

**ANALISIS PEMBENTUKAN *HYDROXYCARBONATE APATITE* PADA
BIOACTIVE GLASS BERBASIS SILIKA DARI AMPAS TEBU
DENGAN PEMANASAN 1500°C DAN PENAMBAHAN
POLISAKARIDA RUMPUT LAUT COKLAT**

SKRIPSI

Oleh:

Arifah Khoirianti

NIM 151610101024

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**ANALISIS PEMBENTUKAN *HYDROXYCARBONATE APATITE* PADA
BIOACTIVE GLASS BERBASIS SILIKA DARI AMPAS TEBU
DENGAN PEMANASAN 1500°C DAN PENAMBAHAN
POLISAKARIDA RUMPUT LAUT COKLAT**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Kedokteran Gigi (S-1) dan
mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi

Oleh:

Arifah Khoirianti

NIM 151610101024

FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

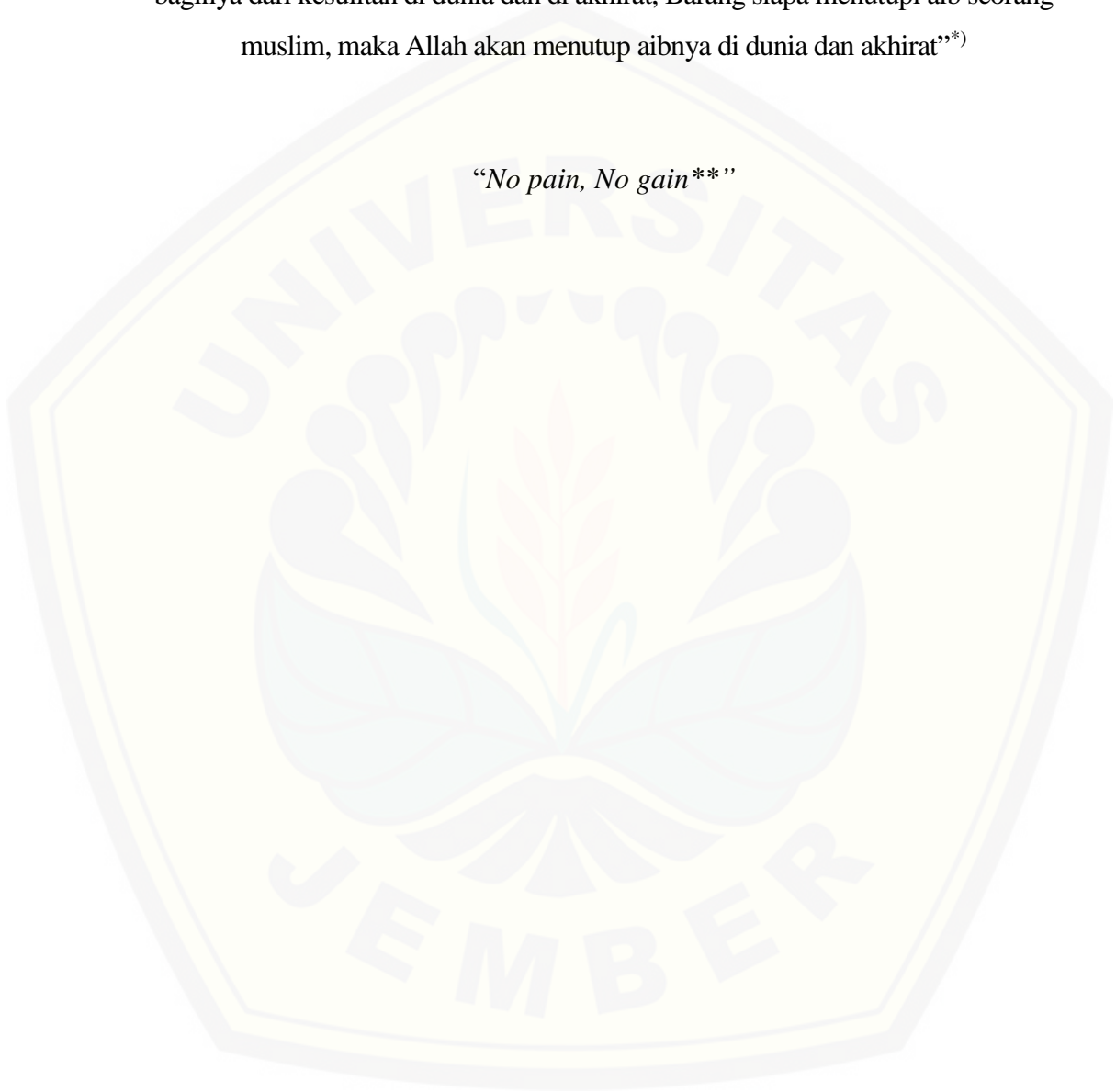
Dengan setulus hati skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, berkah, dan kemudahan yang tak henti diberikan
2. Nabi Muhammad SAW teladan dunia dan akhirat bagi seluruh umat manusia.
3. Ibu saya Titien Agustini dan adik saya Asád Khoirianto yang selalu mengalunkan doa tanpa henti, memberikan kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas tanpa henti.
4. Dosen Pembimbing dan dosen penguji yang telah banyak memberikan ilmunya.

MOTTO

“Barang siapa memudahkan (urusan) orang yang kesulitan, maka Allah memudahkan baginya dari kesulitan di dunia dan di akhirat, Barang siapa menutupi aib seorang muslim, maka Allah akan menutup aibnya di dunia dan akhirat”*)

*“No pain, No gain**”*



*) HR. Muslim
**) Robert Herrick

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arifah Khoirianti

NIM : 151610101024

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah berjudul “Analisis Pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* (HCA) pada *Bioactive Glass* Berbasis Silika dari Ampas Tebu dengan Pemanasan 1500°C dan Penambahan Polisakarida Rumput Laut Coklat” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang saya sebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan padaa institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab aatas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2019
Yang menyatakan

Arifah Khoirianti
NIM 151610101024

SKRIPSI

**ANALISIS PEMBENTUKAN *HYDROXYCARBONATE APATITE* PADA
BIOACTIVE GLASS BERBASIS SILIKA DARI AMPAS TEBU
DENGAN PEMANASAN 1500°C DAN PENAMBAHAN
POLISAKARIDA RUMPUT LAUT COKLAT**

Oleh:

Arifah Khoirianti

NIM 151610101024

Dosen Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : drg. Nuzulul Hikmah, M.Biomed.

Dosen Pembimbing Pendamping : Dr. drg. Didin Erma Indahyani, M.Kes.

Dosen Penguji:

Dosen Penguji Ketua : drg. Niken Probosari, M.Kes.

Dosen Penguji Anggota : drg. Lusi Hidayati, M.Kes.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* (HCA) pada *Bioactive Glass* Berbasis Silika dari Ampas Tebu dengan Pemanasan 1500°C dan Penambahan Polisakarida Rumput Laut Coklat” karya Arifah Khoirianti telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember pada :

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Dosen Penguji Utama,

Dosen Penguji Anggota

drg. Niken Probosari, M.Kes.
NIP. 196702201999032001
Dosen Pembimbing Utama

drg. Lusi Hidayati, M.Kes.
NIP. 197404152005012

Dosen Pembimbing Pendamping

drg. Nuzulul Hikmah, M.Biomed.
NIP. 198107172008012017

Dr. drg. Didin Erma I. M.Kes.
NIP. 196903031997022001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember,

drg. R. Rahardyan Parnaadji, M.Kes., Sp.Pros.
NIP. 196901121999601001

RINGKASAN

Analisis Pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* (HCA) pada *Bioactive Glass* Berbasis Silika dari Ampas Tebu dengan Pemanasan 1500°C dan Penambahan Polisakarida Rumput Laut Coklat ; Arifah Khoirianti; 151610101024, 90 halaman; Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Bioactive Glass (BAG) berperan penting pada pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA) yang berfungsi pada pembentukan tulang. Salah satu bahan utama BAG adalah silika, dimana silika banyak terkandung pada abu ampas tebu. Tinggi rendahnya suhu pada ekstraksi silika dari abu ampas tebu mempengaruhi sifat silika. *Bioactive Glass* berbasis silika dari abu ampas tebu ini memiliki kemampuan membentuk HCA dengan cepat, akan tetapi sifat mekaniknya lemah sehingga mudah larut. Polisakarida banyak ditemui pada rumput laut coklat, memiliki sifat biokompatibel dan memiliki sifat kimia yang kuat sehingga penambahan polisakarida pada BAG diduga dapat meningkatkan sifat bioaktif dan mekaniknya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA) pada *Bioactive Glass* berbasis silika dari abu ampas tebu yang ditambahkan polisakarida dari rumput laut coklat.

Jenis penelitian ini adalah *experimental laboratories*. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus – Desember 2018 di Fakultas Farmasi Universitas Jember. Metode pembuatan *Bioactive Glass* berbasis silika dari abu ampas tebu adalah dengan metode sol gel, dimana ekstraksi silika dilakukan dengan pembakaran suhu 1500°C. Penelitian terdiri dari 3 kelompok yaitu kelompok 1 yang merupakan kontrol (BAG), kelompok 2 (BAG ditambahkan polisakarida rumput laut coklat yang diekstrak menggunakan aquadest) dan kelompok 3 (BAG ditambahkan polisakarida rumput laut coklat yang diekstrak dengan metanol). Sampel pada semua kelompok dicetak dengan diameter 5 mm dan tinggi 4 mm, dan dipanaskan pada suhu 700°C selama 5 jam. Cetakan direndam dalam cairan tubuh buatan selama 0 jam, 2 jam, 12 jam dan 24 jam. Analisis pembentukan HCA dilakukan dengan mengamati struktur permukaan sampel menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Penghitungan pembentukan HCA menggunakan software Image J, dengan cara menghitung jumlah rata rata luas daerah pembentukannya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata – rata persentase luas area pembentukan HCA pada kelompok kontrol sebesar 47.00%, HCA dengan penambahan polisakarida yang diekstrak menggunakan aquades sebesar 47.81%. dan polisakarida yang diekstrak menggunakan metanol sebesar 48.94% dengan durasi perendaman selama 24 jam. Uji *Two Way Anova* dan uji *post hoc* Tukey pembentukan HCA yang berbeda signifikan ($p < 0,05$) di antara kelompok penelitian. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa BAG berbasis silika dari abu ampas tebu dengan penambahan polisakarida rumput laut coklat yang diekstraksi menggunakan metanol mampu membentuk HCA dengan hasil tertinggi dibandingkan dengan BAG dengan penambahan polisakarida rumput laut coklat yang diekstrak menggunakan aquades, serta lamanya durasi perendaman BAG berbasis silika dari abu ampas tebu pada cairan tubuh buatan akan meningkatkan luas area pembentukan HCA. Hal ini menunjukkan bahwa durasi perendaman dalam cairan tubuh buatan, penambahan polisakarida dari rumput laut coklat serta jenis pelarutnya mempengaruhi pembentuk HCA pada *Bioactive Glass* berbasis silika dari ampas tebu.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* (HCA) pada *Bioactive Glass* Berbasis Silika dari Ampas Tebu dengan Pemanasan 1500°C dan Penambahan Polisakarida Rumput Laut Coklat”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibunda yang tercinta Titien Agustini yang tidak pernah putus memanjatkan doa, mencurahkan kasih sayang, memberikan restu, nasihat, semangat dan dukungan selama ini; adik saya Asád Khoirianto, ayah saya Khoiruddin serta keluarga besar saya yang selalu mendukung, mengirimkan doa dan semangat
2. drg. R. Rahardyan Parnaadji, M.Kes., Sp.Pros., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
3. Drg. Nuzulul Hikmah, M.Biomed dan Dr. Drg Didin Erma Indahyani, M.Kes selaku dosen pembimbing utama dan dosen pembimbing pendamping skripsi;
4. drg. Niken Probosari, M.Kes dan drg. Lusi Hidayati, M.Kes selaku dosen penguji utama dan dosen penguji anggota skripsi;
5. Seluruh staf di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang membantu dalam penyelesaian administrasi penulisan skripsi ini;
6. Seluruh staf di Laboratorium Fakultas Farmasi, Fakultas Teknologi Pertanian, Fakultas Teknik Mesin, Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah membantu dalam proses penelitian;
7. Seluruh staf di Laboratorium Biosains Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
8. Bapak Zainul dan Bapak Momo yang telah membantu bahan penelitian rumput laut

