN



Irfan Sugianto, drg., M. Med., Ed., Ph.D
NIP. 19810215 200801 1 009

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Analisis Modifikasi *Glass Ionomer Cement* Dari Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla Serrata*) Dan Diatom Terhadap Sifat Mekanis Untuk *Core Build Up*" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (Prof. drg. Moh. Dharma Utama ,Ph.D,Sp.Pros., Subsp.PKIKG(K) sebagai Pembimbing Utama dan drg. Rifaat Nurrahmah , Sp.Pros.,Subsp.MFP(K) sebagai Pembimbing Pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 10 Juni 2024


ANISAH NABILAH FERRY
J015211005

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur yang tak terhingga penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis mendapatkan kesempatan untuk menempuh Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis-1 Prostodonsia di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin, dan menyelesaikan karya ilmiah ini yang berjudul “Analisis modifikasi *Glass Ionomer Cement* dari cangkang kepiting bakau (*Scylla serrata*) dan diatom terhadap sifat mekanis untuk *core build-up*” sebagai ketentuan tugas akhir. Serta salam dan sholawat kami haturkan kepada junjungan kita nabi Muhammad SAW.

Penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini berkat bantuan, dorongan, bimbingan serta sumbangan pikiran dari berbagai pihak, maka melalui kesempatan ini perkenankanlah penulis dengan segala kerendahan hati dan ketulusan dalam menyelesaikan tesis ini, penulis banyak mendapat bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menghaturkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang tercinta, Ayahandaku **H. Ferry Djufry, S.E., M.B.A. CACP.** dan Ibundaku **Hj. Prof. Dr. drg. Fajriani Nawawie, M.Si, Sp.KGA.** kedua mertuaku **Ir. Nasrul Sukarno** dan **drg. Ita Isdiana Anwar, M.Kes.** serta saudara-saudariku, **drg. Atikah Balqis Ferry, MARS., Athallah Furqon Ferry, S.Ked, drg. Adenia Anisyia Nasrul,** dan **Adrian Adhika Nasrul, ST** serta keluarga tersayang dari penulis yang telah banyak memberikan doa, dukungan, perhatian, dan pengertian selama pembuatan tugas akhir ini.
2. Suamiku tercinta **Aditya Anwar Nasrul, SM** yang senantiasa memberi perhatian, pengertian, cinta dan kasih sayang, serta menemani dalam suka maupun duka selama menjalani pendidikan dan penyusunan tugas akhir dari awal hingga selesai.
3. **Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin, Direktur RSGMP Universitas Hasanuddin,** penulis mengucapkan terima kasih banyak atas kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat mengikuti Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Prostodonsia.
4. Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Muslim Indonesia, **Prof. drg. Moh. Dharma Utama, Ph.D, Sp.Pros.SubSp.PKIKG(K),** sekaligus sebagai pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu untuk memberikan dorongan, arahan, bimbingan dan ilmu-ilmu yang berharga selama penulis menjalani pendidikan hingga menyelesaikan karya tulis akhir ini. Kepada **drg. Irfan Dammar, Sp. Pros SubSp.MFP(K)** selaku Ketua Program Studi Prostodonsia FKG UNHAS sekaligus sebagai salah satu penguji tugas akhir, pembimbing kedua penulis **drg. Rifaat Nurrahmah, Sp.Pros.,Subsp.MFP(K)** yang telah memberikan kesempatan, motivasi, saran, pengarahan kebijaksanaan serta berbagai fasilitas selama menjalani masa pendidikan hingga terselesaikannya karya tulis akhir ini.
5. Terima kasih kepada segenap tim penguji tugas akhir penulis, **Prof. Dr. drg. Bahruddin Thalib, M.Kes, Sp.Pros.SubSp.PKIKG(K),** dan **drg. drg. Eri H. Jubhari, M.kes, Sp. Pros.SubSp. PKIKG (K)** yang telah memberikan banyak

saran, koreksi yang sangat berharga, dan kritik yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik lagi.

6. Kepada seluruh konsulen kami, **Prof. Dr. drg. Edy Machmud, Sp.Pros.SubSp.PKIKG(K), Dr.drg. Ike Damayanti Habar, Sp.Pros. Subsp.PKIKG(K), drg. Acing Habibi Mude, Ph.D, Sp.Pros. SubSp.OGST(K), drg. Vinsensia Launardo. Sp.Pros. SubSp.MFP(K), drg. Muhammad Ikbal., Ph.D.,Sp.Pros., Subsp.PKIKG(K),** senior- senior kami **drg. Ian Afifah Sudarman, Sp.Pros, drg. Mariska Juanita, Sp,Pros, drg. Aksani Taqwim, M.Kes, Sp.Pros** yang telah membimbing, membantu dalam setiap proses pendidikan serta penelitian dan memberikan berbagai pelajaran berharga saat menjalani PPDGS.
7. Teman seperjuangan PPDGS Prosto angk 15 **drg. Dwi Fitriani Adama, drg. Rizkiani Awaliyah Ramli, drg. Nuriani Anshori, drg. Sitti Magfirah Ali Polanunu, drg. Andi Mirna Nasliah, drg. Fitriani Riksavianti, drg. Hastinawaty, drg. Faizal Fachry, M.Kes.** yang selama ini kebersamaian, saling memberikan dukungan dan semangatnya selama menempuh pendidikan. Semoga kita sukses selalu.
8. Kepada seluruh rekan-rekan senior dan junior penulis **PPDGS PROSTODONSIA FKG UNHAS** yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas kerjasama, dukungan serta bantuan selama penulis menempuh pendidikan.
9. Seluruh Staf Akademik, Tata Usaha, Staf perpustakaan FKG UNHAS yang telah banyak membantu penulis.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Tesis ini tidak terlepas dari kekurangan dan ketidaksempurnaan mengingat keterbatasan kemampuan penulis. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan Ilmu Kedokteran Gigi khususnya bidang keilmuan Prostodonsia kedepannya.

Penulis

Anisah Nabilah Ferry

ABSTRAK

ANISAH NABILAH FERRY. **Analisis Modifikasi Glass Ionomer Cement Dari Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla Serrata*) Dan Diatom Terhadap Sifat Mekanis Untuk Core Build Up** (dibimbing oleh Prof. drg. Moh. Dharma Utama, Ph.D, Sp.Pros., Subsp.PKIKG(K) dan drg. Rifaat Nurrahmah, Sp.Pros., Subsp.MFP(K)).

Latar belakang: Glass Ionomer Cement sebagai material *core build-up* memiliki sifat mekanis yang lemah dibanding dari komposit resin dan amalgam sehingga diperlukan modifikasi. Hidroksiapatit merupakan biokeramik golongan kalsium fosfat yang stabil dan merupakan mineral utama penyusun tulang dan gigi. Kitosan mempunyai sifat antibakteri dan tidak mengganggu sifat fisik dasar struktur dari GIC. Sumber kalsium alami yang tinggi sekitar 53-78% dapat digunakan untuk sintesis Hidroksiapatit dan kandungan kitin yang dapat disintesis menjadi kitosan diperoleh dari cangkang kepiting. *Silica* memiliki sifat kekerasan yang tinggi. *Silica* dapat diperoleh dari mineral, nabati, dan sintesis. *Silica* secara alami terkandung dalam diatom, sponge, dan pasir laut. **Tujuan:** Mengetahui pengaruh analisis modifikasi *Glass Ionomer Cement* dari cangkang kepiting bakau (*Scylla Serrata*) dan diatom terhadap sifat mekanis untuk *core build-up*. **Metode:** Penelitian ini adalah penelitian *experimental laboratories*, dengan rancangan penelitian *the post test only control group design*. Sampel dalam penelitian ini dibagi menjadi 9 kelompok perlakuan yakni kelompok GIC tanpa penambahan hidroksiapatit, kitosan dan silika, dan formulasi GIC modifikasi penambahan hidroksiapatit, kitosan dan nanosilika dengan berbagai tingkat konsentrasi. Tingkat *compressive, tensile, dan shear bond strength* bahan GIC penambahan Hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting, dan silika dari diatom yang diukur dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine*. **Hasil:** Nilai rata-rata *compressive strength, tensile strength, dan shear bond strength*, pada komposisi GIC modifikasi paling optimal pada formulasi F7 (kandungan nanosilika alami, hidroksiapatit 9%, dan kitosan 2%) dan F8 (kandungan nanosilika alami, hidroksiapatit 9%, dan kitosan 3%). **Kesimpulan:** Ada pengaruh formulasi GIC modifikasi kandungan nanosilika dari diatom, dan penambahan hidroksiapatit 9%, kitosan 2% dan 3% dari cangkang kepiting bakau terhadap *compressive strength, tensile strength, dan shear bond strength* untuk *core build-up*.

Kata kunci: Hidroksiapatit, Kitosan, Silika, GIC, *Core build-up, Compressive strength, Tensile strength, Shear bond strength*.

ABSTRACT

ANISAH NABILAH FERRY. *Analysis Of Modified Glass Ionomer Cement From Mangrove Crab (Scylla Serrata) Shell And Diatom On Mechanical Properties For Core Build Up* (supervised by Prof. drg. Moh. Dharma Utama, Ph.D, Sp.Pro., Subsp.PKIKG(K) and drg. Rifaat Nurrahmah, Sp.Pro., Subsp.MFP(K)).

Background: Glass ionomer cement (GIC) as a core build-up material with comparatively weak mechanical properties when compared to resin and amalgam composites. Consequently, modification is required. Hydroxyapatite is a stable calcium phosphate group bioceramic and is the main mineral of bone and teeth. Chitosan has antibacterial properties and does not interfere with the basic physical properties of the structure of GIC. High natural calcium sources, comprising approximately 53-78% of the composition, can be employed for the synthesis of hydroxyapatite, while the chitin content, which can be transformed into chitosan, is derived from crab shells. Silica, characterised by its high hardness properties, can be sourced from mineral, vegetable, and synthetic sources. It is naturally found in diatoms, sponges, and sea sand. **Objective:** To analyze the effect of modified glass ionomer cement from mangrove crab shell (*Scylla serrata*) and diatom on mechanical properties for core build-up. **Method:** This research is an experimental laboratory study employing the post-test only control group design. The samples were divided into ten treatment groups, including the RMGIC group, GIC without the addition of hydroxyapatite, chitosan, and nanosilica, and the addition of hydroxyapatite, chitosan, and silica with varying concentration levels. The compressive, tensile, and shear bond strength levels of the GIC material with the addition of hydroxyapatite and chitosan from crab shells, and silica from diatoms were quantified using a universal testing machine. **Result:** The most optimal modified GIC composition has the highest average values for compressive, tensile, and shear adhesive strength. These values are in formulations F7 (natural nanosilicat, 9% hydroxyapatite, and 2% chitosan) and F8 (natural nanosilica, 9% hydroxyapatite, and chitosan 3%). **Conclusion:** The GIC formulation is influenced by modifying the nanosilica content from diatoms, and the addition of 9% hydroxyapatite, 2% and 3% chitosan from mangrove crab shells on compressive, tensile, and shear bond strength for core build-up.

