



**PEMBUATAN MATRIKS *BIOACTIVE GLASS* SEBAGAI IMPLAN
TULANG DAN GIGI DARI PASIR ALAM**

Skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika

oleh

Isnaeni Rahmawati

4211416024

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2020

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi yang berjudul “Pembuatan Matriks *Bioactive Glass* sebagai Implan Tulang dan Gigi dari Pasir Alam” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang ujian skripsi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 25 Juni 2020
Pembimbing



Dr. Upik Nurbaiti, M.Si.
NIP. 196708141991022001

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang,



Isnaeni Rahmawati
4211416024

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Pembuatan Matriks *Bioactive glass* Sebagai Implan Tulang dan Gigi dari Pasir Alam

disusun oleh

Isnaeni Rahmawati
4211416024

Telah dipertahankan dalam Ujian Skripsi Jurusan Fisika, FMIPA UNNES pada 25 Juni 2020

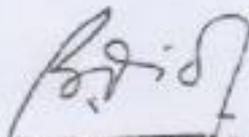
Panitia:

Ketua



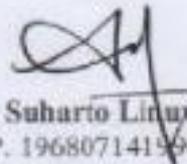
Dr. Sugianto, M.Si.
NIP. 196102191993031001

Penguji I



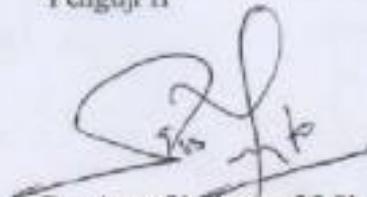
Dr. Budi Astuti, M.Sc.
NIP. 197902162005012001

Sekretaris



Dr. Suharto Lituwih, M.Si.
NIP. 196807141996031005

Penguji II



Dr. Agus Yulianto, M.Si.
NIP. 196607051990031002

Pembimbing



Dr. Upik Nurbaiti, M.Si.
NIP. 196708141991022001

MOTTO

Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada kemudahan. Maka jika engkau sudah bebas (dari keprihatinan), bekerjalah sekeras-kerasnya. Dan jadikanlah Tuhan di kau sebagai satu-satunya tujuan.

(Qs. Al Insyirah : 6-8)

Allah tidak mebebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Ia mendapat pahala (dari kebajikan) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari kejahatan) yang di kerjakannya.

(Qs. Al Baqarah : 286)

Sesungguhnya keadaan-Nya apabila Dia menghendaki sesuatu hanyalah berkata kepadanya: *Kun Fayakun* "Jadilah!" maka terjadilah ia".

(QS Yasin ayat 82)

PERSEMBAHAN

Orang tuaku tercinta Bapak Ismail
dan Ibu Sri Wati

PRAKATA

Segala puji bagi Allah yang telah memberikan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pembuatan Matrik *Bioactive Glass* Sebagai Implan Tulang Dan Gigi Dari Pasir Alam”**. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penelitian ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dr. Sugianto, M.Si., Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang
4. Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si., Koordinator Prodi Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang
5. Dr. Upik Nurbaiti, M.Si., Pembimbing yang telah membimbing dengan penuh kesabaran serta memberikan motivasi, bimbingan, dan dalam penyusunan skripsi ini
6. Dr. Budi Astuti, M.Sc., selaku penguji I yang telah membimbing dan memberikan koreksi dalam penulisan skripsi ini
7. Dr. Agus Yulianto, M.Si., selaku Penguji II yang telah membimbing dan memberikan koreksi dalam penyusunan skripsi ini
8. Teknisi Laboratorium Fisika: Rodhotul Muttaqin, S.Si., Natalia Erna S., S.Pd., dan Wasi Sakti Wiwit Prayitno, S.Pd yang telah membantu jalannya penelitian
9. Bapak, Ibu, kakakku Anjar Winning Widyastuti, dan adikku Tri Isma Rahmayani yang selalu memberikan semangat, dorongan dan motivasi
10. Sitta Khusniati Arrofach dan Marrosyana Ayu Febriana sebagai teman penelitian dan teman seperbimbingan yang selalu memberikan semangat
11. Sahabatku Sekar Rani Salsabila, Anis Mukaromatul Ulya’, dan Septiana Hidayatus Saputri, dan Yulita Nurbaiti yang selalu memberikan semangat

12. Teman- teman, kakak- kakakku di lab magnetik yang selalu memberikan semangat, dukungan dan menjadi teman diskusi selama penelitian
13. Teman-teman Fisika 2016 dan teman-teman KKN Alternatif IA Desa Kandri Kecamatan Gunungpati 2019 atas motivasi dan dukungan selama menjalani perkuliahan, penelitian, dan KKN.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang membantu menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan yang dimiliki penulis. Akhir kata, Penulis berharap semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi untuk melakukan penelitian selanjutnya.

Semarang, Juni 2020

Penulis

Isnaeni Rahmawati

ABSTRAK

Rahmawati, Isnaeni. 2020. *Pembuatan Matriks Bioactive Glass Sebagai Implan Tulang dan Gigi dari Pasir Alam*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr.Upik Nurbaiti, M.Si.

Kata kunci: Pasir silika, amorf, quartz, *bioactive glass*, implan tulang dan gigi.

Pasir merupakan material alam yang banyak dan bisa di dapatkan dipermukaan bumi. Senyawa pembentuk pasir adalah silikon dioksida. Pasir yang banyak mengandung silika disebut pasir silika atau pasir kuarsa. Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO_2 . Bentuk polimorf pada SiO_2 yaitu kuarsa (*quartz*), kristobalit, dan tridmit. Pemanfaatan silika dan kalsium yang dibuat nanokomposit menjadi kandidat bahan bioaktif yang menjanjikan untuk aplikasi perbaikan jaringan tulang. Penelitian ini bertujuan untuk membuat matriks *bioactive glass* sebagai implan tulang dan gigi. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Calcium Nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), Tryehyl Phosphate TEP, dan SiO_2 amorf dengan variasi massa 0,1 gram (BG I), 0,2 gram (BG II), dan 0,4 gram (BG IV), serta SiO_2 quartz 0,1 gram (BGQ I) yang direaksikan dengan etanol 70%. Matriks *bioactive glass* dibuat dengan metode *sol gel*. Matriks *bioactive glass* di karakterisasi menggunakan FTIR, UV-Vis, uji densitas, dan uji daya serap. Hasil FTIR meunjukkan bahwa pada ke empat sampel mengandung ikatan kimia yang dibuktikan dengan ditemukannya gugus fungsi O-H simetri dan asimetri, gugus fungsi PO_4^{3-} , gugus fungsi Si-O *symetric stretching* dan Si-O-Si *symetric stretching*. Gugus O-H simetri dan asimetri yang mengikat air, sehingga menyebabkan matriks *bioactive glass* bersifat higroskopis. Keberadaanya terindikasi pada bilangan gelombang 3414 cm^{-1} , $3429,45 \text{ cm}^{-1}$, $3434,9 \text{ cm}^{-1}$, dan $3435,4 \text{ cm}^{-1}$ untuk sampel BG I, BG II, BG IV, dan BGQ I berturut- turut. Sedangkan adanya gugus PO_4^{3-} yang mengindikasi adanya senyawa fospat di sampel matriks *bioactive glass* pada pita serapan di bilangan gelombang $579,13 \text{ cm}^{-1}$, $587,98 \text{ cm}^{-1}$, $592,08 \text{ cm}^{-1}$, $606,09 \text{ cm}^{-1}$. Pada sampel dengan bilangan gelombang $823,96 \text{ cm}^{-1}$, $824,89 \text{ cm}^{-1}$, $824,9 \text{ cm}^{-1}$, $823,02 \text{ cm}^{-1}$ munculnya gugus fungsi Si-O *symetric stretching* dari atom oksigen. Pada bilangan gelombang $1047,91 \text{ cm}^{-1}$, $1049,52 \text{ cm}^{-1}$, $1048,34 \text{ cm}^{-1}$, $1047,53 \text{ cm}^{-1}$ masing-masing pada sampel *bioactive glass* menunjukkan adanya gugus fungsi Si-O-Si *symetric stretching*. Hasil pengujian UV-Vis, didapatkan hasil dengan nilai absorbansi pada sampel BG I, BG II, BG IV, dan BGQ I berturut-turut yaitu 280nm, 278nm, 276nm dan 275nm. Hasil pengujian di perkuat dengan adanya pengujian daya serap pada sampel matriks *bioactive glass* BG I, BG II, BG IV dan BGQ I dengan hasil nilai absorbansi yaitu 0,791%, 0,708%, 0,625%, dan 0,667%. Nilai absorbansi tertinggi didapatkan pada sampel BG I dimana semakin sedikit massa SiO_2 amorf yang digunakan maka semakin tinggi absorbansinya. Hasil pengujian nilai densitas pada sampel BGQ I, BG I, BG II, dan BG IV secara berturut- turut yaitu $0,563 \text{ gram/cm}^3$, $0,555 \text{ gram/cm}^3$, $0,553 \text{ gram/cm}^3$ dan $0,543 \text{ gram/cm}^3$. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa matriks *bioactive*

glass dapat di buat dari komponen bahan SiO_2 amorf dan quartz dari pasir tanah laut di daerah Sulawesi Selatan dengan variasi massa berbeda yang kemudian di reaksikan dengan etanol.