9. Ibu Endang yang telah membantu bahan penelitian ampas tebu
10. Teman-teman tim penelitian: Nabilla, Hilmy, Laila, Hasna, Bimo terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya yang luar biasa;
11. Sahabatku teman teman tutor 3; Ayu Ragil, Ibnu Satria, Fergyansa Wiguna, Nadya Indah, Indah Pratiwi, Dani Agam. Terima kasih sudah menjadi teman dalam susah dan senang, memberi perhatian yang luar biasa, selalu ada untuk mendukung serta mendoakan dalam kebaikan;
12. Sahabat saya Elma Farisah, Hendito Khairiansyah, Nindya Shinta, Risa Bela, Devina Yulia, Rizky Purboningtyas, Fiolina Fajar, Raziqa, Wenny Agestin, Nindya yang selalu dekat menemani saya selama ini.
13. Teman-teman seperjuangan FKG Universitas Jember angkatan 2015. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan dan doa kalian selama ini;
14. Semua pihak yang telah membantu kegiatan penelitian; atas perhatian dan bantuan yang telah diberikan hingga tersusunnya skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pendidikan khususnya dibidang kesehatan serta menjadi upaya dalam meningkatkan mutu kesehatan masyarakat.

Jember, 2019

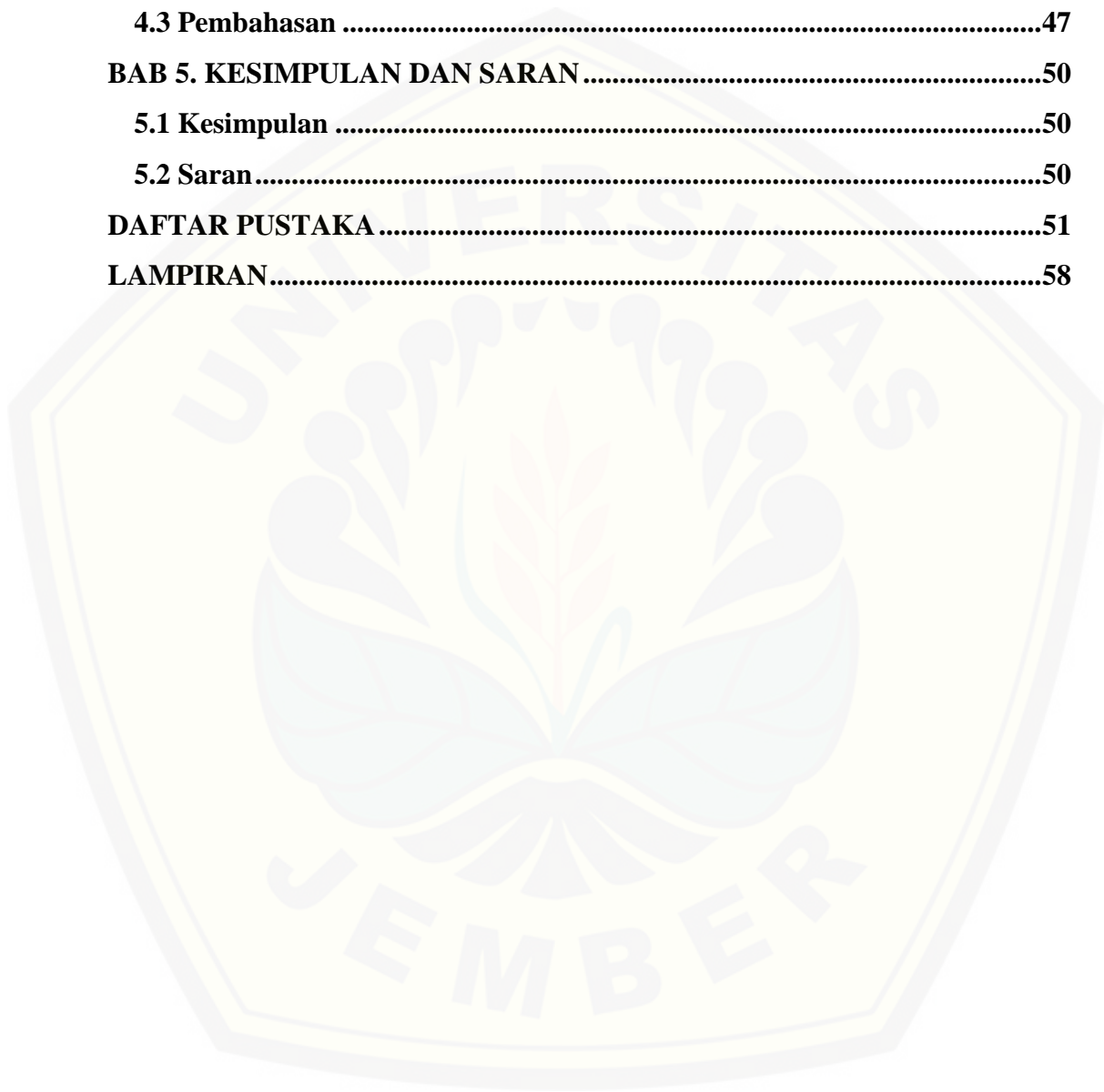
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	I
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTO	iv
PERNYATAAN.....	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Hydroxycarbonate Apatite (HCA)	4
2.1.1 Pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> pada <i>Bioactive Glass</i> Berbasis Silika	6
2.2 Bioactive Glass.....	7
2.2.1 Pembuatan <i>Bioactive Glass Sol-Gel</i>	9
2.3 Tanaman Tebu.....	10
2.3.1 Klasifikasi Tanaman Tebu	10
2.3.2 Morfologi Tebu.....	10
2.3.3 Ampas Tebu.....	12
2.3.4 Abu Ampas Tebu	12

2.4 Silika	13
2.4.1 Prekursor Silika	15
2.4.2 Nano Silika	16
2.5 Rumput Laut	17
2.5.1 Klasifikasi dan Morfologi Rumput Laut Coklat.....	19
2.5.2 Polisakarida Rumput Laut Coklat.....	21
2.5.3 Ekstraksi Rumput Laut	23
2.6 Simulated Body Fluid (SBF)	24
2.7 Scanning Electron Microscopy (SEM)	25
2.8 Kerangka Konsep	27
2.9 Hipotesis	28
BAB 3 METODE PENELITIAN	29
3.1 Jenis Penelitian	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3 Identifikasi Variabel	29
3.4 Definisi Operasional	30
3.5 Sampel Penelitian	30
3.5.1 Besar Sampel	31
3.5.2 Pengelompokkan Sampel Penelitian.....	32
3.6 Alat dan Bahan Penelitian	32
3.6.1 Alat	32
3.6.2 Bahan	33
3.7 Prosedur Penelitian	34
3.7.1 Tahap Persiapan.....	34
3.7.2 Pembuatan <i>Bioactive Glass</i> Berbasis Silika Abu Ampas Tebu.....	34
3.7.3 Pembuatan Cairan Tubuh Buatan	36
3.7.4 Fraksinasi polisakarida rumput laut.....	36
3.7.5 Pembuatan sampel <i>Bioactive Glass</i> Berbasis Silika Abu Ampas Tebu dengan polisakarida rumput laut coklat	37
3.7.6 Analisis Pembentukan <i>Hydroxycarbonate apatite</i> (HCA)	37
3.8 Analisis Data	41

3.9 Alur Penelitian	42
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Hasil Penelitian	43
4.2 Analisa Data	45
4.3 Pembahasan	47
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	58



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Reaksi pembentukan HCA pada <i>Bioactive Glass</i>	7
Gambar 2.2 Skema pembentukan HCA pada <i>Bioactive Glass</i> nanopartike	9
Gambar 2.3 Pembentukan HCA pada permukaan <i>Glass</i> ceramic.....	9
Gambar 2.4 Tanaman Tebu	11
Gambar 2.5 Mekanisme reaksi pembentukan Natrium Silika	16
Gambar 2.6 Rumput Laut Coklat	20
Gambar 2.7 Jenis ikatan glikosidik pada polisakarida	21
Gambar 2.8 Struktur kimia Selulosa	22
Gambar 2.9 Blok diagram <i>Scanning Electron Microscopy</i>	25
Gambar 2.10 Gambaran hasil SEM pada <i>Bioactive Glass nanopartikel</i>	26
Gambar 2. 11 Kerangka Konsep	27
Gambar 2. 12 Alur Penelitian	42
Gambar 4. 1 Gambaran pembentukan HCA menggunakan SEM dengan perbesaran 3000	43
Gambar 4. 2 Grafik rerata persentase HCA pada BAG	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Perbedaan Hidroksi Apatit dan Karbonat Apatit	5
Tabel 2. 2 Jenis – jenis <i>Bioactive Glass</i> dan komposisinya	8
Tabel 2. 3 Unsur kimia abu ampas tebu	13
Tabel 2. 4 Karakteristik rumput laut	18
Tabel 2. 5 Klasifikasi alga coklat	19
Tabel 2. 6 Macam – macam polisakarida	22
Tabel 2. 7 Komposisi bahan <i>Simulated Body Fluid</i>	24
Tabel 4. 1 Rerata persentase area pembentukan HCA	44
Tabel 4. 2 Hasil Uji Two way Anova	46
Tabel 4. 3 Hasil uji post hoc Tukey	46