Keywords: Hydroxyapatite, Chitosan, Nanosilica, GIC, Core build-up, Compressive strength, Tensile strength, Shear bond strength.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Teori	4
1.3. Rumusan Masalah	18
1.4. Hipotesis	19
1.5. Tujuan	19
1.6. Manfaat	20
1.7. Desain Konseptual	21

BAB II. METODE PENELITIAN	
2.1. Tempat dan Waktu Penelitian	22
2.2. Bahan dan Alat Penelitian	22
2.3. Metode Penelitian	23
2.4. Pelaksanaan Penelitian	23
2.5. Parameter Pengamatan.....	26
2.6. Etika Penelitian.....	28
2.7. Analisis Data.....	28
2.8. Alur Penelitian.....	28
2.9. Kerangka Teori	29
2.10. Kerangka Konsep.....	30
BAB III HASIL PENELITIAN.....	31
BAB IV. PEMBAHASAN	40
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1. Kesimpulan.....	43
5.2. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

No.Urut	Halaman
1. Kandungan keping bakau	19
2. Formulasi komposisi penyusun GIC	23
3. Compressive strength	31
4. Uji oneway anova compressive strength GIC konvensional dan formulasi GIC modifikasi	32
5. Uji posthoc LSD compressive strength GIC konvensional dan formulasi GIC modifikasi	33
6. Tensile strength	34
7. Uji oneway anova tensile strength GIC konvensional dan formulasi GIC modifikasi	35
8. Uji posthoc LSD tensile strength GIC konvensional dan formulasi GIC modifikasi	36
9. Shear bond strength	37
10. Uji oneway anova shear bond strength GIC konvensional dan formulasi GIC modifikasi	38
11. Uji posthoc LSD shear bond strength GIC konvensional dan formulasi GIC modifikasi	39

DAFTAR GAMBAR

No.Urut	Halaman
1. Komposisi powder GIC	7
2. Kepiting Bakau	12
3. Prosedur pembuatan hidroksiapatit dari cangkang kepiting bakau	13
4. Cangkang kepiting sebelum dan sesudah kalsinasi	14
5. Ilustrasi yang menyatakan Compressive Strength	16
6. Ilustrasi skematik dan representasi dari tes kekuatan tarik	17
7. Ilustrasi skematik dan representasi dari tes kekuatan geser	18
8. Ilustrasi pencetakan GIC berbentuk silinder	26
9. Compressive strength sampel formulasi GIC modifikasi	32
10. Tensile strength sampel formulasi GIC modifikasi	35
11. Shear bond strength sampel formulasi GIC modifikasi	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

GIC (*Glass ionomer cement*) merupakan salah satu jenis bahan yang biasanya digunakan dalam kedokteran gigi sebagai bahan tumpatan dan semen perekat yang pertama kali diperkenalkan pada awal tahun 1970 sampai sekarang. Bahan ini berdasarkan pada reaksi bubuk kaca silikat dan asam polialkenoat yang merupakan tambahan dari golongan dental semen berbasis air dan terdiri dari *silicate cement, zinc phosphate cement dan zinc polycarboxylate cement*.^{1,2} Material ini mampu melepaskan ion fluor yang dapat melindungi gigi dari karies, berikatan secara kimia pada dentin maupun enamel, memiliki koefisien termal mirip gigi, biokompatibilitas tinggi dan mudah dimanipulasi, sehingga menjadi pilihan karena penggunaannya sebagai material restorasi sangat mudah dan menguntungkan dibandingkan material restoratif direk lainnya.³ Meskipun memiliki kelebihan, GIC memiliki sifat mekanik yang buruk dan hal itu membuat GIC memiliki keterbatasan sebagai restorasi pada area *high stress bearing*.¹ Penggunaan GIC untuk jangka panjang *fissure sealant, liner dan basis, core build up* dan untuk merestorasi gigi sulung.⁴

Core build-up adalah restorasi yang terdiri dari sebuah pasak yang ditempatkan pada gigi yang rusak parah untuk mengembalikan sebagian besar bagian koronal/ mahkota gigi atau *abutment* untuk memfasilitasi restorasi selanjutnya melalui restorasi indirect ekstra-koronal. Berbagai jenis sistem bonding telah digunakan dengan semen luting dan bahan *core build-up* yang berbeda. Untuk memberikan retensi pasak dan meningkatkan ketahanan keseluruhan akar terhadap fraktur, bahan *core build-up* resin komposit sekarang banyak digunakan dengan sistem *adhesive*.^{5,6} Bahan berbasis GIC secara nyata lebih lemah dari komposit resin dan bahan amalgam. Bahan *Core build-up* yang ideal yaitu memiliki sifat fisik yang memadai (kuat lentur dan tekan) untuk menahan gaya intra-oral, non-alergi, biokompatibel, Mencegah kebocoran mikro cairan mulut pada antarmuka inti-gigi, Adhesi atau ikatan kimiawi pada substrat gigi, baik email maupun dentin, Sifat termal yang mirip dengan gigi asli (koefisien ekspansi dan kontraksi termal). Meskipun beberapa sifat mekanik dari GIC dan bahan GIC yang dimodifikasi resin hanya memburuk perlahan seiring waktu, stabilitas dimensi bahan yang dimodifikasi resin bisa menjadi buruk. GIC juga kurang tahan lelah dibandingkan komposit resin.⁵ Beberapa upaya telah dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanis GIC, seperti memodifikasi penggabungan GIC dengan menambahkan *filler* berupa *stainless-steel, glass fiber* dan hidroksiapatit.¹

Hidroksiapatit merupakan salah satu material maju yang memiliki unsur kalsium dan fosfat yang paling stabil dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ yang telah ditemukan dan dikembangkan sejak tahun 1950 sebagai material perancah tulang, karena memiliki kesamaan struktur penyusun tulang yaitu struktur kristal mirip apatit pada jaringan keras gigi serta memiliki sifat biokompatibilitas, bioaktivitas dan osteokonduktif yang baik (Kattimani et al. 2016).^{7,8} Sifat biokompatibel dari hidroksiapatit adalah kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan tubuh atau tidak adanya penolakan

terutama pada jaringan rongga mulut manusia. Sifat *bioactive* dari HA adalah dapat berikatan dengan jaringan tulang dan memberikan respon biologis spesifik yaitu dapat menstimulasi sel osteoblast untuk membentuk jaringan tulang baru sehingga dapat membantu proses regenerasi tulang.^{9,10} Sumber kalsium alami yang dapat digunakan untuk sintesis hidroksiapatit memiliki kadar kalsium yang tinggi, salah satunya adalah cangkang kepiting.

Kepiting bakau (*Scylla serrata*) merupakan salah satu komoditas perikanan Indonesia yang bernilai ekonomis penting. Walaupun daging kepiting mengandung beberapa nutrisi yang penting bagi tubuh, ada satu tantangan dalam mengkonsumsi kepiting, yaitu cangkangnya yang keras. Pemanfaatan kepiting di masyarakat masih terbatas untuk keperluan makanan, dengan memanfaatkan dagingnya saja sedangkan cangkangnya dibuang. Produksi kepiting di Indonesia meningkat setiap tahunnya terutama dalam bentuk produk kaleng dengan jumlah produksi 4.000 ton per tahun. Kondisi ini, menyebabkan peningkatan limbah yang dihasilkan produk kepiting terutama limbah padat berupa cangkang kepiting. Data menunjukkan bahwa 1.000 ton limbah cangkang kepiting dihasilkan per tahun (Trisnawati et al., 2013). Banyaknya limbah padat yang dihasilkan tersebut belum dimanfaatkan secara tepat karena hanya dijadikan sebagai pakan ternak yang bernilai jual rendah. Selain itu, limbah tersebut jika tidak ditangani akan mencemari lingkungan dan menjadi sumber penyakit.^{11,12}

Berdasarkan data USDA *Nutrient Database for Standard Reference* (1998) daging kepiting merupakan salah satu sumber protein, lemak, vitamin, dan mineral, seperti kalsium, seng, dan besi.¹³ Limbah cangkang kepiting mengandung senyawa kalsium (CaCO_3) yang cukup tinggi, yaitu sekitar 53-78% dari berat cangkang keringnya, kandungan kitin 18,70% - 32,20% dan Protein 15,60% - 23,90%.¹⁴ Selain itu Mohapatra et al. (2009) juga melaporkan bahwa bahwa kepiting *Scylla serrata* mengandung kalsium 11,5 mg/100 g.⁽¹³⁾ Tingginya kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) berpotensi sebagai prekursor kalsium dalam sintesis hidroksiapatit. Selain itu, cangkang kepiting juga mengandung kitin yang dapat disintesis menjadi kitosan.¹⁵

Kitosan adalah polisakarida yang terdiri dari monomer N-asetilglukosamin dan D-glukosamin dengan rumus umum $(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}_4)_n$ atau β -(1-4)-2-amino-2-deoksi-D-. Proses pembuatan kitosan meliputi 3 tahap, yaitu deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Kitosan dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti bidang farmasi, pangan, mikrobiologi, pertanian, kesehatan, kosmetika dan lain-lain. Secara biologi, kitosan aman karena memiliki sifat biokompatibel, biodegradable, dan non-toksik sehingga aman digunakan diaplikasikan dalam industri ramah lingkungan.¹⁶

Penambahan hidroksiapatit dan kitosan dapat meningkatkan sifat mekanis dari GIC. Penambahan hidroksiapatit dapat meningkatkan kuat tekan dan kepadatan GIC. Kandungan ion kalsium dalam hidroksiapatit akan terlibat pada reaksi asam-basa dengan cairan GIC sehingga terbentuk lebih banyak jembatan garam dan ikatan silang (*cross-linking*).¹⁷ Menurut Lobobun (2023), penambahan kitosan dapat merangsang pembentukan dentin reparatif dan meningkatkan kinerja mekanik serta pelepasan ion fluorida. Peningkatan pelepasan fluor memberikan efek antibakteri yang baik pada GIC.¹⁸

Hidroksiapatit dapat disintesis dengan beberapa metode, antara lain metode kering, gel tunggal, hidrotermal, dan metode pengendapan basah.¹⁴ Proses sintesis yang berbeda tentunya akan menghasilkan serbuk hidroksiapatit yang berbeda pula seperti

ukuran partikel, homogenitas ukuran partikel, serta bentuk partikel yang didapat berupa keramik padat, bubuk, pelapisan keramik, atau keramik yang porus.¹⁰ Presipitasi merupakan metode yang paling sering digunakan, oleh karena sederhana, ekonomis dan mudah.⁸ Sedangkan kitosan dapat diperoleh melalui proses deasetilasi alkanin kitin yang terkandung pada cangkang kepiting.¹⁸

Selain menambah hidroksiapatit dan kitosan, Salah satu upaya dalam meningkatkan sifat mekanis dari GIC yaitu dengan mengganti kandungan silika pada bubuk GIC menggunakan nanosilika alami. Silika merupakan konsentrasi terbanyak dalam bubuk GIC yaitu sebanyak 35,2-41,9%.¹⁹ Penggabungan nanosilika pada bubuk GIC menyebabkan distribusi partikel yang lebih dalam karena dapat menempati ruang kosong diantara partikel GIC sehingga nilai mekanisnya lebih tinggi.²⁰ Nanosilika alami dapat diperoleh dari dinding sel diatom yang mengandung SiO_2 .²¹ *Silica* memiliki sifat kekerasan yang tinggi. *Silica* dapat diperoleh dari mineral, nabati, dan sintesis. *Silica* secara alami terkandung dalam diatom, *sponge*, dan pasir laut.²²