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PERNYATAAN	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan, batasan, tujuan dan manfaat penelitian	3
1.3 Sistematika Penulisan Skripsi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 PASIR ALAM	5
2.2 SILIKA (SiO ₂)	6
2.3 JENIS DAN STRUKTUR SILIKA	6
2.3.1 SILIKA KRISTAL.....	7
2.3.2 SILIKA AMORF	8
4.1 BIOACTIVE GLASS	8
2.5 MATRIKS.....	10
BAB III METODE PENELITIAN	12
3.1 Alat dan Bahan.....	12
3.1.1 Alat.....	12
3.1.2 Bahan	12
3.2 Langkah Penelitian.....	12
3.2.1 Pembuatan SiO ₂ yang direaksikan dengan Etanol	12
3.2.2 Proses Pembuatan Bioactive glass	13
3.2.3 Karakterisasi	14
3.2.3.1 FTIR (Fourier-transform Infrared Spectroscopy)	14
3.2.3.2 UV-Vis dan Daya Serap.....	15

3.2.3.3	Pengukuran Nilai Densitas.....	15
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1	<i>Hasil Karakterisasi FTIR (Fourier-transform Infrared Spectroscopy).....</i>	<i>17</i>
4.2	<i>Hasil Karakterisasi Spektroskopi UV-Vis.....</i>	<i>19</i>
4.2	<i>Analisis Hasil Uji Densitas Matriks Bioactive Glass</i>	<i>19</i>
4.2	<i>Hasil Uji Daya Serap.....</i>	<i>19</i>
BAB V	PENUTUP.....	23
5.1	Kesimpulan	23
5.2	Saran	23
	DAFTAR PUSTAKA.....	24
	LAMPIRAN 1.....	27
	LAMPIRAN 2.....	29
	LAMPIRAN 3.....	30

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Bentuk Utama Kristal Silika	7
Tabel 3.1 Variasi Massa Pembuatan Matriks <i>Bioactive Glass</i>	13
Tabel 4.1 Interpretasi Spektrum IR	18

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Pasir Alam	5
Gambar 2.2 Pasir Silika	5
Gambar 2.3 Perubahan Polimorf Silika	6
Gambar 2.4 Bentuk Unit Kristal	8
Gambar 3.1 TEOS Buatan	13
Gambar 3.2 Proses Pembuatan Bioactive glass	14
Gambar 4.1 Grafik FTIR Bioactive glass	17
Gambar 4.2 Grafik Spektrum Spektroskopi UV-Vis	20
Gambar 4.3 Nilai Densitas Matriks <i>Bioactive Glass</i>	21
Gambar 4.4 Nilai Daya Serap Matriks <i>Bioactive Glass</i>	22

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah. Potensi tersebut meliputi minyak, gas, dan bahan-bahan mineral. SiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , dan Al_2O_3 termasuk bahan mineral yang mengandung (Alfiyan, 2018). Salah satu mineral yang terdapat di alam yang potensial untuk dikembangkan adalah silika (SiO_2). SiO_2 merupakan salah satu bahan yang melimpah di Indonesia. Keberadaan SiO_2 di alam terdapat pada pasir dan sekam padi (Munasir, 2013). SiO_2 memiliki kekuatan mekanik relatif tinggi, koefisien termal ekspansi rendah, dielektrisitas yang baik dan biokompatibel (William, 2010). SiO_2 berukuran nano memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan kristal ukuran besar diantaranya kemampuan adhesi yang lebih baik pada banyak substrat, ketahanan korosi yang tinggi dan ketahanan terhadap retakan (Yudyanto *et al.*, 2016). Perkembangan teknologi menjadikan aplikasi silika pada bidang industri semakin banyak terutama silika dalam ukuran partikel yang lebih kecil sampai skala nanometer (Hayati, 2015). Pada umumnya silika berbentuk *amorph* terhidrat, namun bila pembakaran berlangsung terus-menerus pada suhu diatas 650°C maka tingkat kristalinitasnya akan cenderung naik dengan terbentuknya fasa *quartz*, *crystalite*, dan *tridymite* (Hara, 1986). SiO_2 adalah salah satu senyawa bioactive glass yang melimpah yang dapat diperoleh dari sekam padi (Martiningsih, 2014), batu (Yudyanto *et al.*, 2016), dan pasir (Hayati, 2015).

Pemanfaatan silika dan kalsium yang dibuat nanokomposit menjadi kandidat bahan bioaktif yang menjanjikan untuk aplikasi perbaikan jaringan tulang (Hong *et al.*, 2009). *Bioactive glass* ini pertama kali digunakan untuk penyatuan tulang yang fraktur dengan cara pembentukan lapisan *hidroksiapatit* (HAp) dan diikuti dengan pembentukan kolagen diatas permukaan hidroksiapatit supaya berikatan dengan jaringan tubuh (Saravanapavan *et al.*, 2003), terlihat pada kasus operasi bedah tulang. Kasus ini terjadi di Indonesia yaitu berkisar 300- 400 perbulan

(Andika, Rio, Ahmad Fadli, 2015). Implan tulang dan gigi dari komposit nanoforsterit (NF) SiO_2 sebagai filler dan *bioactive glass* sebagai matriks (Kamalian *et al.*, 2012). Adanya keterbatasan dalam penyediaan material implan, memicu perkembangan riset dibidang biomaterial. Hingga saat ini studi mengenai biomaterial terus berkembang. Jenis-jenis biomaterial adalah biokeramik, biopolymer, biokomposit dan biologam. Salah satu material biokeramik adalah *hidroksiapatit* (HAp) yang merupakan senyawa mineral dan bagian dari kelompok mineral apatit, dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, zat tersebut memiliki kesamaan komposisi kimia dengan jaringan tulang. (HAp) dapat diperoleh dari sumber alami atau melalui sintesis kimia. Material (HAp) dapat disintesis dengan menggabungkan sumber Ca dan P. (HAp) memiliki sifat biokompatibel dan bioaktif, namun ketersediaan HAp ini masih terbatas di Indonesia (Deswita *et al.*, 2012). Selain (HAp) biomaterial lainnya adalah *bioaktive glass* dengan kombinasi $\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-SiO}_2$. Jenis biomaterial yang sangat dikembangkan saat ini adalah biokomposit. Biokomposit merupakan campuran dari dua atau lebih dari material yang berbeda, baik berasal dari makhluk hidup atau bahan yang dapat diperbaharui, dan mempunyai sifat berbeda dari sebelumnya. Susunan biokomposit umumnya terdiri dari dua unsur. Unsur yang berfungsi sebagai pengisi (*fillers*) yaitu serat (*fiber*) dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matriks. Implan tulang dan gigi dari komposit telah dilakukan (Kamalian *et al.*, 2012) dari nanoforsterit (NF) SiO_2 sebagai filler dan *bioactive glass* sebagai matriks. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Kamalian *et al.*, 2012) bahwa matrik *bioactive glass* di buat dari komponen Tetraethylorthosilicate TEOS $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_4\text{Si}$, Calcium Nitrat $(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ dan Tryehyl Phosphate TEP $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{PO}_4$ sedangkan pada penelitian yang dilakukan menggunakan SiO_2 amorf dan SiO_2 quartz yang direaksikan dengan etanol sebagai pengganti TEOS komersial.

Sehingga pemilihan pasir sebagai sumber SiO_2 dilatarbelakangi bahwa kekayaan pasir di indonesia dapat dimanfaatkan sebagai bahan biomaterial selama material pasir tersebut mengandung senyawa silika, sebagai pembuatan matriks *bioactive glass* untuk implan tulang dan gigi.

1.2 Rumusan, batasan, tujuan dan manfaat penelitian

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, permasalahan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pembuatan matriks *Bioactive Glass*?
2. Bagaimana karakteristik matriks *bioactive glass*?

Sehingga penulis dapat membatasi ruang lingkup uraian yang telah di paparkan pada latar belakang penelitian, dengan SiO_2 yang digunakan yaitu quartz dan amorf. Analisis menggunakan spektrum transmitansi dari hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis. FTIR (*Fourier-transform Infrared Spectroscopy*) digunakan untuk mengetahui senyawa-senyawa kompleks yang berada pada puncak- puncak gelombang kemudian uji densitas dan uji daya serap pada sampel matriks *Bioactive Glass*.

Penelitian ini mempunyai tujuan yaitu untuk menghasilkan sampel matriks *bioactive glass* dari berbagai komposisi dan fasa dari bahan SiO_2 amorf dan SiO_2 quartz yang direaksikan dengan etanol, dan untuk mengetahui nilai densitas pada matriks *Bioactive Glass*.

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk meningkatkan manfaat pasir penghasil SiO_2 sebagai matriks *Bioactive Glass* untuk jaringan tulang dan gigi.