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Surat Keterangan Identifikasi Tumbuhan	60
B. Surat Ijin Penelitian	61
C. Surat Ijin Peminjaman Alat	62
D. Surat Ijin Pembuatan Cairan Tubuh Buatan.....	63
E. Surat Keterangan Identifikasi	64
F. Foto Alat dan Bahan	66
G. Hasil Analisa Data Menggunakan SPSS	69
H. Hasil Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM)	73
I. Tabel Persentase Luas Area <i>Hydroxycarbonate apatite</i> dengan Menggunakan <i>Sotware Image J</i>	77

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nano silika merupakan silika dalam ukuran nano yang memiliki sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material berukuran normal (Setiowati, 2011). Keunggulan dari nano silika adalah luas permukaan terhadap volume yang lebih besar, bersifat biokompatibel sehingga mampu bekerja selaras dengan sistem kerja tubuh (Fernandez, 2012). Silika dengan metode sol gel menghasilkan nanosilika amorf, sehingga bersifat lebih reaktif dan aman untuk kesehatan manusia (Andreas dkk., 2016). Sumber silika yang tinggi ditemukan pada abu ampas tebu yang merupakan limbah biomassa yang ketersediaannya melimpah namun pemanfaatannya masih belum optimal. Abu ampas tebu didapatkan melalui proses pembakaran ampas tebu menggunakan tanur (*Furnace*) dengan suhu tinggi yaitu 1500°C sehingga menyebabkan komponen organiknya hilang dan menyisakan komponen mineralnya yaitu silika (Erlinda, 2015).

Silika banyak digunakan sebagai bahan *Bioactive Glass*. *Bioactive glass* adalah bahan yang mengeluarkan respon biologis spesifik. Menurut Hemagaran dan Neelakantan (2014) *Bioactive glass* memiliki fungsi dapat remineralisasi gigi, menurunkan sensitifitas dentin, dan dapat digunakan sebagai bahan *Bone Graft*. Kelarutan silika yang terdapat pada *Bioactive Glass* berperan dalam reaksi pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA), yaitu material yang memiliki kesamaan komposisi dengan tulang dan gigi (Adibah, 2017). Menurut penelitian Farooq dkk., (2012) *Bioactive glass* sintesis mampu membentuk HCA saat terpapar cairan tubuh sehingga terjadi suatu reaksi yang merubah struktur dan komposisi kimia *Bioactive glass* dan terbentuk *Hydroxycarbonatite apatite* (HCA) kurang dari 2 jam, sedangkan menurut penelitian Hidayat (2017) *Bioactive glass* nano silika dari abu ampas tebu mampu menghasilkan pembentukan HCA hanya dalam waktu 5 menit. *Bioactive glass* nano silika abu ampas tebu dibandingkan dengan *Bioactive glass* sintesis, mampu membentuk HCA lebih cepat, tetapi bahan *Bioactive glass* ini memiliki kekurangan seperti

kekuatan mekaniknya yang lemah, sehingga dibutuhkan material lain yang cukup elastik, non toksik dan biodegradabel. Para ahli kemudian menggabungkan dengan bahan polimer alami berupa polisakarida untuk menutupi kekurangannya (Kenny dan Buggy, 2003). Pada penelitian yang dilakukan Bintarti dkk., (2012) mencampurkan Hidroksiapatit dengan alginat, dimana semakin besar presentase bobot alginat meningkatkan kualitas mekaniknya dan degradabilitasnya menurun.

Kandungan alginat pada rumput laut coklat lebih tinggi jika dibandingkan dengan rumput laut merah dan hijau namun belum dimanfaatkan secara optimal (Mano dkk., 2007). Polisakarida merupakan polimer alami yang dapat digunakan sebagai template pada sintesis nanopartikel (Erlinda, 2015). Pemanfaatan polisakarida pada bidang medis karena sifat toksitasnya yang rendah, biokompatibel, *biodegradable*, bersifat bioaktif dan dapat mempercepat pertumbuhan jaringan baru (Mutia dan Moeliono, 2014). Menurut Triwisari (2010) ekstrak polisakarida dari rumput laut didapatkan dengan cara fraksinasi, menggunakan dua pelarut yang berbeda yaitu pelarut aquades dan metanol. Metanol merupakan pelarut yang bersifat universal sehingga dapat menarik sebagian besar senyawa yang bersifat polar dan non polar pada bahan (Salamah dan Widayari, 2015), sedangkan aquades merupakan pelarut yang bersifat polar (Riyani dan Adawiah, 2015). Efektivitas ekstraksi suatu senyawa oleh pelarut sangat tergantung kepada kelarutan senyawa tersebut dalam pelarut (Sudarmadji dkk., 1997).

Pada penelitian sebelumnya *Bioactive Glass* nano silika dari abu ampas tebu mampu menghasilkan HCA ketika berkontak dengan cairan tubuh buatan, sedangkan pada penelitian ini ingin menguji pengaruh penambahan polisakarida dari rumput laut coklat pada *Bioactive glass* berbasis silika dari abu ampas tebu dengan tujuan untuk meningkatkan sifat dan fungsinya yang dapat dianalisis dari HCA yang terbentuk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA) pada *Bioactive glass* berbasis silika ampas tebu yang dipanaskan pada suhu 1500°C dengan penambahan polisakarida dari rumput laut coklat yang diekstraksi menggunakan aquades dan metanol?
2. Bagaimana pengaruh durasi perendaman *Bioactive glass* berbasis silika abu ampas tebu tanpa dan dengan penambahan polisakarida rumput laut coklat dalam cairan tubuh buatan terhadap pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah :

1. Menganalisis pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* (HCA) pada *Bioactive glass* berbasis silika ampas tebu yang dipanaskan pada suhu 1500°C dengan penambahan polisakarida rumput laut coklat yang diekstraksi menggunakan aquades dan metanol.
2. Menganalisis adanya pengaruh durasi perendaman *Bioactive glass* berbasis silika abu ampas tebu tanpa dan dengan penambahan polisakarida rumput laut coklat dalam cairan tubuh buatan terhadap pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* (HCA).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dilakukan adalah :

1. Memberikan informasi mengenai pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA) pada *Bioactive glass* berbasis silika abu ampas tebu yang dipanaskan menggunakan *furnace* pada suhu 1500°C dengan penambahan polisakarida dari rumput laut coklat yang diekstraksi menggunakan aquades dan metanol.
2. Sebagai upaya mengurangi limbah abu ampas tebu.
3. Sebagai alternatif pengolahan rumput laut supaya bernilai tinggi
4. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutn

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Hydroxycarbonate apatite (HCA)*

Karbonat hidroksi apatit (KHA) dan hidroksi apatit (HA) merupakan biomaterial kalsium fosfat pengganti tulang yang bersifat biokompatibilitas, bioaktivitas, osteokonduktif. Biokeramik merupakan bahan yang dibentuk dari alumina atau hidroksipatit, dan kalsium fosfat. Sifat-sifat biokeramik antara lain: (Ana dkk., 2010).

1. *Bioinert*, sedikit berinteraksi dengan jaringan sekitarnya, sedikit reaktivitas kimia, dan stabil di dalam tubuh manusia;
2. *Bioactive*, bahan yang memperoleh respon biologi yang menghasilkan pembentukan ikatan antara jaringan dan materi, serta untuk mengisi cacat tulang;
3. *Bioresorbable*, larut dan perlahan-lahan digantikan oleh jaringan baru, serta untuk regenerasi tulang.

Material komposit kalsium fosfat dibutuhkan untuk memperbaiki atau mengganti tulang yang rusak. Senyawa kalsium fosfat terdiri dari hidroksi apatit (HA) yang memiliki formula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ sedangkan karbonat apatit adalah hasil substitusi ion karbonat dengan gugus fosfat dari hidroksi apatit. Rumus kimia karbonat apatit ialah $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4\text{CO}_3)_6(\text{OH})_2$ dengan Ca/P rasio 1,6-2,0. Baik hidroksi apatit maupun karbonat apatit memiliki biokompatibilitas yang baik terhadap kontak langsung dengan tulang. Umumnya kalsium fosfat hidroksi apatit digunakan sebagai pengganti cangkang tulang karena sifatnya biokompatibel dan osteokonduktif (Park dkk., 2015). KHA berperan dalam pembentukan tulang. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan Valiense dkk., (2012) tentang KHA yang mampu membentuk tulang imatur terjadi pada minggu ke tiga pada penutupan tulang kepala tikus. Karbonat apatit maupun hidroksi apatit berikatan dengan protein-protein yang diperlukan untuk pembentukan jaringan baru sehingga dapat memicu pertumbuhan sel ke jaringan yang diinginkan. Karbonat apatit maupun hidroksi apatit juga memacu pertumbuhan tulang baru, serta mempercepat proses

proliferasi dan diferensiasi osteoblas. Menurut Ana dkk., (2010) karbonat apatit (KHA) memiliki keunggulan sifat dalam kaitannya dengan proses remodeling tulang dibandingkan dengan hidroksi apatit (HA), yaitu:

1. Karbonat apatit merupakan komposisi pada tulang manusia sedangkan hidroksi apatit bukan merupakan komposisi tulang manusia.
2. Karbonat apatit dapat diresorpsi dengan baik oleh osteoklas sedangkan hidroksi apatit tidak dapat diresorpsi.
3. Karbonat apatit memiliki kemampuan kelarutan yang baik pada kondisi asam lemah yaitu saat osteoklas bekerja meresorpsi tulang dengan mengeluarkan ion H⁺.
4. Karbonat apatit dapat memacu pertumbuhan tulang secara sempurna sedangkan hidroksi apatit memacu pertumbuhan tulang lebih lambat.

Perbedaan sifat Karbonat apatit dan Hidroksi Apatit dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2. 1 Perbedaan Hidroksi Apatit dan Karbonat Apatit.