Diatom adalah salah satu organisme biota laut yang mempunyai peranan penting. Diatom merupakan produsen primer yang cukup melimpah dan diperlukan sebagai pakan alami yang banyak ditemukan di perairan tawar maupun perairan laut. Diatom merupakan *cosmopolitan spesies* yang terdistribusi secara luas di seluruh lingkungan akuatik bahkan pada lingkungan darat yang terendam secara berkala seperti permukaan batuan, beberapa jenis tumbuhan dan binatang. Ciri khas diatom ditunjukkan dengan adanya pahatan tertentu pada dinding selnya yang terdiri dari silika, memiliki ketahanan yang tinggi terhadap lingkungan.²³

Diatom merupakan fitoplankton yang memiliki kemampuan reproduksi dan bertahan hidup yang tinggi di perairan hal tersebut membuat kelimpahan diatom cukup tinggi.²⁴ Seperti yang terdapat pada perairan Tompotana Takalar kelimpahan tertinggi didominasi oleh diatom yaitu sebesar 85%.²⁵ Oleh karena itu, silika pada diatom dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan GIC karena memiliki sifat-sifat seperti luas permukaan spesifik yang besar, proporsi kecil, ketahanan baik terhadap asam, serta daya serap yang kuat karena dipengaruhi oleh adanya gugus siloksan (Si-O-Si) dan gugus silanol (Si-OH).²⁶

Pada beberapa tahun terakhir, hidroksiapatit dilaporkan meningkatkan kekerasan permukaan, *toughness*, kekuatan lentur / *flexure strength* dan modulus. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan hidroksiapatit dalam GIC yang dibuat dari *fluoride glass* menghasilkan tingkat kekuatan tekan yang konstan, dan *setting time*. Dari laporan yang sama ini, hidroksiapatit yang ditambahkan ke GIC yang dibuat dari *oxide glass* menghasilkan pengurangan kekuatan tekan, dan peningkatan *setting time*.²⁷ Alfian (2020) mengemukakan bahwa terdapat korelasi positif yang menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi hidroksiapatit maka kekerasan GIC core build-up juga meningkat dengan Rasio hidroksiapatit paling ideal yaitu 8% dan 9%.²⁸

Choudhary dan Nandlal (2015) mengevaluasi kekuatan ikat geser GIC konvensional (Fuji IX GC) yang ditambahkan nano hidroksiapatit, hasilnya menunjukkan ionomer dengan penambahan 8 wt% nano hidroksiapatit memiliki penurunan kekuatan rekat geser yang signifikan dibandingkan GIC konvensional. Penambahan granul hidroksiapatit berukuran 100–200 nm mampu meningkatkan sifat mekanik GIC yaitu kekuatan tekan, kekuatan tarik diametral dan kekuatan fleksural.⁸

Sofya (2020) menunjukkan tidak terdapat perbedaan kekerasan antara GIC konvensional dan GIC dengan penambahan silika dari pasir laut karena GIC dengan penambahan silika cenderung memiliki porositas yang tinggi.²⁹ Almuhiza (2014) menunjukkan nilai kekerasan yang paling tinggi pada penambahan 5% HA-silika. Sementara penambahan HA-silika dengan persentase yang lebih tinggi menunjukkan nilai kekerasan yang lebih rendah, namun masih lebih tinggi dari nilai kekerasan GIC tanpa penambahan HA-silika.³⁰

Dalam rencana penelitian ini, cangkang kepiting bakau digunakan sebagai sumber kalsium dan kitin, dan diatom sebagai sumber nanosilika alami. Bahan ini sesuai dengan visi dan misi UNHAS yaitu pusat unggulan dalam pengembangan insani, ilmu pengetahuan, teknologi, seni, dan budaya berbasis Benua Maritim Indonesia, maka cangkang kepiting yang selama ini hanya sebagai limbah yang dibuang ke lingkungan dan diatom yang menjadi salah satu biota laut yang berlimpah dan bervariasi, dapat dimanfaatkan menjadi bahan bernilai guna. Oleh karena tingginya kandungan kalsium karbonat dan kitin yang terdapat pada cangkang kepiting bakau dan kandungan nanosilika alami dari diatom, serta sifat mekanis GIC yang masih perlu ditingkatkan lagi dengan penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting serta nanosilika alami dari diatom, peneliti tertarik untuk meneliti komposisi bubuk *glass ionomer cement* dengan penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari serbuk cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *compressive strength*, *tensile strength*, dan *shear strength* untuk *core build-up*.

1.2 Teori

1.2.1. Glass Ionomer Cement

1.2.1.1 Definisi

Glass ionomer cement pertama kali diperkenalkan pada tahun 1970 dan telah banyak digunakan dalam kedokteran gigi hingga saat ini. *Glass ionomer cement* adalah semen berbahan dasar air yang dibentuk melalui reaksi asam-basa antara bubuk kaca aluminosilikat dan poliakrilat asam sebagai cairan.¹² Campuran komponen-komponen tersebut mengalami pengaturan reaksi, dimana asam akan dinetralkan oleh serbuk kaca yang bersifat basa. Menurut Sidhu dkk. asam poliakrilat digunakan sebagai polimer dalam sintesis *glass ionomer cement*. Dua jenis asam poliakrilat dapat digunakan, yaitu asam poliakrilat homopolimer atau kopolimer asam akrilat 2% dan asam maleat.³¹

Faktor utama untuk keberhasilan dan efektivitas penggunaan *glass ionomer cement* dalam kedokteran gigi klinis adalah karena sifat uniknya, yang meliputi daya rekat yang besar pada struktur gigi meskipun terpapar pada lingkungan lembab di dalam mulut dan tidak memerlukan perlengkapan tambahan untuk menunjukkan daya rekat yang konsisten. Sifat adhesi dari *glass ionomer cement* ini membantu mengisi celah marginal dari *interface* yang terletak di antara gigi dan restorasi. *Glass ionomer cement* memiliki koefisien ekspansi termal yang rendah yang tetap tidak terpengaruh oleh perubahan suhu apa pun.³²

Terlepas dari sifat menguntungkan, *glass ionomer cement* memiliki beberapa keterbatasan dalam penggunaannya sebagai restorasi gigi. Salah

satunya yaitu sifat mekanik yang rendah, yang meliputi kekuatan patah yang rendah sehingga rentan terhadap retak.³³ Selain itu GIC mudah larut akibat paparan asam yang tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya kekerasan permukaan, waktu reaksi setting asam-basa yang lama, sensitivitas terhadap kelembapan selama pengerasan awal, dehidrasi, dan ketahanan terhadap abrasi yang rendah.³⁴ Dibandingkan dengan komposit dan amalgam, *glass ionomer cement* cukup lemah dan kurang kaku. Tingkat porositas tertentu juga berkembang karena merupakan bahan 2 bagian, yang perlu dicampur sebelum dilakukan penempatan.³³ Kerugian dari *glass ionomer cement* ini dapat diminimalkan dengan kombinasi dengan aditif tambahan. Upaya yang telah dilakukan untuk meningkatkan sifat *glass ionomer cement* menggunakan bahan pengisi lain, seperti hidroksiapatit. Lukas dkk.³⁵ mempelajari sifat mekanik hidroksiapatit yang tergabung dalam *glass ionomer cement*, yang menyimpulkan bahwa penambahan hidroksiapatit telah meningkatkan ketangguhan fraktur dan ikatan jangka panjang ke dentin.³¹ Sebuah studi oleh Yap et al. pada tahun 2002.³⁶ melaporkan bahwa penggabungan partikel hidroksiapatit ke dalam GIC mampu meningkatkan kekerasan *glass ionomer cement*. Hasil tersebut serupa dengan hasil penelitian Rahmanet dkk yang menunjukkan penambahan 5% hidroksiapatit dari bahan kimia meningkatkan nilai kekerasan permukaan *glass ionomer cement*.³⁷

1.2.1.2 Klasifikasi

Glass Ionomer Cement digunakan secara klinis dalam kedokteran gigi restoratif sebagai restorasi sementara jangka panjang, restorasi definitif untuk gigi sulung dan gigi permanen, *core build-ups*, *base dan liner*, agen pulp capping, *root surface dan root end fillings*, *sealer* endodontik, agen luting, *fissure sealant*, dan perekat braket ortodontik. Beragam aplikasi restoratif dan preventif *glass ionomer cement* dalam praktik klinis dikaitkan dengan biokompatibilitasnya, iritasi pulpa yang rendah, koefisien ekspansi termal yang serupa dengan dentin, adhesi ke jaringan gigi (dengan *interlocking* mikromekanis dan, yang lebih penting ikatan kimia), bioaktivitas, kebocoran mikro yang rendah pada *interface*, pelepasan *fluoride* jangka panjang, dan kemampuan mengisi ulang *fluoride* setelah dilakukan penipisan.³⁸

GIC diklasifikasikan berdasarkan aplikasinya sebagai berikut³⁹:

Tipe I - Semen luting digunakan untuk sementasi mahkota dan jembatan

Tipe II - Semen restoratif yang digunakan untuk tambalan estetika

Tipe III – GIC digunakan sebagai *liner and base*

Tipe IV – GIC digunakan sebagai bahan *pit* dan *fissure sealant*

Tipe V – GIC digunakan untuk sementasi ortodontik

Tipe VI – GIC digunakan untuk *core build-up* pada gigi yang rusak parah

Tipe VII – GIC untuk *fluoride releasing* dengan *light-cured*

Tipe VIII – GIC untuk perawatan restoratif atraumatik (ART)

Tipe IX – GIC digunakan untuk restorasi pediatri dan geriatri

1.2.1.3 Komposisi

Glass Ionomer Cement konvensional terdiri atas bubuk kaca kalsium fluoroaminosilikat yang larut dalam asam dan cairan gabungan polimer dan kopolimer asam poliakrilat. Pembentukan bubuk GIC ini berasal dari bahan-bahan mentah seperti silikon dioksida (SiO_2), alumina (Al_2O_3), aluminium florida (AlF_3), fluorit (CaF_2), natrium fluorida (NaF), dan aluminium fosfat (AlPO_4) yang digabung dengan cara dipanaskan mencapai $1100^\circ\text{--}1500^\circ\text{C}$ untuk membuatnya menjadi kaca yang seragam. Bubuk GIC konvensional ditambahkan lanthanum, strontium, barium, atau seng oksida untuk menimbulkan sifat radiopak. Cairan GIC konvensional berisi asam poliakrilat dengan konsentrasi 50% namun cenderung menjadi gel seiring berjalannya waktu. Cairan asam pada GIC konvensional yang terbaru merupakan bentuk kopolimer dengan asam akrilik, itakonik, maleik, tartarik atau trikarbosilik untuk meningkatkan reaktivitas, mengurangi kekentalan, dan mengurangi kecenderungan untuk menjadi gel. Asam tartarik juga dapat memperpanjang waktu kerja dan memperpendek waktu pengerasan, kekentalan asam tartarik tidak mengalami perubahan seiring berjalannya waktu tetapi suatu waktu kekentalannya menunjukkan peningkatan yang besar.³⁹ Komposisi GIC terdiri dari liquid dan powder, dengan komposisi liquid GIC yaitu larutan asam poliakrilat 50% dan sangat kental serta cenderung gel. Sedangkan komposisi powdernya adalah kaca kalsium fluoroaluminosilikat yang larut dalam asam. Ini mirip dengan silikat, tetapi memiliki rasio alumina terhadap silika yang lebih tinggi sehingga meningkatkan reaktivitasnya dengan cairan.⁴⁰