1.3 Sistematika Penulisan Skripsi

Adanya penulisan sistematika skripsi dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi, dan bagian akhir skripsi. Bagian pendahuluan, terdiri dari halaman judul, halaman pengesahan, pernyataan, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, dan daftar lampiran. Bagian isi skripsi, terdiri dari lima bab yang meliputi:

- Bab 1 Pendahuluan, berisi latar belakang, rumusan permasalahan, batasan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika skripsi.
- Bab 2 Landasan teori, berisi teori – teori pendukung penelitian.
- Bab 3 Metodologi penelitian, berisi tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan, langkah kerja, pengujian, dan karakteristik yang dilakukan dalam penelitian.

Bab 4 Hasil penelitian dan pembahasan, dalam bab ini dibahas tentang hasil – hasil penelitian yang telah dilakukan.

Bab 5 Penutup bab ini berisi tentang kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran – saran yang berkaitan dengan hasil penelitian.

Bagian akhir skripsi memuat tentang daftar pustaka yang digunakan sebagai acuan dari penulisan skripsi dan lampiran-lampiran.

|

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PASIR ALAM

Pasir merupakan material alam yang banyak dan bisa kita dapatkan dipermukaan bumi ini. Butiran pasir umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 milimeter (Hamsi, 2011). Senyawa pembentuk pasir adalah silikon dioksida, tetapi di beberapa pantai tropis dan subtropis umumnya dibentuk dari batu kapur (Nazriati *et al.*, 2014).



Gambar 2.1 Pasir Alam (Dokumen Pribadi)

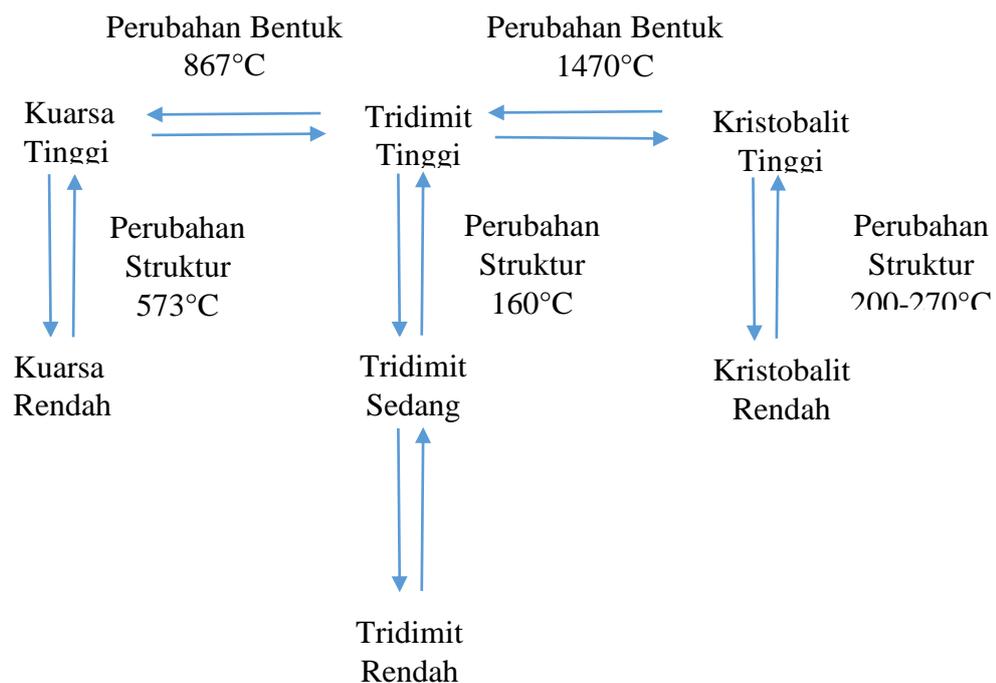
Pasir yang banyak mengandung silika disebut pasir silika atau pasir kuarsa. Pasir silika termasuk bahan alam yang terbentuk secara alami melalui berbagai proses antropogenik (Vassilev *et al.*, 2012). Pasir silika adalah mineral kuarsa dengan kadar SiO_2 tinggi, lebih dari 90% (Rachman Abdul *et al.*, 2012). Fasa-fasa yang dapat terbentuk dari silika dengan senyawa SiO_2 adalah kuarsa, kristobalit, dan tridimit (Pabst *et al.*, 2014).



Gambar 2.2 Pasir Silika (Dokumentasi Pribadi)

2.2 SILIKA (SiO₂)

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO₂ (*Silikon Dioksida*) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati, dan sintesis kristal (Ukhtiyani *et al.*, 2017). SiO₂ terbentuk melalui ikatan kovalen yang kuat, serta memiliki struktur lokal yang jelas: empat atom oksigen terikat pada posisi sudut tetrahedral di sekitar atom pusat yaitu atom silikon (Meriatna *et al.*, 2015). SiO₂ memiliki tiga bentuk polimorf yang paling dominan, yaitu kuarsa (*quartz*), kristobalit dan tridimit (Rachman Abdul *et al.*, 2012). Bentuk umum dari Kristal silika tersebut bila ditinjau berdasarkan kestabilannya terhadap kenaikan suhu tinggi dapat dibagi atas 3 yaitu *quartz*, sampai pada suhu 870°C, *trydimit*, pada suhu 870°C sampai 1470°C, *kristobalit*, pada suhu 1470°C sampai 1730°C (McColm, 1991).



Gambar 2.3 Perubahan Polimorf Silika (Rahayu, 2016)

2.3 JENIS DAN STRUKTUR SILIKA

Silika amorf dapat berubah bentuk menjadi silika kristal dengan adanya perlakuan temperatur fasa pada temperatur rendah dari silika adalah kuarsa, fasa pada temperatur menengah adalah tridimit dan fasa pada temperatur tinggi adalah

kristobalit. Kristobalit dan tridimit mungkin merupakan fasa metastabil pada temperatur ruang sedangkan kuarsa kemungkinan pada temperatur tinggi sebagai fasa metastabil (Dewa, 2019).

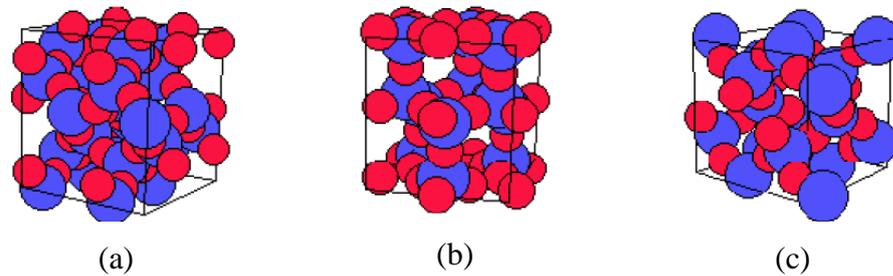
2.3.1 SILIKA KRISTAL

Silika kristal mempunyai struktur kristal, rentang stabilitas, modifikasi dan densitas yang dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Bentuk Utama Kristal Silika (Bishop & Smallman, 1962)

STRUKTUR KRISTAL	RENTANG STABILITAS (°C)	MODIFIKASI	DENSITAS (kg m⁻³)
Kristobalit	1470–1723 (m.p.)	β—(cubic) α—(tetragonal)	2210
Tridimit	870–1470	γ—(?) β—(hexagonal) α — (orthorhombic)	— 2300 2270
Quartz	<870	β —(hexagonal) 2600 α —(trigonal) 2650	2600 2650

Struktur SiO₂ terbentuk melalui kelompok-kelompok SiO₄ yang saling berikatan melalui atom oksigen pada sudut-sudut tetrahedralnya, ikatan ini dapat terbentuk dalam berbagai variasi sudut. Variasi sudut yang terbentuk sangat memungkinkan terbentuknya struktur kristalin yang berbeda-beda pada silika, dan dapat dengan mudah membentuk struktur amorfous. Tiga bentuk struktur kristal dari SiO₂ ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bentuk Unit Kristal (a) Kristobalit, (b) Tridimit, (c) Quartz
(Bishop & Smallman, 2000)

2.3.2 SILIKA AMORF

Zat padat yang tidak mempunyai struktur kristal dikenal dengan zat *amorphous* atau *zat amorf* (a:tidak, morf:bentuk). Partikel-partikel dari zat amorf tersebut tidak mempunyai bentuk tertentu dan permanen. Bentuk amorf yang merupakan yang akan lebih cepat pada saat proses absorpsi berlangsung. Kelarutan yang lebih tinggi dari padatan amorf dikarenakan energi dan mobilitas molekul yang lebih tinggi dibandingkan dengan kristal. Namun, energi tinggi dan mobilitas molekul juga membuat padatan amorf tidak stabil secara fisik. Selama operasi dan atau penyimpanan, bahan bentuk amorf cenderung untuk kembali ke dalam bentuk kristal metastabil (Chairunnisa & Wardhana, 2016).