Sifat Hidroksi Apatit (HA)	Sifat Karbonat Apatit (CHA)
Material yang tidak menyebabkan reaksi penolakan dari sistem kekebalan tubuh	Material yang tidak menyebabkan reaksi penolakan dari sistem kekebalan tubuh
Mengandung komponen Ca ²⁺ dan PO ₄ ³⁻	Mengandung komponen Ca ²⁺ , PO ₄ ³⁻ dan CO ₃ ²⁻
Lambat dalam proses pembentukan tulang baru	Cepat dalam proses pembentukan tulang baru
Lambat diserap	Cepat diserap
Mengandung unsur kristal yang tinggi	Mengandung unsur kristal yang rendah
Disintesis pada suhu dibawah 90°C	Disintesis pada suhu dibawah 37°C
Rasio karbonat terhadap fosfat 1,67	Rasio karbonat terhadap fosfat 1,6-2,0

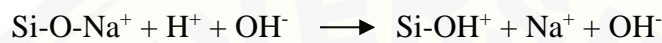
Sumber : Ana dkk., 2010

2.1.1 Pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* pada *Bioactive glass* Berbasis

Silika

Hench (2006) menjelaskan bahwa mekanisme bioaktivitas dari *bioactive glass* adalah pembentukan lapisan *hydroxycarbonate apatite* (HCA).

1. Pada tahap pertama terjadi pertukaran ion antara Ca^{2+} dan Na^+ dengan ion H^+ dan H_3O^+ dari cairan tubuh yang kemudian menghasilkan ikatan silanol (Si-OH). Reaksi ini akan meningkatkan pH lokal disebabkan oleh pelepasan ion alkaline. Reaksi kimia dari pertukaran ion tersebut adalah sebagai berikut :

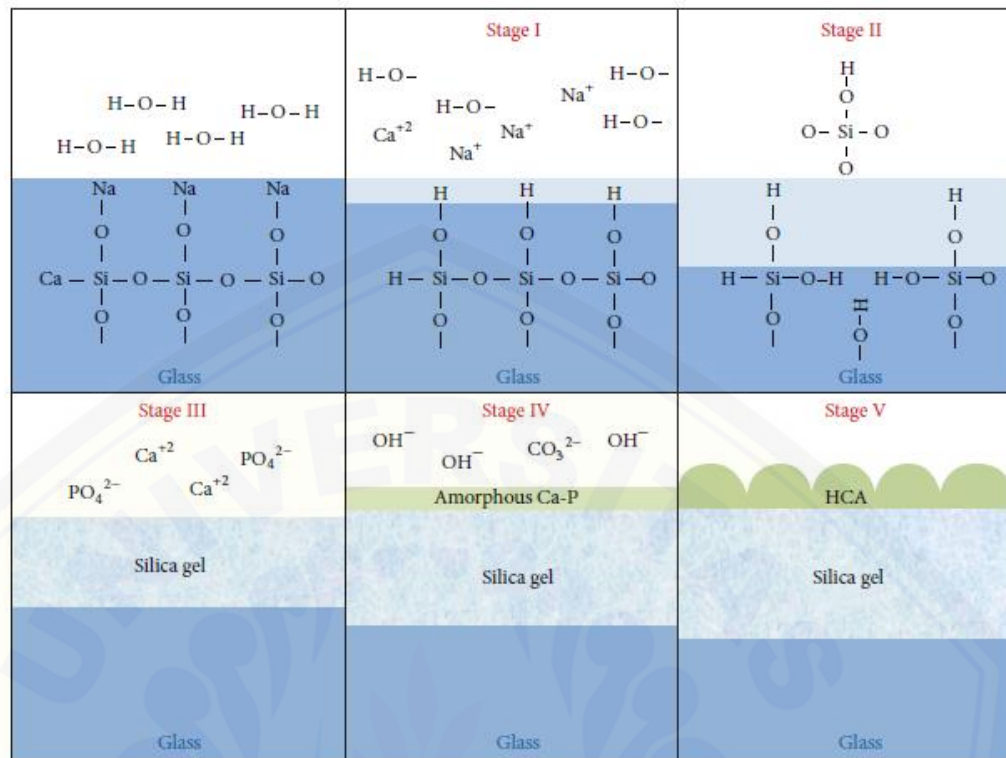


Reaksi ini terjadi dengan cepat, hanya dalam beberapa menit setelah terpapar oleh cairan tubuh buatan.

2. Kemudian pada tahap kedua terjadi peningkatan pH menyebabkan pecahnya ikatan O-Si-O yang kemudian menjadi $\text{Si}(\text{OH})_4$ ke dalam larutan dan membentuk lapisan silika pada permukaan bahan.



3. Pada tahap ketiga terjadi proses kondensasi dan polimerisasi membentuk lapisan kaya akan silika yang amorf.
4. Pada tahap keempat terjadi perpindahan ion kalsium (Ca^{2+}) dan fosfat melewati permukaan lapisan silika gel untuk membentuk lapisan kalsium fosfat.
5. Pada tahap kelima terjadi penggabungan OH^- dan $(\text{CO}_3)^{2-}$ dari cairan tubuh dengan lapisan kalsium, sehingga terjadi kristalisasi membentuk *hydroxycarbonate apatite* (HCA) (Rahaman dkk., 2011). Gambar 2.7 menunjukkan reaksi pembentuk HCA dibawah ini.



Gambar 2. 1 Reaksi pembentukan HCA pada *Bioactive Glass* yang terpapar cairan tubuh buatan (Sumber: Renno dkk., 2013).

2.2 *Bioactive Glass*

Bahan bioaktif adalah suatu bahan yang mampu berikatan ke suatu jaringan hidup. Pada permukaan bahan bioaktif dan jaringan tersebut terbentuk ikatan kimia yang nantinya membentuk lapisan hidroksikarbonat apatit (HCA) yang aktif secara biologis, serta secara kimiawi dan struktural mirip dengan apatit yang ditemukan dalam jaringan tulang. *Bioactive Glass* menunjukkan sifat osteokonduktif dan osteoinduktif yang sangat baik dan tingkat degradabilitasnya tinggi (Jones, 2013). Bahan ini telah diselidiki pertama kali oleh Hench diperkenalkan dengan nama 45S5 Bioglass. Bioglass ini mampu berikatan dengan tulang hal ini dikarenakan adanya pembentukan lapisan HCA pada permukaannya, dimana semakin cepat pembentukan lapisan HCA akan mempercepat bahan berikatan dengan tulang, tetapi mekanisme osteoinduksi ini belum sepenuhnya dipahami (Hench, 2006). Kemampuan *Bioactive glass* dalam membentuk lapisan HCA adalah ketika berkontak dengan *Simulated Body Fluid* (SBF)/ cairan tubuh buatan. Selain membentuk HCA, *Bioactive glass* juga dapat digunakan sebagai *drug delivery* dan

scaffold dalam implan tulang. *Bioactive glass* memiliki jenis yang bermacam – macam tergantung pada komposisinya. Tabel 2.3 Menunjukkan manfaat, jenis dan komposisi *Bioactive Glass* sebagai berikut.

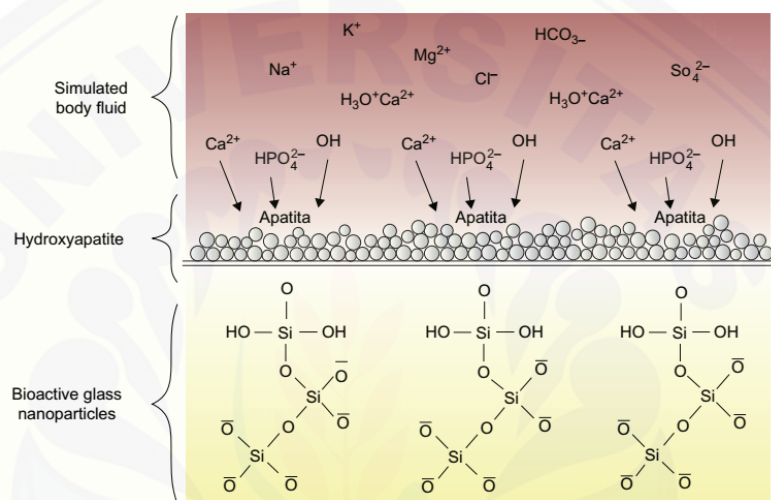
Tabel 2. 2 Jenis – jenis *Bioactive Glass* dan komposisinya

Nama	Komposisi
45S5 (Bioglass [®])	46.1 mol.% SiO ₂ , 24.4 mol.% Na ₂ O, 26.9 mol.% CaO, 2.6 mol.% P ₂ O ₅
58S (Sol-gel derived)	60 mol.% SiO ₂ , 36 mol.% CaO, 4 mol.% P ₂ O ₅
S53P4	53 mol.% SiO ₂ , 23 mol.% Na ₂ O, 20 mol.% CaO, 4 mol.% P ₂ O ₅

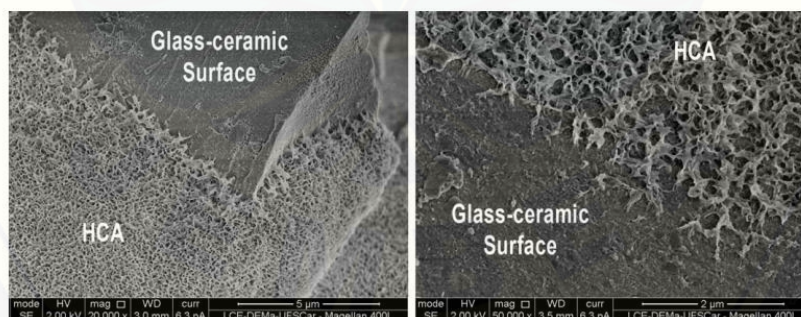
Sumber : Abbasi, 2015

Salah satu jenis *bioactive glass* adalah BioglassTM (45S5) yang banyak digunakan dalam aplikasi biomedis. Kunci dari sifat bioaktifitas dari BioglassTM (45S5) yang tinggi dibandingkan dengan jenis lainnya dikarenakan memiliki kandungan silika yang rendah dibandingkan dengan jenis *Bioactive glass* lainnya dan kaya akan Na₂O dan CaO. Peningkatan kandungan silika akan menurunkan laju pelarutan dan mengurangi jumlah ion Ca²⁺ dan HPO₄⁻ yang mengakibatkan terhambatnya pembentukan lapisan gel silika. Hal tersebut akan menurunkan sifat bioaktifitas bahan apabila kandungan silikanya melebihi 60% (Greenspan, 1999). Selain komposisi, tekstur dalam skala nanometer juga meningkatkan sifat bioaktifitasnya, porositas bahan juga telah terbukti dapat meningkatkan laju kelarutan dan meningkatkan pembentukan HCA. BioglassTM (45S5) biasa digunakan di intraoral sebagai bahan *bone grafting* karena memiliki kemampuan untuk membentuk *Hydroxycarbonate apatite* (HCAp) kurang dari 2 jam pada permukaannya saat berkontak dengan cairan tubuh. Lapisan HCA ini memiliki kesamaan dengan mineral yang terkandung pada tulang sehingga mampu berikatan. (Farooq, 2012). Kekurangan dari *Bioactive glass* adalah kekuatan mekaniknya yang lemah dan *fracture toughness* yang lemah. Kombinasi dari *Bioactive Glass* nano partikel dengan sistem polimer mampu memproduksi suatu nanokomposit yang berpotensi untuk digunakan dalam aplikasi orthopedi, termasuk rekayasa jaringan dan regenerasi jaringan. Modifikasi komposit yang biodegradabel dengan polimer

juga memungkinkan dihasilkannya suatu substrat yang dapat memicu adanya proses biomineralisasi (Boccaccini dkk., 2010). Permukaan bioglass implan ketika terkena cairan tubuh akan membentuk lapisan gel yang kaya akan silika, kemudian akan termineralisasi menjadi hidroksikarbonat dalam beberapa jam. Gambar 2.5 dan 2.6 Menunjukkan reaksi pembentukkan lapisan *Hydroxycarbonate apatite* pada permukaan *Bioactive Glass* yang terpapar cairan tubuh buatan/ *Simulated Body Fluid* (SBF) dibawah ini.