Komponen	%
Silika (SiO_2)	41.9
Alumina (Al_2O_3)	28.6
Aluminium fluorida (AlF_3)	1.6
Kalsium fluorida (CaF_2)	15.7
Natrium fluorida (NaF)	9.3
Aluminium fosfat (AlPO_4)	3.8

Gambar 2.1 komposisi powder GIC

Adapun fungsi komponen GIC :⁴¹

1. Alumina (Al_2O_3) : meningkatkan opasitas
2. Silika (SiO_2) : meningkatkan translusensi
3. Fluorida : antikariogenik, meningkatkan translusensi, working time dan kekuatan
4. Kalsium Fluorida (CaF_2) : meningkatkan opasitas
5. Aluminium fosfat : menurunkan *melting time* (waktu mencair) dan meningkatkan translusensi
6. Kriolit (Na_3AlF_6) : meningkatkan translusensi
7. Ion Na, K, Ca, Sr

1.2.2 GIC tipe VI *Core build-up*

GIC juga sangat cocok untuk pembentukan inti. Mereka digunakan untuk memperbaiki kerusakan struktur gigi sebelum preparasi mahkota dan menstabilkan bagian gigi yang melemah. Tujuan dari prosedur ini adalah untuk mencapai retensi mahkota yang paling andal. Idealnya, bahan pembentuk inti harus membentuk sambungan yang tahan lama dengan tunggul gigi dan menunjukkan sifat seperti dentin dalam hal kekerasan dan kemampuan penggilingan. Saat ini, amalgam, GIC, atau komposit biasanya digunakan sebagai bahan pembentuk inti. Namun, GIC telah menjadi bahan pembentuk inti yang disukai sejak lama karena adhesi kimianya pada struktur gigi.⁴²

1.2.2.1 Sifat mekanis GIC Tipe VI

Kekuatan tekan (*Compressive strength*), kekuatan Tarik (*Tensile strength*), kekuatan geser (*Shear Strength*). Mereka memiliki kekuatan tekan yang cukup tinggi tetapi lebih lemah dalam ketegangan dan relatif rapuh pada bagian yang tipis. Perbedaan rasio bubuk-cair GIC yang digunakan untuk aplikasi yang berbeda menunjukkan variasi dalam sifat fisiknya. *Glass ionomer cement* memiliki kekuatan tekan 150 MPa. Kekuatan geser semen *glass ionomer cement* bubuk-cairan 211 Newton.^{43,44}

1.2.2.2 Proporsi dan pencampuran, setting time GIC Tipe VI

Rekomendasi pabrik harus diikuti dalam pencampuran GIC, rasio bubuk dan cairan yang rendah mengurangi sifat mekanik dan meningkatkan kemungkinan degradasi semen. Pencampuran GIC terdiri dari dua yaitu :

Manual mixing, bubuk dan cairan dituang pada *paperpad*. Bubuk GIC dibagi dua bagian, bubuk pertama dicampurkan dengan cepat ke dalam cairan menggunakan spatula plastik untuk luting dan dilanjutkan dengan bubuk kedua dengan teknik menggesek dan melipat selama 45 detik sampai 60 detik tergantung pada produk yang digunakan.⁴⁰

Mechanical mixing, GIC berbentuk kapsul yang mengandung bubuk dan cairan yang telah disesuaikan dan pencampurannya menggunakan amalgam triturator.⁴¹ Reaksi setting dimulai saat cairan asam polielektrolit berkontak dengan permukaan kaca aluminosilikat yang akan menghasilkan pelepasan sejumlah ion. GIC mengalami 3 fase reaksi setting yang berbeda dan saling *overlapping*. Semakin besar rasio bubuk cairan GIC maka panas yang dilepaskan akan semakin besar. Waktu *setting* GIC (type VI) adalah 7 menit.⁴⁴

1.2.3 CORE BUILD-UP

1.2.3.1 Definisi

Core build-up adalah restorasi yang ditempatkan pada gigi yang rusak parah untuk mengembalikan sebagian besar bagian koronal gigi untuk memfasilitasi restorasi selanjutnya melalui restorasi *indirect* ekstra-koronal.⁵

1.2.3.2 Fungsi

Kekuatan tekan dan tarik inti bahan dianggap penting karena inti biasanya menggantikan sebagian besar struktur gigi dan harus menahan gaya multiarah selama bertahun-tahun. Inti biasanya ditahan oleh pin, pasak, dan/atau sistem ikatan untuk memfasilitasi retensinya, dan untuk merestorasi gigi hingga mendukung mahkota atau jembatan.

Beberapa bahan gigi telah digunakan untuk prosedur pembentukan inti, beberapa secara *direct* dan *indirect*, seperti pasak dan inti cor khusus. Bahan yang digunakan untuk pembuatan inti langsung meliputi amalgam tembaga tinggi, komposit resin, komposit yang mengandung titanium, komposit yang dimodifikasi polyacid, RMGIC, dan semen perak cement.⁵

Bahan berbasis glass-ionomer secara nyata lebih lemah dari komposit resin dan bahan amalgam. Meskipun beberapa sifat mekanik dari bahan *glass ionomer cement* yang dimodifikasi resin hanya memburuk perlahan seiring waktu, stabilitas dimensi bahan yang dimodifikasi resin bisa menjadi buruk. *Silver reinforcement* tidak meningkatkan kekuatan *glass ionomer Hi-dense Silver* dibandingkan dengan *glass ionomer cement* konvensional. Meskipun beberapa sifat mekanik dari *glass ionomer cement* dan bahan *glass ionomer cement* yang dimodifikasi resin hanya memburuk perlahan seiring waktu, stabilitas dimensi bahan yang dimodifikasi resin bisa menjadi buruk. *Glass ionomer cement* juga kurang tahan lelah dibandingkan komposit resin.⁵

1.2.4 SILIKA

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO₂ (silicon dioksida) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Pada umumnya silika adalah dalam bentuk amorf terhidrat, namun dapat ditemukan di alam dalam beberapa bentuk meliputi kuarsa dan opal, silika memiliki 17 bentuk kristal, dan memiliki tiga bentuk kristal utama yaitu kristobalit, tridimit, dan kuarsa.⁴⁵

Silika merupakan material yang tersedia di alam dan secara kuantitatif memiliki jumlah yang melimpah. Silika berada di dalam tanah berbentuk silika larut air (H₄SiO₄). Silika merupakan biomineral nomor dua paling banyak di alam dan hanya kalah oleh biogenik CaCO₃. Biomineralisasi silika di alam didominasi oleh biota akuatik sederhana termasuk diantaranya oleh organisme bersel tunggal (Diatomae, Radiolaria dan Synurophyta) dan organisma multiselular (spons). Biota akuatik laut tersebut telah dikenal memiliki kemampuan mengasimilasi materi inorganik seperti silikon dari lingkungan perairan dan membentuk polimer silika dengan berbagai disain unik untuk memperkuat sel dalam tubuhnya ataupun sebagai bagian dari struktur tubuhnya. Kemampuan alami biota ini telah menarik peneliti dan pemerhati silika terutama di bidang teknologi nano, seiring dengan perkembangan riset bidang *biomimetics*, yaitu riset mengenai teknologi pembentukan material dengan sistem biologi atau biomolekul.⁴⁶

SiO₂ (silika) material yang berdaya guna tinggi, aplikasinya sangat luas baik dalam kegiatan industri maupun kehidupan sehari-hari. Proses sintesis silika yang selama ini dilakukan di industri memerlukan kondisi proses yang boros energi dan

tidak ramah lingkungan seperti suhu, pH dan tekanan tinggi serta menggunakan surfaktan yang dapat mencemari lingkungan. Karena itu, studi biosilika, pembentukan polimer silika pada makhluk hidup, menjadi menarik dan sangat intensif dipelajari untuk mengatasi pada proses sintesis silika, terutama yang berskala nano.⁴⁶

Silika mempunyai sifat fisika sebagai berikut:

Nama IUPAC	Silikon Dioksida
Nama Lain	Kuarsa, Silika, Silikat Dioksida, Silicon (IV) Dioksida
Rumus Molekul	SiO ₂
Massa Molar	60,08 gmol
Penampilan	Kristal Transparan
Titik Lebur	1600-1725°C
Titik Didih	2230°C

(sumber: Academia, 2009)

Adapun sifat kimia silika yaitu:

a. Reaksi asam

Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam hidrofluorida dan asam phosphate: $\text{SiO}_2(\text{s}) + 4\text{HF}(\text{aq}) \rightarrow \text{SiF}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ dalam asam berlebih reaksinya adalah: $\text{SiO}_2 + 6\text{HF} \rightarrow \text{H}_2(\text{SiF}_6)(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

b. Reaksi Basa

Silika dapat bereaksi dengan basa, terutama basa kuat seperti hidroksida alkali $\text{SiO}_2(\text{s}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Biosilika diatom terutama terdiri dari silika (*amorphous hydrated SiO₂*) dengan sebagian kecil makromolekul organik yang sejak lama diduga ikut berperan dalam mengontrol pembentukan silika dengan pola nanonya. Sintesis silika pada diatom terjadi di dalam *silica deposition vesicle (SDV)* yang terdapat pada organ intra sel yang dikelilingi oleh membran silikalema.⁴⁷

1.2.5 DIATOM

Salah satu organisme perairan yang mempunyai peranan penting adalah diatom. Diatom merupakan produsen primer yang cukup melimpah dan diperlukan sebagai pakan alami yang banyak ditemukan diperairan tawar maupun perairan laut. Diatom merupakan kosmopolitan spesies yang terdistribusi secara luas di seluruh lingkungan akuatik bahkan pada lingkungan darat yang terendam secara berkala seperti permukaan batuan, beberapa jenis tumbuhan dan binatang (Aprisanti et al., 2013). Ciri khas diatom ditunjukkan dengan adanya pahatan

tertentu pada dinding selnya yang terdiri dari silika, memiliki ketahanan yang tinggi terhadap tekanan lingkungan. Silika merupakan elemen yang dibutuhkan diatom terutama untuk pembentukan dinding selnya. Silika ini diambil oleh diatom dalam bentuk yang terlarut dalam air, yaitu sebagai $\text{Si}(\text{OH})_4$. Berbagai jenis diatom memerlukan silika dalam jumlah yang berbeda-beda, akibatnya saat terjadi variasi kandungan silika yang terlarut dalam air maka dapat terjadi suksesi diatom, jadi perubahan kandungan silika merupakan salah satu faktor yang menyebabkan suksesi diatom (Werner, 1977).⁴⁸

Diatom adalah nama lain dari kelas Bacillariophyceae, salah satu anggota dari divisi Bacillariophyta. Diatom (Bacillariophyceae) merupakan anggota fitoplankton yang dominan di laut, terutama laut terbuka dengan ukuran berkisar 0,01-1,00 mm.⁴⁹ Diatom disebut juga *golden brown algae* karena memiliki pigmen warna kuning lebih banyak daripada pigmen warna hijau. Pigmen tersebut yang menjadikan suatu perairan yang padat Diatomnya akan terlihat berwarna agak cokelat muda (Sachlan 1982: 70; Bold & Wayne 1978: 497). Tipe dinding sel diatom merupakan karakter utama dalam pengklasifikasian Diatom. Berdasarkan tipe dinding selnya (*frustule*), Diatom dibagi menjadi 2 bangsa, Centrales dan Pennales. Bangsa Centrales memiliki simetri radial, sedangkan bangsa Pennales berbentuk pennatus.