2.4 BIOACTIVE GLASS

Bioactive glass ($\text{CaO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$) merupakan satu bahan yang bereaksi dengan cairan tubuh yang membentuk ikatan kuat pada tulang dengan lapisan *hydroxy carbonate apatite* (HCA) (Hidayat, 2017). Penyusun *bioactive glass* adalah SiO_2 yang dihasilkan dari TEOS dan CaO dari Calcium Nitrat yang merupakan bahan bioaktif, didefinisikan sebagai bahan yang merangsang pembentukan hidroksiapatit (HAp). Ikatan *Bioglass 45S5* dengan tulang berlangsung dengan cepat dan merangsang pertumbuhan tulang pada permukaan implan. Mekanisme ikatan tulang berhubungan dengan lapisan *hydroxy carbonate apatit* (HCA) pada permukaan kaca. HCA mirip dengan mineral tulang dan berinteraksi dengan fibril kolagen untuk berintegrasi dengan *host*.

Bioactive glass bersifat osteogenik (osteoinduksi) karena produk silika dan kalsium yang larut dapat merangsang sel-sel osteogenik untuk menghasilkan

matriks tulang (Jones, 2013). *Bioactive glass* dapat dibuat dengan menggunakan dua metode pengolahan: metode *traditional melt-quenching* dan metode *sol-gel*. Bioglass 45S5 dan *bioactive glass* komersial lainnya yang dibuat dengan metode *traditional melt-quenching* dimana oksida dilelehkan pada suhu tinggi (di atas 1.300°C) dalam cawan platinum dan dalam cetakan grafit (untuk batang atau monolit) atau di dalam air (*frit*). Metode *sol-gel* dasarnya membentuk dan merakit nanopartikel silika pada suhu kamar. Metode *sol gel* ini adalah metode sintesis berbasis kimia di mana larutan yang mengandung komposisi prekursor mengalami *polymertype* reaksi pada suhu kamar untuk membentuk gel (Wijayanto, 2018).

Gel adalah jaringan basah anorganik silika kovalen yang kemudian dapat dikeringkan dan dipanaskan, misalnya pada suhu 600°C untuk menjadi *glass* (Saravanapavan et al., 2003). Perbedaan fisik dalam metode *traditional melt-quenching* dan *sol-gel glass* adalah *sol-gel* cenderung memiliki nanoporositas daripada metode *traditional meltquenching* gelas yang padat. Nanoporositas dapat meningkatkan respon seluler karena *nanotopography* dan luas permukaan dua kali lipat lebih tinggi daripada komposisi serupa dengan metode *traditional melt-quenching*. Komposisi *sol-gel* biasanya memiliki komponen lebih sedikit dari bioaktif *glass* dengan metode *traditional meltquenching*. Hal ini karena peran utama Na₂O pada metode *traditional melt-quenching bioactive glass* adalah untuk menurunkan titik leleh dan meningkatkan *processability*. Hal ini juga meningkatkan kelarutan kaca yang penting untuk bioaktivitas. Luas permukaan dengan metode *sol-gel* menghasilkan tingkat kelarutan tinggi dan karena tidak ada titik leleh yang terlibat, natrium tidak diperlukan dalam komposisi. Perbedaan fisik dalam metode *traditional melt-quenching* dan *sol-gel glass* adalah *sol-gel* cenderung memiliki nanoporositas daripada metode *traditional meltquenching* gelas yang padat. Nanoporositas dapat meningkatkan respon seluler karena *nanotopography* dan luas permukaan dua kali lipat lebih tinggi daripada komposisi serupa dengan metode *traditional melt-quenching*. Komposisi *sol-gel* biasanya memiliki komponen lebih sedikit dari bioaktif *glass* dengan metode *traditional meltquenching*. Hal ini karena peran utama Na₂O pada metode *traditional melt-quenching bioactive glass* adalah untuk menurunkan titik leleh dan meningkatkan

processability. Hal ini juga meningkatkan kelarutan kaca yang penting untuk bioaktivitas. Luas permukaan dengan metode *sol-gel* menghasilkan tingkat kelarutan tinggi dan karena tidak ada titik leleh yang terlibat, natrium tidak diperlukan dalam komposisi (Jones, 2013). Pada tahun 1986, *bioactive glass* berhasil digunakan sebagai prostesis telinga bagian tengah untuk memperbaiki gangguan pendengaran konduktif dan aplikasi klinis pertama material tersebut. Dalam ekstraksi gigi, bioaktif telah digunakan untuk mempertahankan ketinggian linggir alveolar.

Bioactive glass juga telah digunakan untuk fusi tulang belakang, rekonstruksi krista tulang iliaka, dan untuk mengisi cacat tulang di sejumlah prosedur ortopedi. Awal aplikasi klinis ini mengkonfirmasi bahwa bahan ini sebagai implan yang sangat kompatibel. Aplikasi yang lebih baru dari *bioactive glass* adalah sebagai pelapis untuk implan logam ortopedi, pelapis trabekular, penggantian tulang, ilmu periodontal, ilmu endodontik, *scaffold* untuk teknik jaringan tulang dan pengobatan regeneratif. Berbagai bentuk *bioactive glass* seperti *scaffold* atau konstruksi padat telah digunakan dalam aplikasi klinis seperti pada kedokteran gigi. (Abbasi *et al.*, 2015).

2.5 MATRIKS

Matriks adalah material utama yang akan direkayasa sifatnya dengan menambahkan secara homogen material penguat/pengisi. Hal ini berarti setiap bagian dari matriks akan bercampur sempurna dengan pengisi. Dalam sintesis komposit, matriks yang biasa digunakan adalah bahan polimer. Polimer adalah bahan yang tersusun atas molekul dengan massa molekul yang besar dan terdiri dari pengulangan unit struktur atau monomer dan dihubungkan dengan ikatan kovalen. Sifat dari polimer dapat dibedakan berdasarkan ukurannya. Pada polimer dengan ukuran nano ataupun mikro, sifatnya secara langsung dijelaskan oleh rantainya sendiri, contoh: polimer dengan rantai linier lebih mudah larut atau tidak larut dalam air tergantung pada apakah dia tersusun dari monomer-monomer polar atau non polar (Fauziyah, 2015).

2.6 KRITERIA PENGGANTI TULANG

Kriteria pengganti tulang, implan harus mempunyai sifat antara lain; *non-toxic*, bioaktif, *bioresorbable*, *biocompatible*, *bioinert*, dan osteokonduktif. *Non-toxic* yaitu tidak bersifat racun terhadap tubuh. Bioaktif yaitu terjadinya interaksi antara implan dan tubuh. *Bioresorbable* adalah sifat mampu diserap pada jaringan biologis. *Biocompatible* adalah kemampuan untuk menyesuaikan dengan tubuh. *Bioinert* merupakan biomaterial yang tidak berpengaruh atau tidak terdapat interaksi antara implan dan tubuh. Osteokonduktif yaitu kemampuan untuk merangsang sel-sel osteoblas pada jaringan keras (Anjarsari *et al.*, 2016). Jenis-jenis biomaterial antara lain biokeramik, biopolimer, biokomposit, dan biologam. Jenis biokeramik misalnya hydroxyapatite (HAp) dan Tri-Calcium Phosphate (TCP) diaplikasikan pada tulang sebagai implan. Hydroxyapatite (HAp) bersifat bioaktif yang dapat mendukung pertumbuhan tulang dan osteokonduktif ketika diaplikasikan pada ortopedik seperti gigi atau rahang. (HAp) dapat dijadikan alternatif sebagai material implan tulang, karena adanya ikatan osteoblas yang akan membentuk jaringan tulang yang baru. proses penyembuhan tulang maupun sebagai pemeliharaan tulang. Biokomposit merupakan campuran dari dua atau material yang berbeda, baik berasal dari makhluk hidup atau bahan yang dapat diperbaharui, dan mempunyai sifat berbeda dari sebelumnya. Biokomposit umumnya terdiri dari dua unsur. Unsur yang berfungsi sebagai pengisi (*fillers*) yaitu serat (*fiber*) dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matriks. Biokomposit dapat berupa gabungan diantara dua atau lebih biomateria.(Anjarsari *et al.*, 2016). Sehingga matriks *bioaktif glass* merupakan biokeramik dan jika ditambahkan dengan pengisi (*fillers*) yaitu serat (*fiber*) dapat menjadi biokomposit.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan digital yang digunakan untuk menimbang massa pasir silika amorf dan quartz dimana pasir silika tersebut dihasilkan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Nurbaiti *et al.*, 2016). Gelas beaker 200 ml digunakan sebagai wadah untuk mencampur, mengaduk dan memanaskan larutan. Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume bahan yang akan digunakan. Pipet ukur digunakan untuk menakar bahan yang digunakan dalam skala 1ml. Spatula digunakan untuk mengambil pasir silika. Magnetic stirrer digunakan untuk menghomogenkan suatu larutan dengan pengadukan. Stopwatch digunakan sebagai pewaktu saat proses pengadukan berlangsung. Mortar digunakan untuk menghaluskan sampel yang sudah jadi. FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi. Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengukur transmitansi, reflektansi dan absorpsi dari cuplikan sebagai fungsi dari panjang gelombang serta untuk pengukuran di daerah ultraviolet dan di daerah tampak.