Gambar 2. 2 Skema pembentukkan HCA pada *Bioactive glass* nanopartikel (Sumber: Carvalho dkk, 2015).



Gambar 2. 3 Menunjukkan pembentukkan HCA pada permukaan *Glass Ceramic* setelah terpapar oleh cairan tubuh buatan selama 24 jam yang dianalisa menggunakan SEM (Sumber: Abbasi, 2015).

2.2.1 Pembuatan *Bioactive Glass Sol-Gel*

Bioactive glass dapat dibuat dengan dua cara yaitu traditional melt quenching dan metode sol-gel. Metode melt quenching yaitu metode dimana oksida dilelehkan bersamaan dengan suhu tinggi yaitu diatas 1300°C dalam cawan platinum dan

padam dalam cetakan grafit (Jones, 2013). Harihan dan Sivakumar (2013) berhasil mensintesis nanosilika dari limbah abu ampas tebu menggunakan metode sol gel. Metode sol-gel adalah metode preparasi padatan dengan teknik temperatur rendah yang melibatkan transisi dari suatu sistem dengan partikel-partikel mikroskopik yang terdispersi dalam suatu cairan (sol) menjadi material makroskopik (gel) yang mengandung cairan. Pada saat cairan menguap maka yang tertinggal adalah material keras seperti gelas. Sol-gel merupakan material amorf dan tidak memiliki dimensi pori yang seragam. Sintesis sol-gel umumnya melalui tahap-tahap hidrolisis dan kondensasi (Wijaya, 2010)

2.3 Tanaman Tebu

Indonesia merupakan negara kepulauan yang beriklim tropis. Tebu *Saccharum officinarum* tergolong tanaman perdu yang banyak tumbuh di daerah tropis dan subtropika sampai batas garis isotherm 200°C yaitu antara 190 LU – 350 LS. Tanaman ini membutuhkan suhu panas, paparan sinar matahari yang tinggi, cukup banyak air, serta lahan yang subur dengan drainase yang baik (Indrawanto, dkk., 2010).

2.3.1 Klasifikasi Tanaman Tebu

Klasifikasi ilmiah tanaman tebu adalah sebagai berikut (Indrawanto, 2010) :

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledone</i>
Ordo	: <i>Graminales</i>
Famili	: <i>Graminae</i>
Genus	: <i>Saccharum</i>
Species	: <i>Saccarum officinarum</i>

2.3.2 Morfologi Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) memiliki batang, akar, daun, bunga, dan buah seperti terdapat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 4 Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*) (Sumber: Dokumen pribadi, 2018)

a. Batang

Batang tanaman tebu berdiri lurus dan beruas – ruas yang dibatasi dengan buku - buku. Pada setiap buku terdapat mata tunas. Batang tanaman tebu berasal dari mata tunas yang berada dibawah tanah yang tumbuh keluar dan berkembang membentuk rumpun. Diameter batang antara 3 - 5 cm dengan tinggi batang antara 2 - 5 meter dan tidak bercabang (Indrawanto dkk, 2010).

b. Akar

Akar tanaman tebu berserabut tidak panjang yang tumbuh dari cincin tunas anakan. Pada fase pertumbuhan batang, terbentuk pula akar dibagian yang lebih atas akibat pemberian tanah sebagai tempat tumbuh (Indrawanto dkk, 2010).

c. Daun

Daun tebu berbentuk seperti pita, berpelelah dan tak bertangkai. Tulang daun sejajar, ditengah berlekuk. Tepi daun kadang - kadang bergelombang serta berbulu keras (Indrawanto dkk, 2010).

d. Bunga

Bunga tebu berupa malai dengan panjang antara 50 - 80 cm. Terdapat benangsari, putik dengan dua kepala putik dan bakal biji (Indrawanto dkk, 2010).

e. Buah

Buah tebu memiliki satu biji dengan besar lembaga 1/3 panjang biji (Indrawanto dkk, 2010).

2.3.3 Ampas Tebu

Menurut data FAO tahun 2006 tentang negara - negara produsen tebu dunia, Indonesia menduduki peringkat ke-11 dengan produksi per tahun sekitar 25.500.00 juta ton, dimana akan menghasilkan ampas tebu atau baggase sebanyak 35% kapasitas produksi (FAO, 2006). Serat ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi, mudah didapat, murah, tidak membahayakan kesehatan, dapat terdegradasi secara alami (*biodegradability*). Kegiatan pasca panen dan pengolahan hasil pertanian/perkebunan, termasuk pemanfaatan produk samping dan sisa pengolahannya masih kurang optimal. Selama ini pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan baku pembuatan *particle board*, bahan bakar boiler, pupuk organik dan pakan ternak bersifat terbatas dan bernilai ekonomi rendah (Yudo dan Jatmiko, 2008).

2.3.4 Abu Ampas Tebu

Pada proses produksi gula dilakukan pembakaran ampas tebu dimana semua bahan organik diubah menjadi gas CO₂ dan H₂O serta meninggalkan abu sebagai residu. Pemanfaatan abu ampas tebu yang merupakan limbah buangan dari proses pembuatan gula masih belum optimal dan hanya digunakan sebagai bahan tambahan pupuk organik dan pakan ternak (Alamsyah, 2017). Abu ampas tebu memiliki kandungan silika (SiO₂) yang tinggi dibanding unsur lainnya. Unsur kimia yang terkandung dalam abu ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 3 Unsur kimia abu ampas tebu

Unsur Kimia dalam Abu Ampas Tebu	
Kadar Air	3,79%
Kadar Abu	79,03%
Kadar Karbon	10,91 %
Kadar Silikat	72,33 %
Kadar Magnesium	0,58 %
Kadar Kalsium	0,63 %
Kadar Aluminium	3,24 %

Sumber : Pandaleke, 2014

Upaya peningkatan kemurnian silika dari abu ampas tebu dapat dilakukan dengan pembakaran suhu tinggi menggunakan tanur (*Furnace*). Melalui pembakaran suhu tinggi maka komponen organik pada ampas tebu akan hilang sehingga hanya tersisa komponen mineral yaitu silika. Secara visual karakteristik ampas tebu berwarna hitam dengan tekstur kasar, kemudian setelah dilakukan pembakaran suhu tinggi dengan *furnace* terjadi perubahan warna menjadi coklat keputihan dengan tekstur halus. Hal ini menandakan telah hilangnya unsur karbon pada bahan. Menurut Erlinda (2015) hasil karakterisasi abu ampas tebu yang sudah dilakukan pembakaran menggunakan *Furnace* menunjukkan terjadi peningkatan kandungan silika. Hal ini mengindikasikan terjadi penurunan dan hilangnya komponen lain yang menyebabkan kadar silika meningkat.

2.4 Silika

Silikon dioksida atau silika merupakan salah satu senyawa kimia yang paling umum, yang terdiri dari tiga bentuk yaitu kuarsa, tridimit dan kristobalit (Retnosari, 2013). Silika memiliki sifat menonjol, yaitu kekerasannya yang tinggi (7 pada skala Mohs), serta sangat tahan terhadap pH asam. Silika dapat disintesis dari berbagai sumber antara lain abu sekam padi (Kalapathy dkk., 2000), fly ash batubara (Retnosari, 2013), abu tongkol jagung (Okoronkwo dkk., 2013), lumpur sidoarjo (Munasir dkk., 2010), fly ash industri sawit (Utama dkk., 2010), pasir alam (Munasir dkk., 2013), dan abu ketel industri gula (Affandi dkk., 2009). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ghorbani dkk., (2015) menunjukkan bahwa

presentasi komposisi kandungan silika pada abu ampas tebu menempati posisi kedua dibandingkan pada abu sekam padi (Hariharan dan Sivakumar, 2013).

Silika terbentuk melalui ikatan kovalen yang kuat serta memiliki struktur dengan empat atom oksigen terikat pada posisi sudut tetrahedral di sekitar atom pusat yaitu atom silikon (Hara, 1986). Silika memiliki dua ciri utama yaitu setiap atom silikon berada pada pusat suatu tetrahedron yang terdiri dari empat atom oksigen. Setiap atom oksigen berada ditengah tengah antara dua atom silicon. Silika yang terakumulasi di dalam makhluk hidup, baik hewan atau tumbuhan memiliki bentuk amorf, berbeda dengan silika yang tidak berasal dari makhluk hidup seperti batuan dan debu yang memiliki struktur silika kristalin. Menurut Utomo (2015) derajat kristalinitas yang rendah membuat partikel semakin amorf. Silika amorf bersifat lebih reaktif (Andreas dkk., 2016). Tingkat kereaktifan dari silika amorf disebabkan karena adanya gugus hidroksil (silanol) yang didapat setelah pemanasan mencapai temperatur 400°C. Gugus silanol (-SiOH) ini dapat ditemukan di atas permukaan dari sampel silika yang menyebabkan terbentuknya daerah yang reaktif (Kirk-Othmer, 1984).