Diatom merupakan suatu mikroalga unisel (kadang berkoloni) dengan ukuran berkisar antara 2 μm sampai 4 mm yang memiliki dinding khas terbuat dari silika. Diatom bersifat non-motil sehingga pergerakannya sangat ditentukan oleh pergerakan air, tetapi ada beberapa diatom yang dapat bergerak namun dengan sangat lambat. Diatom dapat ditemukan di perairan tawar maupun ekosistem laut dan secara umum hidup pada tempat yang lembab. Diatom mempunyai peranan penting dalam dunia riset dan penelitian.^{45,46}

1.2.6 KEPITING BAKAU

Sejak tahun 1980-an, kepiting bakau telah menjadi komoditas perikanan penting, mempunyai nilai ekonomis penting, dan memiliki harga yang tinggi baik di pasar dalam negeri maupun luar negeri, antara lain di Asia (seperti Singapura, Thailand, Taiwan, Hongkong dan China) (Rusdi dan Hanafi, 2009), maupun di Amerika dan Eropa. Dalam perdagangan internasional jenis kepiting bakau dikenal sebagai *Mud Crab* atau bahasa Latinnya *Scylla spp.*⁵⁰

Kepiting bakau merupakan salah satu komoditas perikanan yang memiliki nilai ekonomis penting dan sebagai sumber pendapatan nelayan serta devisa bagi negara. Indonesia sebagai negara dengan lahan hutan bakau yang luas, mempunyai potensi kepiting bakau yang sangat menjanjikan.⁵⁰

Perkembangan usaha perdagangan kepiting bakau sampai saat ini terus meningkat karena peluang pasar ekspor yang terbuka luas (dengan lebih dari 10 negara konsumen), potensi lahan bakau yang merupakan habitat hidupnya cukup besar, pengetahuan dan teknologi yang semakin meningkat baik budidaya (pembenihan, pembesaran), maupun teknologi penangkapannya. Peluang pasar yang cukup besar dengan harga tinggi tersebut menyebabkan bisnis kepiting berkembang di banyak tempat di negara kita seperti di Kalimantan (Kalimantan

Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Utara), Sulawesi (Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah), Jawa (Subang, Indramayu, Cilacap, Pemalang, Gresik, Sidoarjo), Sumatera (Riau, Jambi, Sumatera Utara, Lampung), Papua, Papua Barat dan lain-lain, dengan target pemasaran lokal maupun ekspor (antara lain Jepang, Hongkong, Korea Selatan, Taiwan, Singapura, Malaysia, Australia dan Prancis).⁵¹

Menurut Stephenson dan Campbell (1960), Motoh (1977), Warner (1977), Moosa (1980) dan Keenan dkk (1998), kepiting bakau dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Klass : Crustacea

Ordo : Decapoda

Famili : Portunidae

Genus : *Scylla* (de Han)

Spesies: *Scylla serrata* (Forskal, 1775), *S. Tranquiberica* (Fabricus, 1798),

S. paramamosain (Estampador, 1949), dan

S. olivacea (Herbst, 1796).⁵¹



Scylla serrata

Gambar 2.2 Kepiting Bakau (*Scylla serrata*)

Komposisi kimia cangkang kepiting bakau meliputi kadar air, abu, lemak, protein, dan karbohidrat (Tabel 1). Komposisi kimia cangkang kepiting bakau ditentukan dengan analisis proksimat.

Tabel 1. Kandungan kepiting bakau (Hasil analisis proksimat tepung cangkang kepiting bakau)¹

Komponen kimia	Persentase (%)
Kadar air (bb)	5.39
Kadar abu (bk)	57.26
Kadar lemak (bk)	2.38
Kadar protein (bk)	14.11
Kadar karbohidrat (bk)	26.25
Kalsium karbonat	40-70
Kitin	18.70-32.20

Sumber: Komposisi Kimia Tepung Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla serrata*)

1.2.7 HIDROKSIAPATIT CANGKANG KEPITING

Tingginya kadar kalsium karbonat (CaCO_3) sebesar 40% -70% yang terkandung pada cangkang kepiting bakau dapat dikembangkan sebagai

biomaterial unggulan yang diaplikasikan pada bidang kedokteran gigi, salah satunya adalah hidroksiapatit. Hidroksiapatit merupakan salah satu material maju yang memiliki unsur kalsium dan fosfat dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ yang telah ditemukan dan dikembangkan sejak tahun 1950 sebagai material perancah tulang, karena memiliki kesamaan struktur penyusun tulang serta memiliki sifat biokompatibilitas, bioaktivitas dan ostekonduktif yang baik (Kattimani et al. 2016).⁷

Cangkang kepiting telah menjadi sumber yang menarik untuk produksi hidroksiapatit, karena ketersediaan globalnya, biaya rendah, pasokan tidak terbatas dan karena pengembangan metode produksi yang sederhana, murah, ekonomis dan efisien.⁵² Kandungan CaCO_3 yang besar, cangkang kepiting dapat digunakan sebagai prekursor CaO dengan cara dikalsinasi pada suhu 1000°C kalsinasai bertujuan untuk menghilangkan ion karbonat yang dapat mengganggu proses sintesis.¹²

Pembentukan Hidroksiapatit pada kepiting bakau (*Scylla Spp*) diperoleh dengan kalsinasi pada suhu 900°C sebesar 63,5%. Semakin tinggi suhu kalsinasi maka semakin besar pula hidroksiapatit yang terbentuk dari sampel cangkang kepiting, sedangkan dari karakterisasi XRD dan XRF diperoleh analisis kadar CaO tertinggi pada suhu 800°C sebesar 51,9%.⁵³

Pada penelitian Dahlan et al. menghasilkan kristalit HAp (~800 nm) dari serbuk kalsium yang diperoleh setelah kalsinasi cangkang kepiting bakau Merouke. Dalam penelitian lain, Chudhuri et al. melaporkan pembentukan lapisan HAp pada permukaan lembaran fleksibel cangkang kepiting setelah direndam dalam larutan *dipotassium phosphate* (K_2HPO_4).⁵⁴

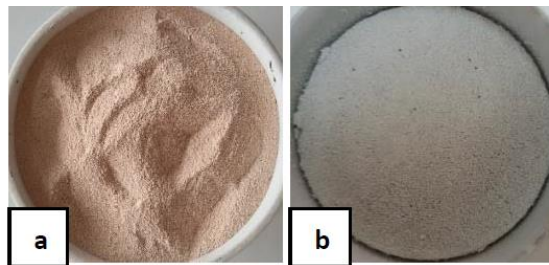


Gambar. 2.3 Prosedur pembuatan hidroksiapatit cangkang kepiting

Limbah cangkang kepiting dicuci untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada cangkang kepiting kemudian jemur di bawah sinar matahari sampai kering untuk mengurangi kadar air. Cangkang kepiting yang telah kering ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh agar menghasilkan ukuran serbuk yang homogen sehingga hasil kalsinasi cangkang kepiting maksimal. Kalsinasi bergantung pada ukuran dan lama pemanasan yang digunakan. Cangkang kepiting selanjutnya dikalsinasi pada suhu 1000°C selama 5 jam, hal ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan air, senyawa organik, dan menguraikan CaCO_3 menjadi CaO dan CO_2 yang terkandung dalam cangkang kepiting. Sesuai dengan persamaan (1): $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \Delta H = 182,1 \text{ kJ mol}^{-1}$ Panas yang dihasilkan tanur membuat ikatan kimia menjadi renggang dan atom yang berikatan

bergerak bebas sehingga senyawa akan lepas sesuai dengan titik didihnya. Air dan zat organik yang terkandung dalam cangkang kepiting mengalami penguraian, hal ini ditandai dengan keluarnya bau yang tidak sedap pada tanur pada rentang suhu kalsinasi. Zat organik yang terkandung didalam cangkang kepiting diantaranya protein dan kitin. Dari data DTA kalsinasi cangkang telur bebek pada penelitian Sari (2013) mengungkapkan bahwa CO_2 dari CaCO_3 akan lepas pada suhu 700 sampai 850 °C ditandai dengan perubahan massa yang signifikan pada suhu tersebut dan CaO stabil pada suhu 850 sampai 1000°C.⁹

Setelah dikalsinasi cangkang kepiting didinginkan secara perlahan dengan cara didinginkan di dalam tanur selama semalam sampai mencapai suhu ruang, karena penurunan panas yang mendadak dapat menyebabkan material mengalami *thermal shock* mengakibatkan struktur material menjadi tidak stabil. Cangkang kepiting yang telah dikalsinasi mengalami perubahan warna dari serbuk jingga keabu-abuan menjadi putih keabu-abuan hal ini menandakan bahwa cangkang kepiting telah mengalami dekomposisi *thermal* menjadi CaO seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.⁹



Gambar 2.4 Cangkang kepiting sebelum kalsinasi (a) dan setelah kalsinasi (b)

1.2.8 KITOSAN CANGKANG KEPITING

Potensi limbah dari cangkang kepiting dapat diolah lebih lanjut menjadi senyawa polisakarida seperti kitin $[(\text{C}_8\text{H}_{13}\text{NO}_5)_n]$ melalui pendekatan teknologi yang tepat. Kitin dapat diolah lebih lanjut menjadi kitosan $[(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}_4)_n]$, produk ini mempunyai sifat mudah terurai dan tidak mempunyai sifat beracun sehingga sangat ramah terhadap lingkungan. Kitin disintesis dengan cara menghilangkan dua komponen besar yaitu protein dan mineral. Penghilangan protein melalui deproteinasi, penghilangan mineral berupa kalsium karbonat melalui demineralisasi, selain itu juga sejumlah kecil pigmen dihilangkan melalui dekolorisasi (Younes dan Rinaudo 2015). Dua metode sintesis yang telah dilakukan untuk menghasilkan kitin murni yaitu secara enzimatik dan kimiawi. Metode enzimatik menggunakan enzim dari bakteri sedangkan secara kimiawi dengan penambahan senyawa asam dan basa (Afriani et al. 2016).⁵⁵

Deproteinasi secara kimiawi yang telah dilakukan dengan menggunakan senyawa kimia antara lain NaOH, Na_2CO_3 , NaHCO_3 , KOH, $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_3$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2SO_3 , NaHSO_3 , CaHSO_3 , Na_3PO_4 dan Na_2S . NaOH merupakan senyawa kimia yang paling banyak digunakan dengan rentang

konsentrasi 0,125-5 M (Younes et al. 2012). Mineral dihilangkan dengan cara pengasaman menggunakan HCl (Fernandez-Kim 2004). Proses pemisahan mineral ditunjukkan dengan terbentuknya gas CO₂ berupa gelembung udara pada saat larutan HCl ditambahkan dengan cangkang terdeproteinasi (Afriani et al. 2016). Kitin yang diperoleh dapat diubah menjadi kitosan dengan cara merubah gugus asetamida (-NHCOCH₃) pada kitin menjadi gugus amina (-NH₂). Kemurnian kitosan sangat ditentukan oleh derajat deasetilasi, semakin banyak gugus asetil yang dapat dihilangkan maka semakin tinggi nilai derajat deasetilasinya.⁵⁵