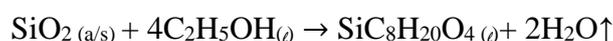
3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain serbuk SiO₂ amorf dan SiO₂ quartz yang merupakan silika dari pasir alam yaitu pasir tanah laut di daerah Sulawesi Selatan. (C₂H₅)₃PO₄ atau TEP (Triethyl Phosphate) yang merupakan bahan komersial produk Merck. Ca(NO₃)₂.4H₂O) atau Calcium Nitrat Tetrahidrat. HNO₃ (asam nitrat), dan C₂H₅OH atau Etanol dengan kadar 70%.

3.2 Langkah Penelitian

3.2.1 Pembuatan SiO₂ yang direaksikan dengan Etanol

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode sol gel. Sehingga etanol dan SiO₂ dapat di buat melalui persamaan kimia sebagai berikut:



Hal ini dikarenakan SiO_2 yang direaksikan dengan etanol bervariasi masa dan fasa, diantaranya Amorf (a) dan Quartz (s). Pada proses pembuatan, menyiapkan SiO_2 amorf dan SiO_2 quartz kemudian menimbanganya. Mengukur etanol kemudian memasukkan ke dalam gelas beker. Mencampurkan bahan SiO_2 dan etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) dengan perbandingan komposisi yang di tuliskan pada Tabel 3.1. Kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 450 rpm selama 1 jam.

Tabel 3.1 Variasi Massa Pembuatan Matriks *Bioactive Glass*

SiO_2 (gram)	HNO_3 0.1 M (ml)	TEP (ml)	$(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ (gram)
Amorf 0.1 (BGI)	56,74	1,37	14,56
Amorf 0.2 (BGII)	56,74	1,37	14,56
Amorf 0.4 (BGIV)	56,74	1,37	14,56
Quartz 0.1 (BGQI)	56,74	1,37	14,56

Sehingga hasil dari reaksi SiO_2 dan etanol yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 SiO_2 direaksikan dengan Etanol (Dokumen Pribadi)

3.2.2 Proses Pembuatan *Bioactive glass*

Setelah reaksi SiO_2 dan etanol dihasilkan, selanjutnya dilakukan penambahan HNO_3 0.1 M dan diaduk kembali selama 45 menit menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 450 rpm. Setelah 45 menit kemudian di tambahkan $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{PO}_4$ atau TEP (Triethyl Phosphate) dan di aduk kembali selama

45 menit menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 450 rpm. Selanjutnya ditambahkan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ atau Calcium Nitrat Tetrahydrat dan diaduk selama 1 jam menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 450 rpm. Larutan tersebut dipanaskan pada suhu 110°C hingga menjadi gel. Setelah menjadi gel larutan tersebut dipanaskan kembali pada suhu 250°C selama 3 jam hingga sampel benar-benar kering. Penyimpanan sampel supaya tahan lama sampel di simpan dalam tempat yang kedap udara. Proses Pembuatan matriks *bioactive glass* dapat dilihat pada dokumentasi pada Gambar 3.2. sampel matrik *bioactive glass* di berikan keterangan bahwa sampe BG I adalah untuk sampel matriks *bioactive glass* dengan variasi 0.1 gram SiO_2 amorf, BG II adalah untuk sampel matriks *bioactive glass* dengan variasi 0.2 gram SiO_2 amorf, dan BG IV adalah untuk sampel matriks *bioactive glass* dengan variasi 0.4 gram SiO_2 amorf. Sampel dan BGQ I adalah untuk sampel matriks *bioactive glass* dengan variasi 0.1 gram SiO_2 quartz.



Gambar 3. 2 Proses Pembuatan Matriks *Bioactive Glass* (Dokumentasi Pribadi)

3.2.3 Karakterisasi

3.2.3.1 FTIR (Fourier-transform Infrared Spectroscopy)

Fourier-transform Infrared Spectroscopy atau spektroskopi inframerah digunakan untuk mengenali gugus fungsi suatu senyawa. Pola absorbansi yang diserap oleh tiap-tiap senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa-senyawa dapat dibedakan dan dikuantifikasikan (Sjahfirdi *et al.*, 2015). Pada penelitian ini

menggunakan Perkin Elmer Frontier FTIR Spectrum. Pengukuran dilakukan dari bilangan gelombang dari 250cm^{-1} sampai dengan 4000 cm^{-1} .

3.2.3.2 UV-Vis dan Daya Serap

Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dari panjang gelombang 200-1200 Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energy relatif jika energy tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi panjang gelombang. Cahaya yang diserap diukur sebagai absorbansi (A) sedangkan cahaya yang hamburkan diukur sebagai transmitansi (T), Spektroskopi merupakan suatu teknik pengukuran serapan cahaya dengan mengaplikasikan hukum Lambert-Beer yang berbunyi : “Jumlah radiasi cahaya tampak (ultraviolet, inframerah dan sebagainya) yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan”.

Hukum ini menyatakan bahwa absorbansi cahaya (A) dimana I_0 merupakan intensitas cahaya datang dan I_d adalah intensitas cahaya setelah melewati sampel. Hubungan antara antara absorbansi, intensitas cahaya datang dan melewati bahan dinyatakan dalam persamaan:

$$T = \frac{I_d}{I_0} \quad \text{atau} \quad \%T = \frac{I_d}{I_0} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$A = -\log \frac{I_d}{I_0} = -\log(T) \quad (3.2)$$

Sehingga Rumus yang diturunkan dari Hukum Beer dapat ditulis sebagai berikut:

$$A = a \cdot b \cdot c \quad \text{atau} \quad A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad (3.3)$$

dengan :

A: absorbansi

b : tebal larutan (cm)

c : konsentrasi larutan yang diukur (M)

ε : koefisien ekstingsi molar ($\text{cm}^{-1}\text{M}^{-1}$)

3.2.3.3 Pengukuran Nilai Densitas

Densitas (ρ) atau massa jenis merupakan sifat fisis yang menggambarkan kerapatan ikatan material-material penyusun suatu bahan. Tingkat densitas suatu

bahan dipengaruhi oleh jenis dan jumlah mineral serta persentasenya, porositas dan fluida pengisi rongga. Densitas suatu bahan meliputi densitas asli (*natural density*) yaitu densitas bahan dalam keadaan aslinya, densitas kering (*dry density*) yaitu densitas bahan dalam keadaan susut setelah dipanaskan, dan densitas jenuh (*saturated density*) yaitu densitas batuan dalam keadaan jenuh setelah bahan tersebut dijenuhkan dalam suatu fluida. Nilai densitas suatu material dapat diukur dengan beberapa alat. Salah satu alat untuk mengukur densitas yaitu Piknometer. Piknometer adalah suatu alat yang terbuat dari kaca, bentuknya menyerupai botol parfum atau sejenisnya. Terdapat beberapa macam ukuran dari piknometer, tetapi biasanya volume piknometer yang banyak digunakan adalah 10 ml dan 25 ml, dimana nilai volume ini valid pada temperature yang tertera pada. Piknometer terdiri dari 3 bagian, yaitu:

1. Tutup piknometer, untuk mempertahankan suhu di dalam piknometer
2. Lubang
3. Gelas atau tabung ukur, untuk mengukur volume

Secara matematis, densitas suatu bahan di definisikan dengan persamaan :

$$\rho = m/v \quad (3.4)$$

dengan : ρ : massa jenis (gram/cm³)

m : massa bahan (gram)

v : volume bahan (cm³)

Untuk mencari besar densitas (ρ) yang dimiliki oleh masing- masing material serbuk yaitu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_{\text{serbuk}} = \rho_{\text{air}} \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1) + (m_4 - m_3)} \quad (3.5)$$

dengan : m_1 : massa piknometer (gram)

m_2 : massa piknometer + air (gram)

m_3 : massa piknometer + pasir (gram)

m_4 : massa piknometer + pasir + air (gram)

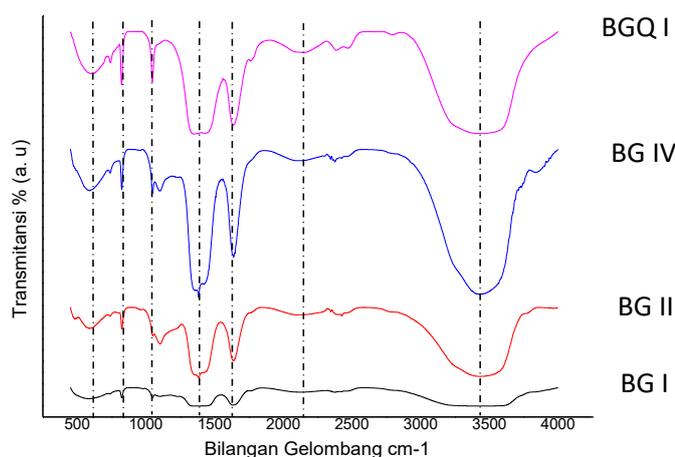
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi bahan *bioactive glass* dengan menggunakan uji FTIR, dan UV-Vis kemudian uji densitas dan uji daya serap. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Kamalian et al., 2012) bahwa *bioactive glass* tersusun dari SiO_2 , $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{PO}_4$ atau TEP (Triethyl Phosphate), HNO_3 (Asam Nitrat), dan $(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ atau Calcium Nitrat Tetrahidrat. Komponen utama yang digunakan yaitu $(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_4\text{Si}$ atau TEOS (Tetraethylorthosilicate) sebagai sumber silika. Sedangkan dalam penelitian ini digunakan SiO_2 amorf dan SiO_2 quartz yang dimurnikan dari pasir alam sebagai bahan utama pembuat matriks *bioactive glass*.