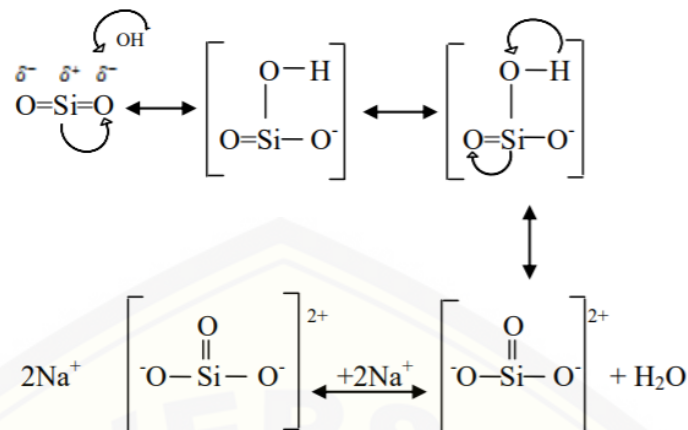
Silika yang terkandung dalam ampas tebu secara alami bersifat amorf dan bertahan hingga temperature di bawah 800°C (Della dkk., 2002). Silika amorf mempunyai stabilitas rendah sehingga mudah beraksi dengan pereaksi lain. Kereaktifan silika dipengaruhi temperature pengabuan dengan keraktifan optimum ketika sekam di bakar pada temperatur 550 – 700°C (Kalapathy, dkk, 2000) dan keraktifan akan menurun dengan naiknya temperatur di atas 800°C, akibatnya meningkatnya kristalinitas dalam bentuk *quartz*, *tridymite*, dan *crystobalite* (Shinohara dan Kohyama, 2004). Bentuk struktur *quartz*, *crystobalite*, dan *tridymite* yang merupakan jenis kristal utama silika memiliki stabilitas dan kerapatan yang berbeda (Brindley and Brown, 1980). Struktur Kristal *quartz*, *crystobalite*, dan *tridymite* memiliki nilai densitas masing-masing sebesar 2,65×10³ kg/m³, 2,27×10³ kg/m³, dan 2,23×10³ kg/m³ (Smallman and Bishop, 2000). Berdasarkan perlakuan termal, pada suhu < 570°C terbentuk *low quartz*, untuk suhu 570-870°C terbentuk *high quartz* yang mengalami perubahan struktur menjadi *crystobalite* dan *tridymite*, sedangkan pada suhu 870-1470°C terbentuk *high tridymite*, pada suhu >

1470°C terbentuk *high cristobalite*, dan pada suhu 1723°C terbentuk silika cair. Menurut Ummah dkk., (2010) semakin tinggi suhu pengabuan maka akan meningkatkan jumlah kualitatif SiO₂.

2.4.1 Prekursor Silika

Natrium silikat dengan rumus kimia Na₂SiO₃ merupakan prekursor sintesis silika. Natrium silikat ini diperoleh dengan metode sol gel dengan penambahan NaOH sebagai aktivator untuk membentuk garam silikat yang larut dalam air. Natrium silikat disintesis melalui dua tahap, yaitu isolasi silika dari ampas tebu dan destruksi dengan NaOH yang diikuti dengan peleburan. Isolasi silika dilakukan dengan pengarangan tebu dalam tungku pengarangan, pengabuan, dan pencucian dengan HCl. Proses pengarangan dimaksudkan agar pada pengabuan sekam tidak membutuhkan waktu yang lama. Suhu dan lamanya proses pengabuan mempengaruhi kristalinitas silika (Umah, 2010). Pencucian dengan HCl bertujuan untuk melarutkan oksida lain selain SiO₂ berupa oksida-oksida logam seperti MgO, K₂O, dan Ca₂O (Kalapathy dkk, 2000). Penggunaan HCl dalam proses pemurnian dikarenakan sifat kimia SiO₂ tidak larut/ reaktif terhadap semua asam kecuali asam fluorida (HF), sehingga tidak mengurangi jumlah SiO₂ yang terkandung di dalamnya (Trivana dkk., 2015).

Silika murni kemudian dilarutkan dalam NaOH dan dilakukan peleburan. Suhu peleburan didasarkan pertimbangan titik leleh NaOH, yaitu 318°C sehingga suhu peleburan harus lebih tinggi daripada suhu tersebut agar NaOH terdisosiasi sempurna membentuk ion Na⁺ dan OH⁻. Pemilihan NaOH ini dikarenakan NaOH memiliki titik leleh yang lebih rendah daripada Na₂CO₃ yaitu 851°C, sehingga memudahkan pembentukan natrium silikat pada temperatur yang tidak terlalu tinggi. Pelarutan yang diikuti dengan peleburan ini bertujuan agar pada proses perubahan abu sekam menjadi natrium silikat menjadi sempurna (Mujiyanti dkk., 2010). Gambar 2.2 menunjukkan reaksi yang terjadi pada proses pembentukan natrium silika dibawah ini.



Gambar 2. 5 Mekanisme reaksi pembentukan Natrium Silika (Sumber : Alex, 2005).

Peleburan pada suhu tinggi mengakibatkan NaOH meleleh dan terdisosiasi sempurna membentuk ion Na^+ dan ion OH^- . Elektronegativitas atom O yang tinggi pada SiO_2 menyebabkan Si lebih elektropositif dan terbentuk intermediet $[\text{SiO}_2\text{OH}]^-$ yang tidak stabil dan akan terjadi dehidrogenasi. Ion OH^- yang kedua akan berikatan dengan hidrogen membentuk molekul air dan dua ion Na^+ akan menyeimbangkan muatan negatif ion SiO_3^{2-} sehingga terbentuk natrium silikat. Natrium silikat yang diperoleh berwujud padatan berwarna putih kehijauan. (Mujiyanti dkk., 2010).

2.4.2 Nano Silika

Nanopartikel silika merupakan silika yang dibuat dalam skala nano (10^{-9} m) yang saat ini penggunaannya pada bidang industri semakin meningkat. Nanopartikel silika memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan kristal ukuran besar yaitu kestabilan yang baik, inert secara kimia, bersifat biokompatibel yang mampu bekerja selaras dengan sistem kerja tubuh, mampu membentuk sperik tunggal, memiliki sifat adhesi yang lebih baik pada banyak substrat, ketahanan korosi yang tinggi dan ketahanan terhadap retakan (Fernandez, 2012; Bhattacharya, 2014). Nanopartikel silika telah terbukti penting dalam beberapa aplikasi bioteknologi dan biomedis seperti biosensor, pembawa obat, pelindung sel, agen pembeda pada *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan ultrasound, dan alat terapi pada sistem pelepasan obat atau enzim (Neethirajen dkk., 2009). Metode yang banyak digunakan untuk mensintesis nanopartikel silika diantaranya sol-gel,

mikroemulsi terbalik dan sintesis api. Metode sol-gel merupakan metode yang digunakan untuk membuat suatu material padat dari nanopartikel atau molekul yang berukuran kecil dimana sol-gel secara luas digunakan untuk memproduksi silika murni. Sol gel dapat menghasilkan material dengan kemurnian dan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode lain. Proses sol gel terdiri dari 4 tahap yaitu hidrolisis, kondensasi, pematangan (*aging*), dan pengeringan (*drying*) (Liza dkk., 2018).

2.5 Rumput Laut

Rumput laut merupakan ganggang yang hidup di laut dan tergolong dalam divisi *thallophyta*, kelompok tumbuhan laut tingkat rendah yang tidak bisa dibedakan antara bagian akar, batang, dan daun. Seluruh bagian tumbuhan disebut thallus (Susanto dan Mucktianty, 2002). Rumput laut lebih dikenal penggunaannya sebagai sumber polisakarida dan mineral yang tinggi, tetapi rumput laut juga mengandung substansi bioaktif seperti polisakarida, protein, lipid dan fenol yang berfungsi sebagai antibakteria, anti-virus dan anti-jamur (Kumar dkk., 2008). Rumput laut dapat menjadi sumber alami bahan fungsional bioaktif yang potensial namun pemanfaatan rumput laut sebagai sumber polisakarida bioaktif masih belum banyak informasi yang tersedia (Thirunavukkarasu dkk., 2013). Berdasarkan kandungan pigmennya rumput laut di klasifikasikan menjadi 4 kelas, yaitu rumput laut hijau (*Chlorophyta*), rumput laut merah (*Rhodophyta*), rumput laut coklat (*Phaeophyta*) dan rumput laut pirang (*Chrysophyta*). Karakteristik dari rumput laut pada masing - masing kelas dapat dilihat pada Tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2. 4 Karakteristik rumput laut

Jenis Rumput laut	Pigmen	Zat penyusun dinding sel	Habitat
Hijau (<i>Chlorophyta</i>)	klorofil a, klorofil b dan karotenoid (siponaxantin, siponein, lutein, violaxantin, dan zeaxantin)	Selulosa	air asin; air tawar
Merah (<i>Rhodophyta</i>)	klorofil a, klorofil d dan pikobiliprotein (pikoeritrin dan pikosianin). CaCO ₃ (kalsium karbonat)	selulosa dan produk fotosintetik berupa karaginan, agar, fulcellaran dan porpiran	laut, sedikit di air tawar
Coklat (<i>Phaeophyta</i>)	klorofil a, klorofil c(c1 dan c2) dan karotenoid (fukoxantin, violaxantin, zeaxantin)	Asam Alginat	Laut
Pirang (<i>Chrysophyta</i>)	karoten; xantofil	Silikon	laut; air tawar

Sumber : Kimball, 1992; Pelczar dkk., 1986; Simpson, 2006

Rumput laut atau *seaweed* merupakan salah satu sumber daya hayati yang sangat melimpah di perairan Indonesia. Indonesia memiliki kurang lebih 555 jenis dari 8.642 spesies rumput laut yang terdapat di dunia (Santosa, 2003; Surono, 2004). Namun demikian, pemanfaatan rumput laut di Indonesia, terutama untuk keperluan industri dan kesehatan masih belum optimal (Yunizal, 1999).