Kitosan memiliki sifat biologis yang beragam, yang merupakan biopolimer yang kompatibel secara biologis,⁵⁶ tidak beracun, dapat terbiodegradasi, bioadhesif, biokompatibilitas, dan pembaruan hayati yang menyebabkan penggunaannya dalam berbagai bidang seperti pengiriman obat, rekayasa jaringan, dan produk kesehatan. Kitosan telah banyak digunakan dalam bidang kedokteran gigi termasuk augmentasi edentulous ridge, osteogenesis, meningkatkan sekresi air liur, sebagai alat bantu regenerasi tulang dan untuk meningkatkan penyembuhan luka.⁵⁷ Kitosan mempunyai sifat antibakteri dimana penambahan kitosan pada GIC tidak mengganggu sifat fisik dasar struktur.⁵⁶

Kitosan telah diperkenalkan dalam kedokteran gigi karena struktur kristalnya yang stabil dan tidak larut dalam pH basa, sehingga menghasilkan ikatan hidrogen yang kuat.⁵⁷ GIC yang ditambahkan ke kitosan diharapkan memiliki dampak yang lebih kecil terhadap lingkungan mulut tanpa kehilangan sifat mekaniknya. Penambahan kitosan pada GIC memberikan efek positif terhadap hasil kekerasan mikro dan kekasaran permukaan. Oleh karena itu, penggunaannya di mulut cukup menjanjikan. Soygun dkk, mengungkapkan bahwa nilai kekerasan mikro kelompok GIC modifikasi kitosan sebesar 5% dan 10% lebih sedikit dipengaruhi oleh pasien dengan asam lambung. GIC yang dimodifikasi kitosan menjanjikan pada pasien GERD karena efektivitasnya yang relatif rendah dalam siklus erosi asam lambung.⁵⁶

1.2.9 TEORI SIFAT MEKANIK

Tes kekuatan mekanik penting untuk dilakukan dalam memahami daya tahan semen yang akan memasuki keadaan dinamis segera setelah memasuki rongga mulut. Hukum mekanika mengatur sifat mekanik dari bahan apa pun, gaya yang bekerja pada benda dan gerak yang dihasilkan, deformasi, atau tekanan yang dialami benda tersebut. Pengetahuan tentang hal ini memungkinkan kita untuk membedakan antara potensi penyebab kegagalan klinis yang mungkin disebabkan oleh kekurangan bahan, fitur desain, kesalahan dokter gigi, kesalahan teknisi, atau faktor pasien seperti diet, besaran gaya menggigit, dan orientasi gaya.⁵⁵

1.2.9.1 Kekuatan tekan (*Compressive strength*)

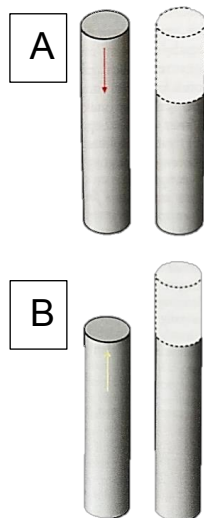
Kuat tekan adalah kemampuan spesimen dalam menerima gaya tekan pada suatu satuan luas, sehingga dapat mengendalikan mutu yang dicapai.⁵⁸ Hasil kuat tekan digunakan untuk memastikan bahwa campuran spesimen yang dikirim

memenuhi persyaratan kuat tekan yang ditentukan dalam spesifikasi pekerjaan. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa rata-rata pengujian kekuatan berada di sekitar kekuatan rata-rata yang disyaratkan silinder dengan perawatan standar diuji untuk penerimaan dan kontrol kualitas.⁵⁸

Kekuatan tekan sangat penting untuk diujikan pada material kedokteran gigi karena sebagian besar gaya pengunyahan bersifat “menekan”. Tes ini digunakan untuk membandingkan bahan amalgam, bahan cetak dan semen.⁴⁴

1.2.9.2 Kekuatan tarik (*Tensile strength*)

Tes kekuatan tarik mengukur kekuatan kohesif material. Gaya-gaya kohesif dalam material ini mempengaruhi beban yang diperlukan untuk menghasilkan fraktur pada material ketika mengalami beban pengunyahan. Semakin rapuh bahannya, semakin cepat terjadinya fraktur. Tes dari kekuatan tarik dilakukan dengan gaya tekan diarahkan ke spesimen silinder melintasi diameter pelat.⁴⁴



Gambar 2.5 Ilustrasi gambar yang menyatakan (a) *compressive strength* (b) *tensile strength*.³⁹

1.2.9.3 Kekuatan ikatan Geser (*Shear bond strength*)

Kekuatan geser merupakan ketahanan maksimum suatu material dalam menahan beban yang menyebabkan gerakan geser pada material tersebut sebelum akhirnya terlepas. Uji kekuatan geser terhadap restorasi gigi merupakan salah satu cara untuk mengukur kekuatan adhesi bahan restorasi terhadap struktur gigi yang direstorasi.⁴³

1.2.10 UJI KEKUATAN TEKAN (COMPRESSIVE STRENGTH)

Uji *compressive strength* dilakukan sesuai dengan ISO 9917–1 menggunakan sistem pengujian universal (*Bionix Table Top System, Sistem MTS; Eden Prairie, USA*). Sampel ditempatkan sedemikian rupa sehingga sumbu longitudinalnya bertepatan dengan sumbu beban. Kecepatan crosshead diatur ke 0,005 mm/detik.

Berdasarkan data yang diperoleh, tegangan tekan maksimum sampel dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\sigma_{max} = \frac{N_{max}}{A}$$

σ_{max} = maksimum *compressive stress* [MPa],

N_{max} = maksimum *compressive load* [N],

A = luas penampang [mm²].

kekuatan tekan bahan restoratif glass-ionomer harus lebih besar dari atau sama dengan 100 Mpa.⁵⁴

1.2.11 UJI KEKUATAN TARIK (DIAMETERAL TENSILE STRENGTH)

Uji *tensile strength*, spesimen dikompresi secara diametris dengan menghasilkan tegangan tarik pada material di bidang penerapan gaya oleh pengujian (Gambar 2.6)⁵⁵. Hasil pengujian dihitung menggunakan rumus:³⁹

$$DTS = \frac{2F}{\pi DT}$$

P= beban diterapkan;

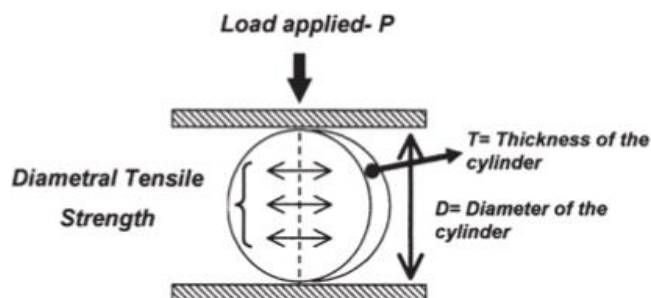
D= diameter silinder,

T= tebal silinder,

π = (konstanta) 3,14.

Nilai DTS [kgf/cm²] diubah menjadi MPa sebagai berikut:

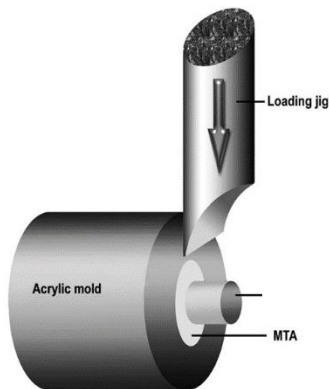
$$DTS[MPa]=DTS[Kgf/cm^2] \times 0,09807$$



Gambar 2.6 Ilustrasi skematik dan representasi dari tes kekuatan tarik⁵⁵

1.2.12 UJI KEKUATAN GESER (SHEAR STRENGTH)

Uji *Shear Strength* menggunakan sistem pengujian universal Spesimen dipasang secara vertikal di *universal testing machine (Lloyd Instruments, Foreham, Hampshire, UK)* dengan menerapkan kecepatan *crosshead* 0,5 mm pada setiap spesimen hingga patah dengan bantuan mandrel seperti pisau.. Nilai dihitung dalam Gaya newton (N) dengan luas adhesi (4,91 mm²) dan diubah menjadi megapascal (MPa).⁵⁷



kekuatan geser

Kekuatan ikatan geser dihitung berdasarkan rumus (Mpa) :

$$\text{Stress} = \frac{\text{Failure load (N)}}{\text{Surface Area (mm}^2\text{)}}$$

Gambar 2.6 Ilustrasi skematik dan representasi dari tes

1.3 Rumusan Masalah

- 1.3.1 Apakah ada pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *compressive strength*, bubuk *glass ionomer cement core build up*?
- 1.3.2 Apakah ada pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *tensile strength*, bubuk *glass ionomer cement core build up*?
- 1.3.3 Apakah ada pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *shear bond strength*, bubuk *glass ionomer cement core build up*?
- 1.3.4 Berapakah komposisi rasio hidroksiapatit dan kitosan, dan nanosilika dari diatom pada bubuk *glass ionomer cement* yang menghasilkan *compressive strength, tensile strength, shear strength core build-up* paling ideal?
- 1.3.5 Apakah ada perbandingan antara GIC konvensional dan GIC formulasi modifikasi terhadap pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *compressive strength, tensile strength, shear bond strength*, bubuk *glass ionomer cement core build up*?

1.4 Hipotesa

- Ada pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *compressive strength*, bubuk *glass ionomer cement core build up*
- Ada pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *tensile strength*, bubuk *glass ionomer cement core build up*?
- Ada pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *shear bond strength*, bubuk *glass ionomer cement core build up*?
- Terdapat komposisi rasio hidroksiapatit dan kitosan, dan nanosilika dari diatom pada bubuk *glass ionomer cement* yang ideal untuk *compressive strength*, *tensile strength*, *shear strength core build-up*.
- Ada perbandingan antara GIC konvensional dan GIC formulasi modifikasi terhadap pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *compressive strength*, *tensile strength*, *shear bond strength*, bubuk *glass ionomer cement core build up*.

1.5 Tujuan Penelitian

1.5.1. Tujuan umum

Menguji *compressive strength*, *tensile strength*, *shear strength* dengan penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau (*Scylla serrata*) dan mengganti kandungan nanosilika dari diatom pada bubuk *glass ionomer cement* untuk *core build-up*.