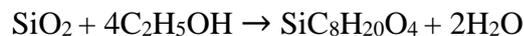
4.1 Hasil Karakterisasi FTIR (Fourier-transform Infrared Spectroscopy)

Pengujian sampel penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang. Analisis hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.1 hasil spektra FTIR dengan melihat bentuk spektrumnya, dilihat bahwa puncak-puncak gelombang spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut.



Gambar 4.1 Grafik Spektra FTIR dari Bahan *Bioaktve Glass* dengan Variasi BG I, BG II, BG IV, dan BGQ I

Dari Gambar 4.1 dapat dijelaskan bahwa sampel matriks *bioactive glass* BGQ I, BG I, BG II dan BG IV yang sesuai dengan reaksi sebagai berikut:



Matriks *Bioactive Glass* memiliki gugus fungsi sesuai yang dapat di jelaskan pada Tabel 4.1. Interpretasi spektrum IR sebagai berikut:

Tabel 4.1 Interpretasi Spektrum IR

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Hasil Analisis (cm ⁻¹)				Referensi
		BG I (amorf)	BG II (amorf)	BG IV (amorf)	BGQ I (quartz)	
609	PO ₄ ³⁻	579,13	587,98	592,08	606,99	(Kamalian <i>et al.</i> , 2012)
800	Si-O symetric stretching	823,96	824,89	834,9	823,02	(Kamalian <i>et al.</i> , 2012)
1070	Si-O-Si symetric stretching	1047,91	1049,52	1048,34	1047,53	(Kamalian <i>et al.</i> , 2012)
3400	O-H	3414	3429,45	3434,9	3435,4	(Kamalian <i>et al.</i> , 2012)

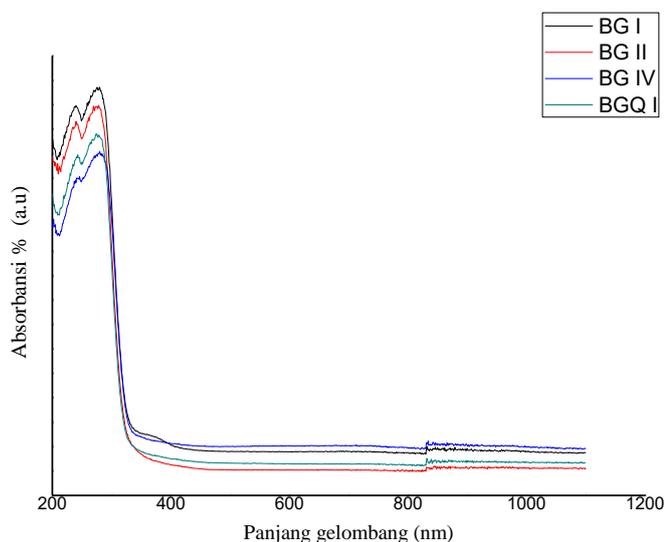
Bioactive Glass memiliki gugus fungsi O-H pada sampel BG I, BG II, BG IV, dan BGQ I. Matriks *bioactive glass* tersebut mempunyai gugus fungsi O-H simetri dan asimetri yang mengikat air, sehingga matriks *bioactive glass* tersebut mempunyai sifat higroskopis. Dari penelitian yang dilakukan dihasilkan bilangan gelombang pada sampel BG I, BG II, BG IV dan BGQ I tersebut dapat ditunjukkan pada bilangan gelombang 3414 cm⁻¹, 3429,45 cm⁻¹, 3434,9 cm⁻¹, dan 3435,4 cm⁻¹. Sedangkan adanya gugus PO₄³⁻ yang mengindikasikan adanya senyawa fosfat di sampel matriks *bioactive glass* BG I, BG II, BG IV, dan BGQ I pada pita serapan di bilangan gelombang 579,13 cm⁻¹, 587,98 cm⁻¹, 592,08 cm⁻¹, 606,09 cm⁻¹. Munculnya gugus tersebut karena adanya penambahan TEP saat proses pembuatan *bioactive glass*. Pada sampel BG I, BG II, BG IV dan BGQ I dengan bilangan gelombang 823,96 cm⁻¹, 824,89 cm⁻¹, 824,9 cm⁻¹, 823,02 cm⁻¹ munculnya gugus

fungsi Si-O *symetric stretching* dari atom oksigen. Pada bilangan gelombang 1047,91 cm^{-1} , 1049,52 cm^{-1} , 1048,34 cm^{-1} , 1047,53 cm^{-1} masing-masing pada sampel *bioactive glass* BG I, BG II, BG IV, dan BGQ I menunjukkan adanya gugus fungsi Si-O-Si *symetric stretching*.

Berdasarkan Gambar 4.1 transmitansi matriks sampel BG IV sangat rendah di dibandingkan dengan transmitansi matriks sampel BG I ini menunjukkan bahwa semakin banyak massa silika amorf yang digunakan maka semakin rendah transmitansi yang di dapatkan dan semakin tinggi pula absorbansi yang di hasilkan. Pada matriks sampel BGQ I dan BG I sama- sama menggunakan variasi massa yang sama tetapi beda fasa tansmitansi BGQ I lebih rendah di dibandingkan dengan matriks sampel pada BG I yang artinya fasa juga dapat mempengaruhi tinggi rendahnya transmitansi pada matriks *bioactive glass*.

4.2 Hasil Karakterisasi Spektroskopi UV-Vis

Pengukuran dengan spektroskopi UV-Vis dilakukan agar dapat mengetahui absorbansi maksimum serta panjang gelombang maksimum dari Penambahan SiO₂ yang berstruktur amorf dan quartz pada reaksi TEOS dengan variasi massa yang berbeda.

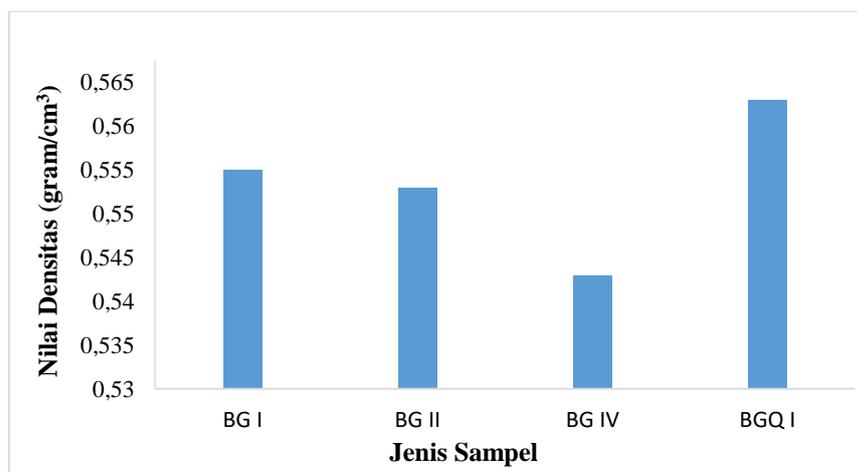


Gambar 4.2 Grafik Spetkrum Spektroskopi UV-Vis pada Matriks *Bioactive Glass* di panjang gelombang 200-1200 cm^{-1}

Pada grafik spektrum UV-Vis pada panjang gelombang 200-360 cm^{-1} terdapat puncak-puncak gelombang, sedangkan di panjang gelombang 360-1200 cm^{-1} puncak-puncak tertinggi gelombang tidak muncul. Dari grafik spektrum tersebut dapat di jelaskan bahwa penyerapan cahaya pada panjang gelombang 275-280 cm^{-1} . Pada sampel BG I, BG II, BG IV dan BGQ I secara berturut-turut dengan panjang gelombang yaitu 280nm, 278nm, 276nm dan 275nm. Sampel matriks BG I merupakan matriks *bioactive glass* dengan absorbansi tertinggi di dibandingkan dengan sampel matriks BG II dan BG IV dimana sampel matriks BG I menggunakan komposisi massa SiO_2 amorf yang sedikit yaitu 0.1 gram. Sedangkan pada sampel matriks BGQ I dan BG I sama- sama menggunakan massa SiO_2 tetapi beda fasa, yaitu pada BG I menggunakan fasa SiO_2 amorf dan BGQ I menggunakan SiO_2 quartz. Absorbansi tertinggi terjadi pada BG I yang merupakan matriks *bioactive glass* menggunakan SiO_2 amorf.. Nilai absorban dari ke-empat sampel tersebut yang telah diberi sinar UV mengalami penurunan akibat terjadinya fotodegradasi (Zairawati & Dahlan, 2018).

4.3 Analisis Hasil Uji Densitas Matriks Bioactive Glass

Pengambilan data sifat fisis (densitas) (Shavira *et al.*, n.d.) dilakukan dengan menggunakan gelas ukur 5 ml kosong kemudian gelas ukur yang berisi air, selanjutnya gelas ukur berisi air dan sampel didalamnya. Pengukuran densitas dilakukan dengan melakukan empat kali pengulangan pada masing-masing sampel. Hasil pengujian densitas matriks Bioactive Glass dapat di lihat pada gambar 4.3.