2.5.1 Klasifikasi dan Morfologi Rumput Laut Coklat

Klasifikasi Alga Coklat dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Klasifikasi alga coklat

Kelas	Ordo	Famili	Genus	Spesies
Phaeophyceae	Dictyotales	Dictyotaceae	Padina	australis
	Fucales	Sargassaceae	Sargassum	crassifolium
				cinereum
			Hormophysa	cuneiformis
		Turbinaria	ornata	

Sumber : Ode, 2014

a. *Hormophysa*

Hormophysa cuneiformis, Ciri-ciri umum thallus tegak, rimbun, alat pelekat seperti cakram dan rhizoid pendek, bagian pangkal thalli menyerupai tangkai, warna coklat tua. Sepanjang sumbu tegak dan cabang-cabangnya, pada kedua sisinya terdapat semacam 'sayap' yang bentuknya tidak teratur, hidup pada batu dengan alat pelekatnya berbentuk cakram kecil. Alga ini hidup bercampur dengan *Sargassum* dan *Turbinaria* (Bhavanath dkk., 2009).

b. *Padina*

Codero (1980), *Padina australis* menunjukkan ciri utama yaitu thalli berukuran besar (sekitar 15 cm), membentuk kipas dengan lebar 2 – 8 cm, dan terdapat segmen-segmen lembaran tipis (lobus) dengan garis-garis berambut radial. Thalus *Padina australis* tersusun dari epidermis dan sel parenkim. Ukuran lembaran thalus yaitu 5 – 10 cm dan bersifat mudah robek. Warna utama adalah coklat muda kekuning-kuningan, tetapi terkadang warnanya memutih karena adanya perkapuran di permukaan daun. Bagian atas lobus agak melebar dengan pinggiran rata dan holdfast berbentuk cakram kecil berserabut Chapman and Chapman, 1980). *Padina* memiliki thallus berbentuk lembaran yang menyerupai kipas. (Romimohtarto dan Juwana, 2007) *Padina* tumbuh menempel di batu pada daerah rata-rata terumbu, alat

pelekatnya terdiri dari cakram pipih, biasanya terbagi menjadi cuping-cuping pipih.

c. *Turbinaria*

Turbinaria, memiliki thallus foloid yang bentuknya menyerupai turbin, memiliki gerigi pada pinggirannya yang bervariasi tergantung spesiesnya (Widyastuti, 2009). *Turbinaria* mempunyai cabang-cabang silindrik dengan diameter 2-3 mm, dan mempunyai cabang lateral pendek dari 1-1,5 cm panjangnya. Ini berakhir pada sebuah reseptakel dengan pinggiran bergerigi dan garis tengahnya kira-kira 1 cm (Magruder, 1979).

d. *Sargassum*

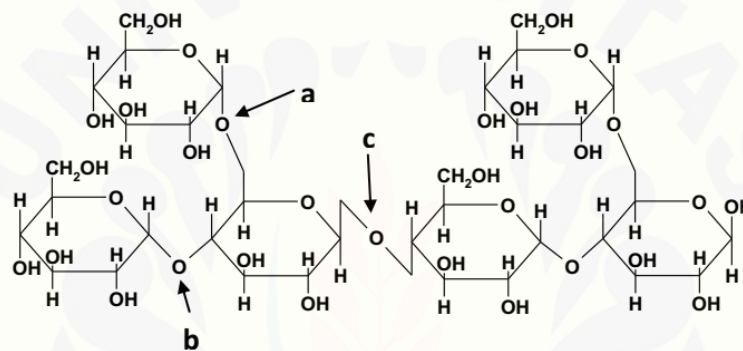
Genus *Sargassum* hidup pada bongkahan batu karang, warnanya bermacam-macam dari coklat muda sampai coklat tua. Alat pelekatnya terdiri dari cakram pipih, dari cakram ini muncul tangkai yang pendek silindrik yang tegak. Dari tangkai yang pendek ini muncul poros-poros silindrik panjang. Masing-masing poros ini dapat mencapai 1 meter panjangnya di mintakat bawah litoral dimana *Sargassum* hidup. Pada poros yang silindrik dengan diameter 3 mm terdapat bentuk-bentuk seperti daun, kantung udara dan cabang-cabang perkembangbiakan (Romimoharto dan Juwana, 2007). *Sargassum sp.*, merupakan golongan ganggang coklat (*Phaeophyta*) terbesar di laut tropis. Rumput laut ini memiliki sebaran yang tinggi dan sangat melimpah hampir di seluruh wilayah laut Indonesia (Atmadja dkk., 1996). Rumput laut coklat *Sargassum* memiliki morfologi seperti pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Rumput laut coklat *Sargassum*

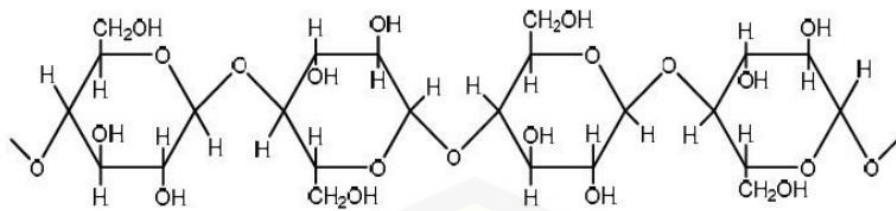
2.5.2 Polisakarida Rumput Laut Coklat

Polisakarida terbentuk dari rangkaian banyak monosakarida. Rangkaian polisakarida terjadi karena adanya ikatan glikosidik karena reaksi kondensasi. Ikatan glikosidik pada polisakarida menimbulkan rantai polimer lurus atau bercabang. Ikatan glikosidik $\alpha(1\rightarrow4)$ membuat rantai polimer polisakarida bercabang. Ikatan glikosidik $\alpha(1\rightarrow6)$ dan $\beta(1\rightarrow6)$ membentuk rangkaian polisakarida rantai lurus (Sumbono, 2016). Gambar 2.9 menunjukkan jenis – jenis ikatan glikosidik pada polisakarida dibawah ini.



Gambar 2. 2 Jenis ikatan glikosidik pada polisakarida. (a) ikatan glikosidik $\alpha(1\rightarrow4)$, (b) ikatan glikosidik $\alpha(1\rightarrow6)$, (c) $\beta(1\rightarrow6)$.

Polisakarida di dalam rumput laut yang merupakan komponen terbesar adalah selulosa. Selulosa adalah unsur struktural dan komponen utama dinding sel yang tersusun dari ulangan unit glukosa yang terikat melalui ikatan glikosida dan membentuk struktur yang teratur. Keteraturannya juga menimbulkan ikatan hidrogen secara intra- dan inter- molekuler. Rantai selulosa saling berikatan linier pada atom karbon pertama dan keempat $\beta(1\rightarrow4)$. Kebanyakan bahan yang mengandung selulosa bersifat keras dan kuat sehingga tahan terhadap peruraian secara enzimatik. Secara alamiah peruraian selulosa berlangsung lambat (Fan dkk., 1982). Gambar 2.10 menunjukkan struktur selulosa sebagai berikut.



Gambar 2. 3 Struktur Kimia Selulosa (Sumber : Lehninger 1993).

Polisakarida merupakan salah satu polimer alami. Polimer merupakan molekul rantai dengan molekul gabungan monomer yang berulang. Keberulangan monomer ini membuat polimer memiliki sifat khas kimiawi yang kuat. Biopolimer telah banyak digunakan dalam bidang medis, terutama sebagai sistem penghantaran obat karena sifatnya yang inert terhadap bahan aktif dan bersifat biokompatibel untuk dilakukan kombinasi. Polimer juga memiliki kemampuan membentuk jaringan. Polisakarida didapatkan dari sumber yang dapat diperbaharui seperti tumbuhan, alga, hewan dan mikroorganisme. Macam – macam polisakarida dapat dilihat pada Tabel 2.3 (Mano dkk., 2007).

Tabel 2. 6 Macam – macam polisakarida

Sumber polisakarida	Polisakarida
Tumbuhan	Selulosa, getah, pati
Alga	Alginat, galaktan, karageenan
Hewan	Kitin, kitosan, <i>hyaluronic acid</i>
Mikroorganisme	Dextran, <i>bacterial cellulose</i>

Sumber : Mano dkk., 2007

Kandungan nutrisi yang ada pada rumput laut menjadikan rumput laut berpotensi untuk digunakan dalam bidang kesehatan. Nutrisi yang terkandung yaitu polisakarida dan serat. Pada rumput laut polisakarida memiliki fungsi penting yaitu sebagai struktur penyusun dinding sel untuk memberi kekuatan mekanik dan bersifat tidak larut air, sebagai matriks pengisi antar sel yang berfungsi sebagai pengikat dan lapisan pelindung antar sel (Watt dkk., 2002). Polisakarida dari rumput laut coklat adalah Alginat (Jeong, 2010). Pemanfaatan alginat didasarkan oleh ketiga

sifat utamanya yang pertama yaitu kemampuan alginat dalam menaikkan viscositas larutan apabila dilarutkan dalam air. Kedua adalah kemampuan alginat untuk membentuk gel, ketiga adalah kemampuan alginat membentuk film dari natrium atau kalsium alginat dan fiber dari kalsium alginat (Mc Hugh, 2003).

Selama ini alginat banyak dimanfaatkan industri kosmetik, farmasi, obat, pangan dan cat. Alginat berfungsi sebagai pembentuk gel (*gelling agent*), penstabil (*stabilizer*), pengemulsi (*emulsifier*), pensuspensi (*suspending agent*), dan pendispersi suatu produk (Widyartini, 2012). Selain alginat rumput laut coklat juga mengandung protein, vitamin C, Phenol dan Fucoidan (Ode, 2014). Semua spesies rumput laut coklat mengandung alginat, meskipun kandungannya tidak sama (Zailanie dkk., 2003). Rumput laut coklat penghasil alginat yaitu *Turbinaria*, *Padina* dan *Sargassum* (Atmadja dkk., 2006). Alga coklat penghasil alginat (alginofit) yang paling banyak penyebarannya diperairan Indonesia adalah spesies dari marga *Sargassum* (Ode, 2014).

2.5.3 Ekstraksi Rumput Laut

Ekstraksi merupakan proses pemisahan suatu bahan dari campurannya, ekstraksi dapat dilakukan dengan berbagai cara dengan bantuan pelarut. Pelarut yang digunakan harus dapat mengekstrak substansi yang diinginkan tanpa melarutkan material lainnya. Ekstraksi menggunakan pelarut didasarkan pada kelarutan (Ansel, 1989). Jenis pelarut dalam ekstraksi, dapat mempengaruhi perolehan kadar zat aktif dari tumbuhan. Maka dari itu pemakaian pelarut yang terbaik akan semakin mempertinggi optimalisasi dalam pengestraksi sampel. Menurut Bhakuni dan Rawat (2005), pemisahan senyawa yang luas dari suatu campuran dapat dicapai oleh fraksinasi dengan pelarut organik. Pelarut organik yang umum digunakan ialah senyawa kimia seperti metanol. Pelarut yang umum digunakan adalah metanol, etanol, aseton, karena ketiga pelarut ini bersifat polar dan mudah larut dalam air. Metanol adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH . Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana. (Zulharmitta dkk., 2010). Pelarut metanol merupakan pelarut yang paling banyak digunakan dalam proses isolasi senyawa organik bahan alam (Susanti dkk., 2012). Metanol

merupakan pelarut universal yang memiliki gugus polar (-OH) dan gugus nonpolar (-CH₃) sehingga dapat menarik senyawa - senyawa yang bersifat polar dan nonpolar (Astarina dkk., 2013). Triwisari (2010) melakukan fraksinasi rumput laut menggunakan metanol dan aquades dimana hasil fraksinasi dengan menggunakan aquades diduga dapat melarutkan sebagian komponen poligalakturonan dan abu. Pelarut aquades merupakan air murni hasil destilasi. Air merupakan pelarut yang sangat baik bagi molekulmolekul polar seperti protein. Air dapat membentuk ikatan hidrogen yang sangat kuat dengan senyawa protein karena protein memiliki atom nitrogen yang merupakan salah satu atom pembentuk ikatan hidrogen, sehingga protein sebagian besar dapat larut pada aquades (Feigl dan Hill, 1986)

2.6 Simulated Body Fluid (SBF)

Simulated Body Fluid dikenal juga sebagai *Synthetic Body Fluid* adalah suatu larutan yang dibuat menyerupai kondisi tubuh (darah) manusia yang sebenarnya, dengan cara mengatur konsentrasi ion - ion seperti yang terkandung dalam tubuh manusia sehingga pH menyerupai kondisi tubuh manusia. Dibutuhkan reagent – reagent sebagai prekursor untuk mengatur konsentrasi ion – ion pada larutan SBF tersebut seperti NaCl KCl, HCl, dan (CH₂OH)₃CNH₂.