1.5.2. Tujuan khusus

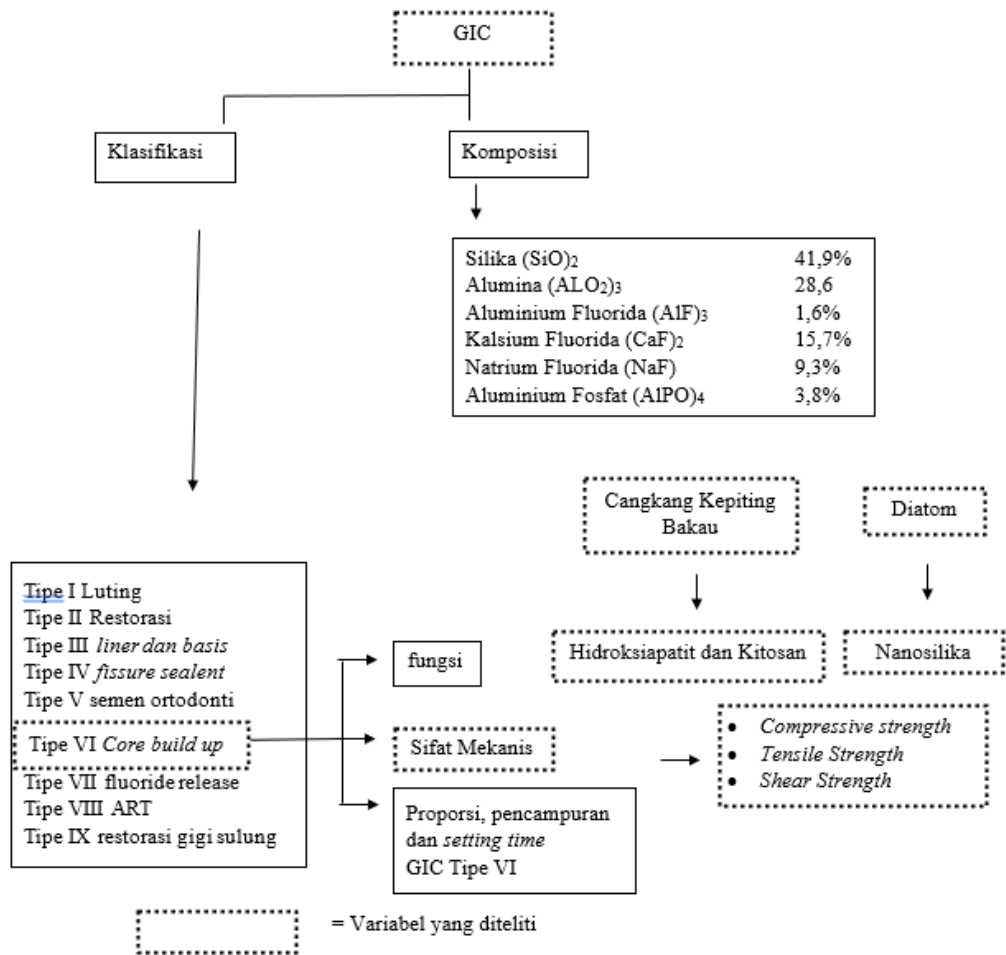
- Untuk mengetahui pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *compressive strength glass ionomer cement core build up*.
- Untuk mengetahui pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *tensile strength glass ionomer cement core build up*.
- Untuk mengetahui pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *shear bond strength glass ionomer cement core build up*.
- Untuk mengetahui berapa rasio hidroksiapatit dan kitosan, dan nanosilika dari diatom pada bubuk *glass ionomer cement* yang menghasilkan *compressive strength*, *tensile strength*, *shear strength core build-up* paling ideal.
- Untuk mengetahui perbandingan antara GIC konvensional dan GIC formulasi modifikasi terhadap pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap

compressive strength, tensile strength, shear bond strength, bubuk glass ionomer cement core build up.

1.6 Manfaat Penelitian

- Memberikan informasi ilmiah di bidang Prostodonsi mengenai pengaruh komposisi penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari serbuk cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *compressive strength, tensile strength, shear strength* bubuk *glass ionomer cement core build-up*.
- Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai pemanfaatan limbah pengaruh penambahan hidroksiapatit dan kitosan dari serbuk cangkang kepiting bakau dan nanosilika dari diatom terhadap *compressive strength, tensile strength, shear strength* bubuk *glass ionomer cement core build-up*.

1.7 Desain Konseptual



1.7.1. Deskripsi kerangka teori

Glass Ionomer Cement sebagai material core build up dapat dimodifikasi dengan bahan alami dengan melakukan penambahan hidroksi apatit dan kitosan dari cangkang kepiting bakau dan kandungan nanosilika dari diatom agar dapat meningkatkan sifat mekanisnya diantaranya Compressive Strength, Tensile Strength, dan Shear bond strength

BAB II METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

2.1.1 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia dan Farmasetika Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin Makassar Laboratorium produktifitas dan kualitas fakultas ilmu kelautan dan perikanan Universitas Hasanuddin Makassar, Pengukuran kuat tekan, kuat tarik dan kuat geser sampel dilakukan di Politeknik Unhas Makassar

2.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada Februari – Mei 2024

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

2.2.1 Alat penelitian

- a. *Plastic instrument*
- b. Mikromotor
- c. Furnace
- d. *Hot plate sterrier*
- e. Timbangan analitik
- f. Pipet volume
- g. Cawan krus
- h. Gelas beaker
- i. Erlenmeyer
- j. Desikator
- k. Blender
- l. Lumpang dan alu
- m. Mesin inkubator
- n. Gelas kimia (250 ml, 500 ml, 1000 ml)
- o. Ayakan 100 mesh
- p. Magnetic stieres
- q. Tanur
- r. Oven
- s. Blender (Cosmos CB 171 P)
- t. pH meter
- u. *Universal Testing Machine*

2.2.2 Bahan penelitian

- a. GIC
- b. Cangkang kepiting bakau
- c. Diatom
- d. Larutan HNO₃, HCl, NaOH, KH₂PO₄
- e. *Mylar strip*
- f. Prekursor Asam Posfat dan Kalsium
- g. **Akuades dan aqua Dm (demineralisasi)**

2.3. Metode Penelitian

2.3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian *experimental laboratories*, dengan rancangan penelitian *the post test only control group design*.

2.3.2. Sample Penelitian

Sampel penelitian ini adalah sintesis cangkang kepiting bakau dilakukan dengan metode presipitasi untuk mendapatkan bubuk hidroksiapatit, dan metode deasetilasi untuk mendapatkan kitosan. Diatom diisolasi untuk mendapatkan nanosilika. Serbuk hidroksiapatit, kitosan, nanosilika dan GIC modifikasi di manipulasi dan di campur dengan baik. Kelompok kontrol berupa GIC Fuji VI. Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 50 sampel berdasarkan dengan rumus Frederer.

2.4. Pelaksanaan Penelitian

A. Kriteria subjek penelitian

Prosedur riset diuraikan sebagai berikut :

Tabel 2. Formulasi Komposisi Penyusun Glass Inomer Cement

Bahan	Formulasi (%)							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
SiO ₂ diatom	41%	91%	99%	98%	97%	90%	89%	88%
Al ₂ O ₃	27%							
CaF ₂	21%							
AlPO ₄	11%							
Hidroksiapatit	-	9%	-	-	-	9%	9%	9%

Kitosan	-	-	1%	2%	3%	1%	2%	3%
---------	---	---	----	----	----	----	----	----

Bahan – bahan pada GIC secara umum adalah SiO₂, Al₂O₃, CaF₂, AlPO₄, NaF, dan AlF₃. Namun dalam pembentukan GIC bahan utama yang dipakai adalah SiO₂, Al₂O₃, CaF₂, dan AlPO₄ karena senyawa NaF dan AlF₃ hanya memiliki persentasi kecil dalam penyusunan GIC dan fungsi dari senyawa tersebut sudah terdapat dalam senyawa penyusun GIC utama. Komposisi powder GIC bervariasi tergantung pada klasifikasi GIC berdasarkan aplikasi atau fungsinya.⁵⁸

B. Besar sampel penelitian

Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 50 sampel berdasarkan dengan rumus Freederer.

Rumus Freederer :

$$\begin{aligned} (t-1) (n-1) &\geq 15 \\ (5-1) (n-1) &\geq 15 \\ 4n-4 &\geq 15 \\ 4n &\geq 15 + 4 \\ n &\geq 4,75 (5) \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan dari rumus di atas jumlah sampel minimal 5 sampel untuk setiap kelompok. Pada penelitian ini digunakan 5 sampel untuk setiap perlakuan.

C. Prosedur penelitian

1) Ekstraksi Kitosan dari Cangkang Kepiting.

Kitin diperoleh melalui dua tahap yaitu deproteinasi dan demineralisasi. Deproteinasi menggunakan NaOH 3N dengan perbandingan (1:10 gr/mL) pada suhu 80°C selama 60 menit. Demineralisasi menggunakan larutan HCl 1 N, dengan perbandingan yang berbeda yaitu 1:10 dan 1:15 selama 60 menit pada suhu ruang. Kitin diubah menjadi kitosan melalui tahap deasetilasi yaitu dengan merendam kitin menggunakan pelarut NaOH 60% dengan perbandingan 1:10 pada suhu 140°C selama 60 menit. Sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 1 jam dan diperoleh serbuk kitosan (Luthfiyana *et al.*, 2022).

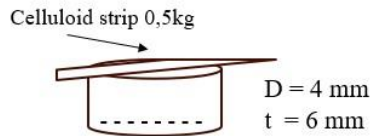
2) Pembuatan hidroksiapatit dari cangkang kepiting

Preparasi Serbuk Cangkang Kepiting Cangkang kepiting dicuci dengan air dan disikat hingga bersih, dikeringkan di bawah sinar matahari sampai kering. Cangkang kepiting yang telah kering, kemudian dihaluskan menggunakan mortar-alu, blender dan diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh. Serbuk yang dihasilkan disimpan dalam tempat tertutup.

Kalsinasi Cangkang Kepiting Serbuk cangkang kepiting ditimbang sebanyak 8 gram dan dikalsinasi dengan tanur suhu 850, 900, 950 dan 1000°C selama 5 jam 1000°C selama 5 jam. Serbuk yang telah dikalsinasi, dipindahkan ke desikator dan ditimbang massanya sampai konstan.

Sintesis Hidroksiapatit Serbuk yang telah dikalsinasi kemudian dipresipitasi dengan mencampurkan variasi konsentrasi KH_2PO_4 (0.25, 0.5, 0.75, dan 1M) ke dalam larutan CaO 0.3 M hasil kalsinasi. Campuran larutan CaO selanjutnya diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 37°C selama 30 menit. Larutan hasil presipitasi kemudian disimpan pada suhu kamar selama 24 jam hingga mendapatkan endapan hidroksiapatit berwarna putih. Endapan kemudian dikeringkan kemudian dilakukan proses sintering untuk membentuk hidroksiapatit pada suhu 800°C selama 4 jam (Romadhona *et al.*, 2023).