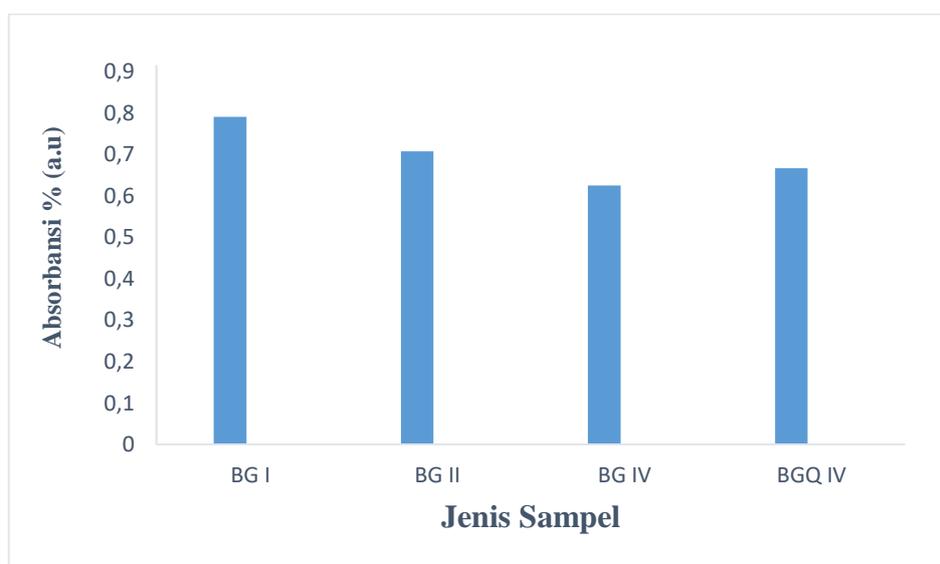


Gambar 4.3. Grafik Nilai Densitas Matriks *Bioactive Glass*

Pada Gambar 4.3 yang merupakan grafik dari nilai densitas matriks *bioactive glass* dengan variasi sampel BG I, BG II, dan BG IV dan BGQ I. Dari masing masing sampel matriks *bioactive glass* dengan nilai densitas yaitu 0,563 gram/cm³, 0,553 gram/cm³ dan 0,543gram/cm³ dan 0,555 gram/cm³. Densitas sampel yang paling tinggi dihasilkan oleh sampel BGQ I yaitu sampel dengan massa SiO₂ 0,1 gram quartz. Densitas terendah terdapat pada sampel BG IV dimana mengandung SiO₂ 0,4 gram amorf. Sampel BGQ I dan BG I merupakan sampel matriks *bioactive glass* dengan menggunakan komposisi SiO₂ yang sama yaitu 0,1 gram tetapi beda fasa antara amorf dan quartz. Densitas tertinggi dihasilkan oleh sampel BGQ I. Sehingga dapat dapat dinyatakan bahwa fasa quartz dapat mempengaruhi tingginya densitas pada sampel. Pada sampel BG I, BG II, dan BG IV merupakan matriks *bioactive glass* dengan fasa yang sama yaitu amorf dan variasi massa yang berbeda maka semakin banyak massa SiO₂ yang digunakan maka semakin rendah densitas yang didapatkan.

4.4 Hasil Uji Daya Serap

Hasil pengujian daya serap atau absorbansi pada matriks *bioactive glass* dengan aplikasi android luxmeter dan laser sebagai sumber cahaya pada saat pengujian. Sehingga di dapatkan hasil pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Nilai Daya Serap pada Matriks *Bioactive Glass*

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat grafik hasil pengujian daya serap pada sampel matriks *bioactive glass*. Nilai daya serap pada masing- masing sampel BG I, BGII, BG IV dan BGQ I, yaitu 0,791%, 0,708%, 0,625%, dan 0,667%,. Nilai daya serap paling tinggi terdapat pada sampel BG I yang merupakan sampel matriks *bioactive glass* dengan komposisi SiO₂ 0,1 gram. Sampel matriks BG I dan BGQ I merupakan matriks dengan komposisi SiO₂ yang sama tetapi beda fasa yaitu fasa amorf dan fasa quartz. Sehingga dapat di simpulkan bahwa tinggi rendahnya absorbansi dapat di pengaruhi oleh fasa SiO₂. Pada BG I, BG II, dan BG IV merupakan sampel matriks *bioactive glass* dengan fasa sama yaitu amorf tetapi variasi massa yang berbeda. Sampel BG IV mengalami absorbansi terendah, sehingga dapat disimpulkan, semakin banyak massa SiO₂ yang digunakan dalam pembuatan matriks *bioactive glass* maka semakin rendah absorbansinya. Dari penelitian ini, hasil pengujian sesuai dengan pengujian sebelumnya yaitu dengan pengujian menggunakan UV-Vis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Matriks *bioactive glass* dapat dibuat dari SiO₂ amorf dan SiO₂ quartz yang direaksikan dengan etanol sebagai pengganti TEOS komersial. Dimana SiO₂ amorf dan SiO₂ quartz yang merupakan silika dari pasir alam yaitu pasir tanah laut di daerah Sulawesi Selatan.
2. Nilai densitas tertinggi terdapat pada sampel matriks BGQ I dengan nilai 0.555 gram/cm⁻¹ yang merupakan matriks *bioactive glass* dengan fasa quartz dan nilai densitas terendah terdapat pada sampel matriks BG IV dengan nilai 0.540 gram/cm⁻¹ yang merupakan matriks *bioactive glass* dengan fasa amorf.

5.2 Saran

1. Perlunya penelitian selanjutnya untuk pengaplikasian matriks *bioactive glass* sebagai implan tulang dan gigi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, Z., Bahrolloom, M. E., Shariat, M. H., & Bagheri, R. (2015). Bioactive Glasses in Dentistry : A Review. *Journal of Glasses in Dentistry: A Review*, 2(1), 1–9.
- Abdul Rachman et al. (2012). *Karakterisasi Pasir Silika Cibadak Sukabumi Sebagai Bahan Baku Pembuatan Ramming Mix Silica*.
- Alfiyan Umurrudin, Utari Khatulistiani, S. P. (2018). Pasir Kuarsa Tuban Sebagai Bahan Substitusi Semen Dan Batu Pecah Substitusi Pasir Untuk Campuran Paving. *Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 6(23), 47–54. <https://doi.org/10.15797/concom.2019..23.009>
- Andika, Rio, Ahmad Fadli, I. H. (2015). *Pengaruh Waktu Ageing dan Kecepatan Pengadukan pada Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Telur dengan Metode Presipitasi*. 400.
- Anjarsari, Dahlan, K., Suptijah, P., & Kemala, T. (2016). Sintesis dan Karakterisasi Biokomposit BCP/Kolagen Sebagai Material Perancah Tulang. *Jphpi*, 19(3), 356–361. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.3.356>
- Bishop, R. J., & Smallman, R. E. (1962). *Modern Physic Metallurgy & Materials Engineering*.
- Chairunnisa, P. S., & Wardhana, Y. W. (2016). Karakterisasi Kristal Bahan Padat Aktif Farmasi : Review. *Suplemen*, 14, 17–32.
- Deswita, D., GS, S., Wulanawati, A., & Romawati, A. (2012). Sintesis Hidroksiapatit Berpori dengan Porogen Kitosan dan Karakterisasinya. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 34(1), 219. <https://doi.org/10.24817/jkk.v34i1.1856>
- Dewa, E. (2019). *Analisis Rietveld Data Difraksi Silikon Dioksida (SiO₂) Pasir Kalbano Hasil Sintetis dengan Metode Ekstraksi*. March.
- Fauziyah, N. A. (2015). *Karakterisasi Komposit PEG 400/SiO₂ (SiO₂=Kuarsa, Amorf, Kristobalit) dengan Dynamic Mechanical Analyser (DMA)*. 2.
- Hamsi, A. (2011). Kelembaban Pasir Terhadap Performansi Belt. *Jurnal Dinamis*, 2(8), 14–20.
- Hayati, Rahma, A. (2015). Sintesis Nanopartikel Silika Dari Pasir Pantai Purus Padang Sumatera Barat Dengan Metode Kopesipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 4(3), 282–287.
- Hidayat, W. (2017). *Analisis Pembentukan Hyroxcarbonate Apatit pada Bubuk*

Glas Ionomer Tipe II dengan Penambahan Bioactive Glass Nano Silica Ampas Tebu yang Direndam Cairan Tubuh buatan.

- Hong, Z., Liu, A., Chen, L., Chen, X., & Jing, X. (2009). Preparation of Bioactive Glass Ceramic Nanoparticles by Combination of Sol-Gel and Coprecipitation Method. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 355(6), 368–372. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2008.12.003>
- Jones, J. R. (2013). Review of Bioactive Glass: From Hench to Hybrids. *Acta Biomaterialia*, 9(1), 4457–4486. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2012.08.023>
- Kamalian, R., Yazdanpanah, A., Moztarzadeh, F., Ravarian, R., Moztarzadeh, Z., Tahmasbi, M., & Mozafari, M. (2012). Synthesis and characterization of bioactive glass/forsterite nanocomposites for bone and dental implants. *Ceramics - Silikaty*, 56(4), 331–340.
- Martiningsih, W. dan. (2014). *Karakterisasi Differential Scanning Calorimetry Hasil Sintesis Biomaterial Kalsium Silikoposfat*. 8(1995), 101–108.
- McColm, I. J. (1991). Ceramic Hardness. In *Journal of Testing and Evaluation* (Vol. 19, Issue 6). <https://doi.org/10.1520/jte12614j>
- Meriatna, Maulinda, L., Khalil, M., & Zulmiardi. (2015). Pengaruh Temperatur Pengeringan dan Konsentrasi Asam Sitrat Pada Pembuatan Silika Gel Dari Sekam Padi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(1), 78–88. <https://doi.org/10.1002/anie.201308264>
- Munasir, Surahmat, T. (2013). Pengaruh Molaritas NaOH pada Sintesis Nanosilika Berbasis Pasir Bancar Tuban. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 3 no 2(February 2017).
- Nazriati, N., Setyawan, H., Affandi, S., Yuwana, M., & Winardi, S. (2014). Using Bagasse Ash as a Silica Source When Preparing Silica Aerogels Via Ambient Pressure Drying. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 400, 6–11. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2014.04.027>
- Nurbaiti, U., Triwikantoro, T., Zainuri, M., & Pratapa, S. (2016). Synthesis of Microforsterite Using Derived-Amorphous-Silica of Silica Sands. *AIP Conference Proceedings*, 1725(April 2016). <https://doi.org/10.1063/1.4945510>
- Pabst, W., Gregorová, E., & Kutzendörfer, J. (2014). Elastic Anomalies in Tridymite- and Cristobalite-Based Silica Materials. *Ceramics International*, 40(3), 4207–4211. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.08.079>
- Rahayu, F. (2016). *Pengaruh Jenis Fasa SiO₂ (Amorphous, Quartz, Cristobalite) Terhadap Sifat Hydrophobic pada Media Kaca*. 2.

- Saravanapavan, P., Jones, J. R., Pryce, R. S., & Hench, L. L. (2003). *Bioactivity of Gel-Glass Powders in the CaO-SiO₂ System: A Comparison with Ternary (CaO-P₂O₅-SiO₂) and Quaternary Glasses (SiO₂-CaO-P₂O₅-Na₂O)*. 17–19.
- Shavira, R. A., Sari, Y. P., & Parentas, W. J. (n.d.). *Pengujian Densitas dan Porositas*. 1–6.
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., & Maheshwari, H. (2015). Aplikasi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Pengamatan Pembengkakan Genetial Pada Spesies Primata, Lutung Jawa (*Trachypithecus aurutus*) untuk Mendeteksi Masa Subur. *Jurnal Kedokteran Hewan*, 9(2).
- Ukhtiyani, I., Darwis, D., & Iqbal, I. (2017). Purifikasi dan Karakterisasi Silika (SiO₂) Berbasis Pasir Kuarsa dari Desa Pasir Putih Kecamatan Pamona Selatan Kabupaten Poso. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 6(3), 270–275. <https://doi.org/10.22487/25411969.2017.v6.i3.9201>
- Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., Vassileva, C. G., & Morgan, T. J. (2012). An Overview of The Organic and Inorganic Phase Composition of Biomass. *Fuel*, 94, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.09.030>
- Wijayanto, D. D. (2018). Analisis Pembentukan Odontoblast-Like Cell pada Pulpa Setelah Pemberian Bioactive Glass Nano Silica dari Ampas Tebu. *Skripsi*, 1–119.
- William D. Callister, J. (2010). *Fundamental of Materials Science and Engineering*.
- Yudyanto, Y., Sugara, Y. D., & Hartatiek, H. (2016). Pengaruh Nanosilika terhadap Kekerasan dan Porositas Nanokomposit HA-SiO₂ Berbasis Batuan Onyx Bojonegoro. *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*, 1(1), 13–18. <https://doi.org/10.17977/um024v1i12016p013>
- Zairawati, O., & Dahlan, D. (2018). *Pengaruh Konsentrasi SiO₂ dalam Komposit TiO₂-SiO₂ sebagai Lapisan Swabersih pada Katun Tekstil*. 7(3), 240–245.

LAMPIRAN 1
Perhitungan Uji Densitas Sampel Matriks *Bioactive Glass*

1. BGQ I

$$m_1 = 34.35 \text{ gram}$$

$$m_2 = 39.12 \text{ gram}$$

$$m_3 = 38.01 \text{ gram}$$

$$m_4 = 39.83 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{serbuk}} &= \rho_{\text{air}} \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1) + (m_4 - m_3)} \\ &= 1 \times \frac{(38.01 - 34.35)}{(39.12 - 34.35) + (39.83 - 38.01)} \\ &= 1 \times \frac{3.66}{4.77 + 1.82} \\ &= \frac{3.66}{6.49} \\ &= 0.563 \text{ gram/cm}^{-1} \end{aligned}$$

2. BG I

$$m_1 = 34.35 \text{ gram}$$

$$m_2 = 39.12 \text{ gram}$$

$$m_3 = 38.00 \text{ gram}$$

$$m_4 = 39.80 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{serbuk}} &= \rho_{\text{air}} \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1) + (m_4 - m_3)} \\ &= 1 \times \frac{(38.00 - 34.35)}{(39.12 - 34.35) + (39.80 - 38.00)} \\ &= 1 \times \frac{3.65}{4.77 + 1.8} \\ &= \frac{3.65}{6.57} \\ &= 0.555 \text{ gram/cm}^{-1} \end{aligned}$$

3. BG II

$$m_1 = 34.35 \text{ gram}$$

$$m_2 = 39.12 \text{ gram}$$

$$m_3 = 37.99 \text{ gram}$$

$$m_4 = 39.74 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{serbuk}} &= \rho_{\text{air}} \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1) + (m_4 - m_3)} \\ &= 1 \times \frac{(37.97 - 34.35)}{(39.12 - 34.35) + (39.74 - 37.97)} \\ &= 1 \times \frac{3.62}{4.77 + 1.77} \\ &= \frac{3.62}{6.54} \\ &= 0.553 \text{ gram/cm}^{-1} \end{aligned}$$

4. BG IV

$$m_1 = 34.35 \text{ gram}$$

$$m_2 = 39.12 \text{ gram}$$

$$m_3 = 37.94 \text{ gram}$$

$$m_4 = 39.66 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{serbuk}} &= \rho_{\text{air}} \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1) + (m_4 - m_3)} \\ &= 1 \times \frac{(37.94 - 34.35)}{(39.12 - 34.35) + (39.66 - 37.94)} \\ &= 1 \times \frac{3.59}{4.77 + 1.72} \\ &= \frac{3.59}{6.49} \\ &= 0.543 \text{ gram/cm}^{-1} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 2

Perhitungan Daya Serap pada Matriks *Bioactive Glass*

1. BGQ I

$$I_0 = 24 \text{ Lux}$$

$$I_d = 16 \text{ Lux}$$

$$A = \frac{I_d}{I_0} \%$$

$$A = \frac{16}{24} \%$$

$$A = 0,667 \%$$

2. BG IV

$$I_0 = 24 \text{ Lux}$$

$$I_d = 15 \text{ Lux}$$

$$A = \frac{I_d}{I_0} \%$$

$$A = \frac{15}{24} \%$$

$$A = 0,625 \%$$

3. BG I

$$I_0 = 24 \text{ Lux}$$

$$I_d = 19 \text{ Lux}$$

$$A = \frac{I_d}{I_0} \%$$

$$A = \frac{19}{24} \%$$

$$A = 0,791 \%$$

4. BG II

$$I_0 = 24 \text{ Lux}$$

$$I_d = 17 \text{ Lux}$$

$$A = \frac{I_d}{I_0} \%$$

$$A = \frac{17}{24} \%$$

$$A = 0,708 \%$$

LAMPIRAN 3
Dokumentasi penelitian

	<p>SiO₂ amorf dari pasir alam</p>
	<p>SiO₂ quartz dari pasir alam</p>
	<p>Alkohol 70%</p>

	<p>($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) atau Calsium Nitrat Tetrahydrat)</p>
	<p>($\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{PO}_4$ atau TEP (Triethyl Phosphate)</p>
	<p>Asam Nitrat atau HNO_3 0.1 M yang telah diencerkan</p>
	<p>Pengukuran massa SiO_2 quartz 0.1 gram</p>

	<p>Pengukuran massa SiO₂ amorf 0.1 gram</p>
	<p>Pengukuran massa SiO₂ amorf 0.2 gram</p>
	<p>Pengukuran massa SiO₂ amorf 0.4 gram</p>
	<p>Proses pembuatan TEOS</p>

	<p>Proses pembuatan Bioactive glass</p>
	<p>Sampel matriks bioactive glass yang sudah jadi dan siap di karakterisasi</p>
	<p>Matriks bioactive glass di tempatkan pada suhu ruangan</p>