- 3) **Isolasi Silika dari diatom.** Isolasi basah dilakukan dengan cara sampel diatom dibiarkan selama 24 jam untuk mengendapkan biomassa dan cairannya dibuang, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 5 menit (Wahyuni *et al.*, 2021). Selanjutnya, dicuci dengan cara masukkan biomassa basah ke dalam tabung falcon 50 mL dan ditambahkan HNO_3 hingga 45 mL lalu divortex hingga homogen. Selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 5 menit, buang bagian supernatnya lalu cuci kembali hingga endapan berwarna putih kekuningan yang merupakan biosilika (Medina *et al.*, 2019). Tahap selanjutnya yaitu penetralan dengan Aqua Dm lalu di sentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 5 menit, buang bagian supernatnya lalu cuci kembali hingga pH dari supernatnya netral. Setelah itu, masukkan ke dalam cawan krus lalu keringkan pada oven dengan suhu 100°C selama 12 jam hingga menjadi serbuk. Selanjutnya proses pemanasan serbuk silika untuk menghilangkan dari komponen organik dan kandungan air yang diserap sebagai kristal, dengan cara dipanaskan menggunakan tanur pada suhu 550°C selama 1 jam (Kohler *et al.*, 2017).
- 4) **Pembuatan bubuk *Glass ionomer cement*.** Serbuk GIC dibuat dengan mencampurkan serbuk silika, alumina, kalsium fluorida dan aluminium fosfat menggunakan HEM, sehingga campuran bahan menjadi homogen. Presentase berat yang digunakan dalam masing-masing bubuk mengandung 41% SiO_2 , 27% Al_2O_3 , 21% CaF_2 , dan 11% AlPO_4 . Kemudian dilakukan pemanasan pada suhu 1200°C menggunakan tungku hingga terbentuk bubuk GIC (Rudyardjo *et al.*, 2020). Kemudian bubuk GIC dan cairan GIC dari pabrik lalu dimanipulasi pada kertas pad. Manipulasi dilakukan dengan membagi bubuk GIC menjadi dua bagian secara merata. Sebagian bubuk GIC diarahkan ke dalam cairan kemudian diaduk dengan Gerakan melipat menggunakan spatula. Pengadukan dilakukan selama 10 detik. Selanjutnya, sisa bubuk ditambahkan dan seluruh bahan diaduk dalam waktu 15-20 detik sehingga menghasilkan konsentrasi seperti dempul. (Hidayati *et al.*, 2023)
 Massa GIC yang telah homogen dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silinder (diameter 4mm, tinggi 6mm) dengan menggunakan *plastis instrument*. Bagian atas cetakan ditutup dengan *celluloid strip* dan diberi beban 0,5kg untuk menyamakan kepadatan. *Matriks celluloid strip* diambil setelah massa mengeras kemudian specimen dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan pengukuran kekuatan tekan, tarik dan geser pada spesimen.⁸



Gambar 4.2 Ilustrasi pencetakan GIC berbentuk silinder

5) Penyimpanan Sampel

Sampel disimpan pada inkubator dengan suhu 37°C selama 24 jam.

6) Pengujian *Compressive*, *Tensile*, dan *Shear Strength*

Compressive Strength

Uji *Compressive Strength* menggunakan *Universal Testing Machine*, spesimen diberi kecepatan *crosshead* diatur ke $0,005 \text{ mm/s}$. Berdasarkan data yang diperoleh, tegangan tekan maksimum sampel dihitung dengan menggunakan rumus dan kekuatan tekan bahan restoratif *glass-ionomer cement* harus lebih besar dari atau sama dengan 100 Mpa .

Tensile Strength

Uji *Tensile Strength* dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine*, spesimen dikompresi secara diametris dengan memberi tegangan tarik pada material pada bidang penerapan gaya dari pengujian, dan dihitung dengan rumus: $2P / \pi DT$.

Shear Strength

Spesimen dipasang secara vertikal pada *universal testing machine* (Lloyd Instruments, Foreham, Hampshire, UK) dengan menerapkan kecepatan *crosshead* $0,5 \text{ mm/menit}$ pada setiap spesimen. Nilai dihitung dalam Gaya newton (N) dengan luas adhesi ($4,91 \text{ mm}^2$) dan diubah menjadi megapascal (MPa).

2.5 Parameter Pengamatan

A. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas: Variasi konsentrasi nanosilika, hidroksiapatit, dan kitosan
2. Variabel akibat: *Compressive Strength*, *Tensile Strength*, dan *Shear Strength*.
3. Variabel kendali: Penyimpanan sampel, Kelembaban sampel, alat ukur pembuatan spesimen, prosedur penggunaan alat uji, dan konsentrasi penambahan.

B. Definisi Operasional

1. Hidroksiapatit cangkang kepiting berasal dari proses metode presipitasi untuk mendapatkan bubuk Hidroksiapatit. Kitosan cangkang kepiting berasal dari proses deasetilasi untuk mendapatkan kitosan. Diatom diisolasi untuk mendapatkan silika. Serbuk hidroksiapatit, kitosan, silika dan GIC modifikasi dimanipulasi dan di campur dengan baik pada penelitian ini.
2. GIC bahan core build up yang terdiri atas bubuk kaca kalsium fluoroaminosilikat yang larut dalam asam dan cairan gabungan polimer dan kopolimer asam poliakrilat.
3. Nanosilika yang diambil dari diatom *thalassiosira sp* menggunakan metode sol-gel dan didapatkan hasil bubuk nanosilika yang akan di modifikasi dengan GIC.
4. *Compressive Strength* adalah kekuatan GIC untuk menahan tekanan dari arah horizontal. Sampel ditempatkan sedemikian rupa sehingga sumbu longitudinalnya bertepatan dengan sumbu beban. Kecepatan crosshead diatur ke 0,005 mm/s. Berdasarkan data yang diperoleh, tegangan tekan maksimum sampel dihitung dengan menggunakan rumus. Hasil pengukuran pada *compressive strength* bahan restoratif glass-ionomer harus lebih besar dari atau sama dengan 100 Mpa.
5. *Tensile strength* adalah kekuatan GIC tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik. Spesimen dikompresi secara diametris dengan tegangan tarik dan dihitung dengan rumus. Hasil pengukuran dari nilai *tensile strength* dengan satuan [kgf/cm²] diubah menjadi Mpa.
6. *Shear strength* adalah kekuatan GIC merupakan ketahanan maksimum suatu material dalam menahan beban yang menyebabkan gerakan geser pada material tersebut. Spesimen dipasang secara vertikal di *universal testing machine* dengan menerapkan kecepatan *crosshead* 0,5 mm/menit pada setiap spesimen. Hasil pengukuran dengan satuan newton (N) dengan luas adhesi (4,91 mm²) dan diubah menjadi megapascal (Mpa).

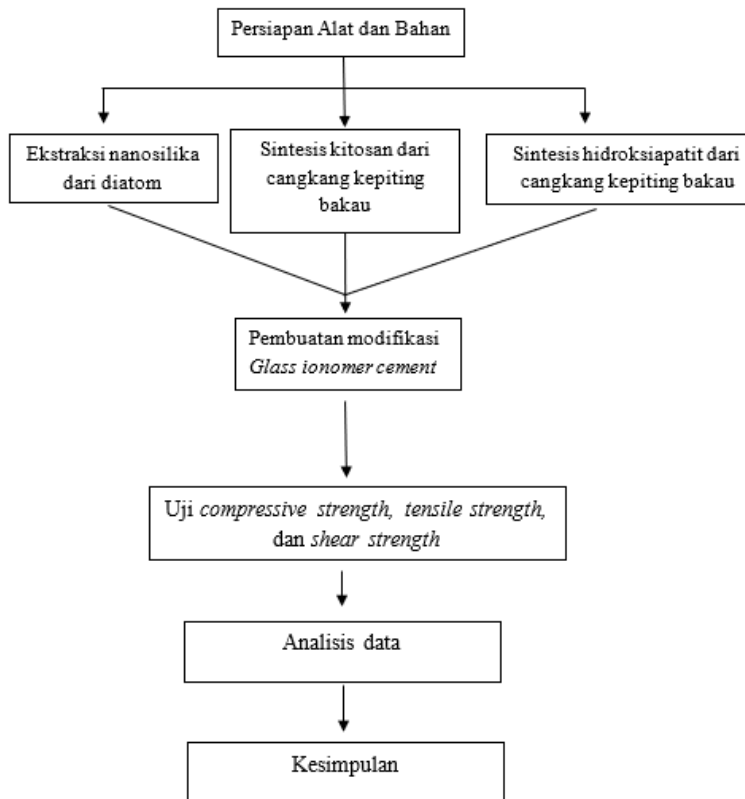
2.6. Etika Penelitian

Penelitian ini telah mendapatkan izin dari Komite Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Hasanuddin dengan Nomor: 0002/PL.09/KEPK FKG-RSGM UNHAS/2023.

2.7. Analisis Data

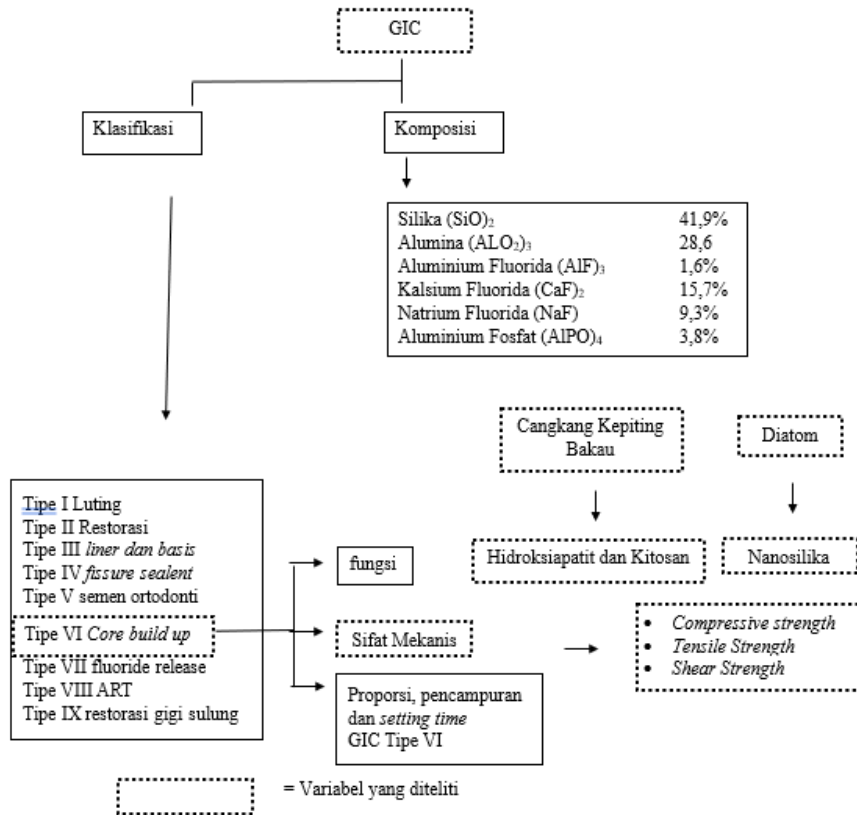
Data kekerasan bahan terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dengan menggunakan uji *Saphiro Wilk*. Apabila data terdistribusi normal dan homogen dapat dilakukan analisis *One way Anova* yang digunakan untuk melihat pengaruh *compressive strength*, *tensile strength*, dan *shear strength* pada penelitian ini.

2.8. Alur Penelitian



Gambar 11. Alur Penelitian Pembuatan GIC modifikasi hidroksiapatit dan kitosan dari ekstrak kepiting bakau dan nanosilika alami dari diatom

2.9. Kerangka Teori



Penjelasan kerangka teori

Glass Ionomer Cement secara penggunaan klinis memiliki beberapa tipe diantaranya dalam penelitian ini yaitu Tipe VI sebagai *Core Build-up* yang akan diformulasikan dengan bahan alami dari cangkang kepiting bakau sebagai sumber hidroksiapatit dan kitosan, dan juga diatom sebagai nanosilika alami dimana akan diteliti sifat mekanisnya diantara lain *Compressive Strength*, *Tensile Strength*, *Shear Bond Strength*.

2.10. Kerangka Konsep