Komposisi penyusun konsentrasi ion SBF dapat dilihat pada Tabel 2.6 sebagai berikut :

Tabel 2. 7 Komposisi bahan *Simulated Body Fluid*

No	Bahan Kimia	Jumlah
1	NaCl	7.9996 gram
2	NaHCO ₃	0,350 gram
3	KCl	0,224 gram
4	K ₂ HPO ₄ .3H ₂ O	0,228 gram
5	MgCl ₂ .6H ₂ O	0,305 gram
6	HCl 1 M	40 ml
7	CaCl ₂ .2H ₂ O	0,278 gram
8	Na ₂ SO ₄	0,071 gram
9	(HOCH ₂) ₃ CNH ₂	6,057 gram

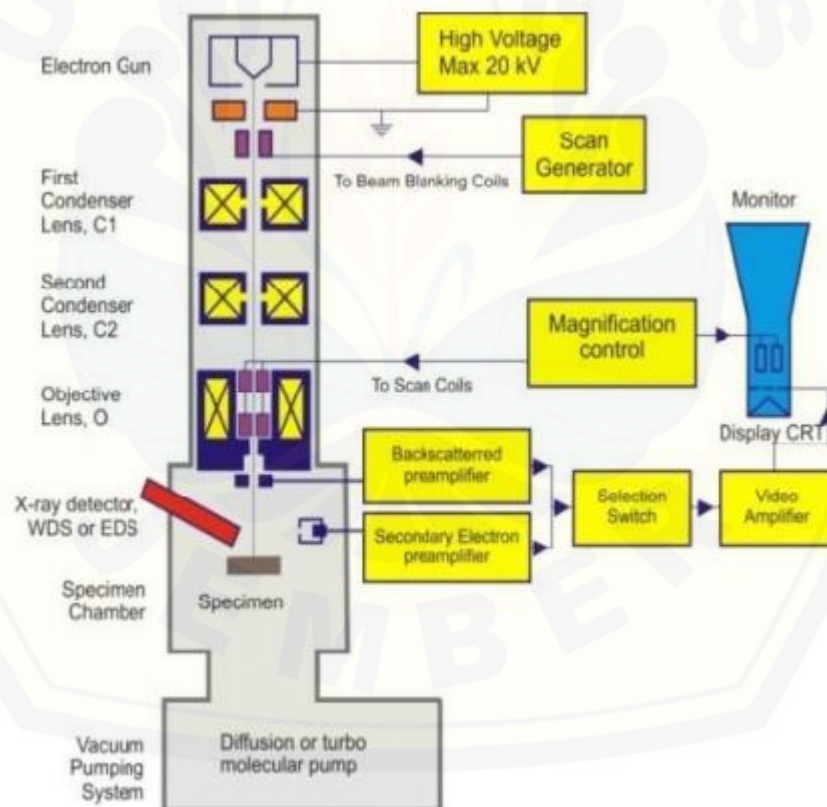
Sumber : Kokubo dan Kushitani, 1990

Simulated body fluid dibuat dengan cara mencampurkan semua bahan pada tabel tersebut ke dalam 1 liter air dengan temperatur 36,5°C kemudian di stir

menggunakan *magnetic stirrer*. Agar didapatkan pH 7,4 maka dilarutkan HCl sedikit demi sedikit untuk menambah kadar asam pada SBF tersebut (Kokubo dan Kushitani, 1990).

2.7 Scanning Electron Microscope (SEM)

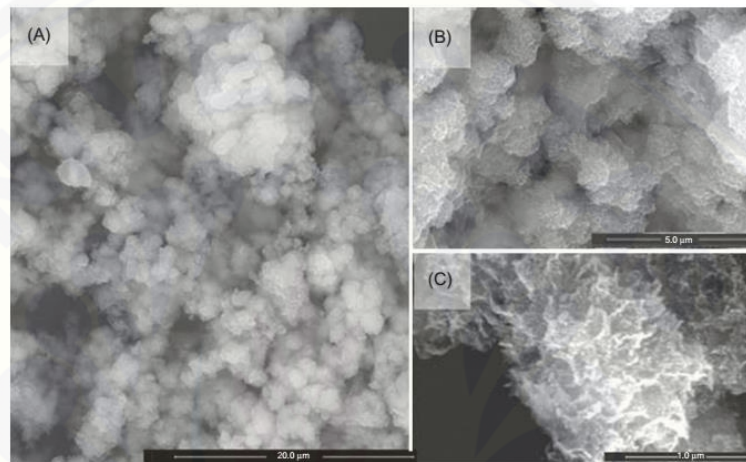
Scanning Electron Microscope adalah mikroskop elektron yang dapat menganalisa suatu permukaan sampel dengan cara menembakkan elektron dengan energi tinggi pada sampel sehingga elektron tersebut berinteraksi dengan atom – atom yang ada pada sampel. Kemudian sampel akan memproduksi sinyal – sinyal yang mengandung informasi mengenai topografi permukaan sampel, komposisi, maupun karakteristik lainnya (Ospara, 2010). Pada mikroskop scanner elektron mempunyai bagian-bagian seperti pada Gambar 2.11 berikut :



Gambar 2. 4 Blok diagram *Scanning Electron Microscopy* (Sujatno dkk., 2015).

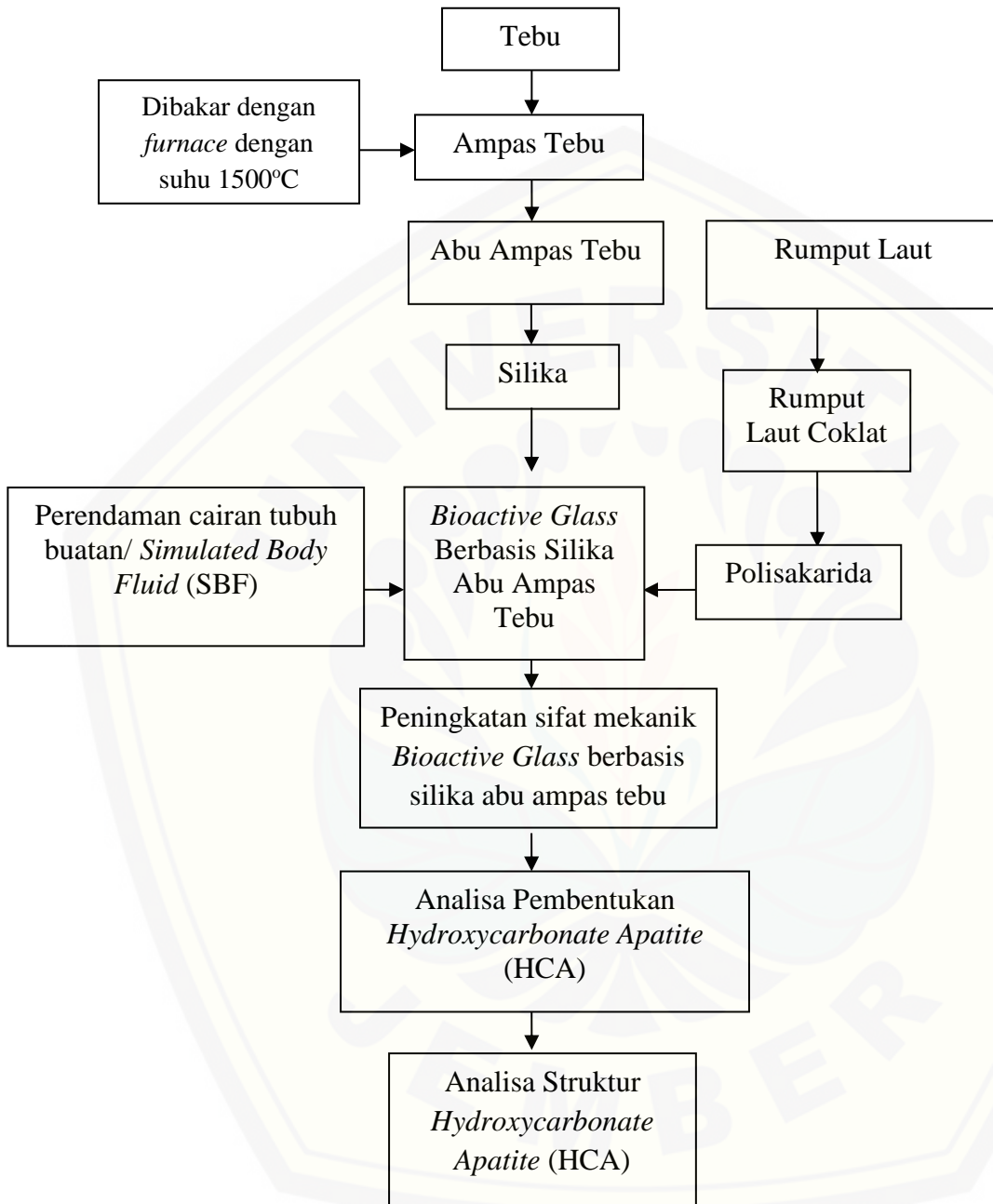
Cara kerja dari *mikroskop scanning electron* adalah sinar dari lampu dipancarkan pada lensa kondensor, sebelum masuk pada lensa kondensor ada pengatur dari pancaran sinar elektron yang ditembakkan. Sinar yang melewati lensa

kondensor diteruskan lensa objektif yang dapat diatur maju mundurnya. Sinar yang melewati lensa objektif diteruskan pada spesimen yang diatur miring pada pencekamnya, spesimen ini disinari oleh deteksi *x-ray* yang menghasilkan sebuah gambar yang diteruskan pada layar monitor (Respati, 2008). Gambar 2.12 menunjukkan gambaran HCA pada permukaan *Bioactive glass* yang dianalisa menggunakan SEM.



Gambar 2. 5 Gambaran hasil SEM pada *Bioactive glass* nanopartikel yang menunjukkan terbentuknya lapisan HA pada permukaannya. Gambar (B) dan (C) merupakan perbesaran dari gambar (A) (Sumber : Carvalho dkk., 2013).

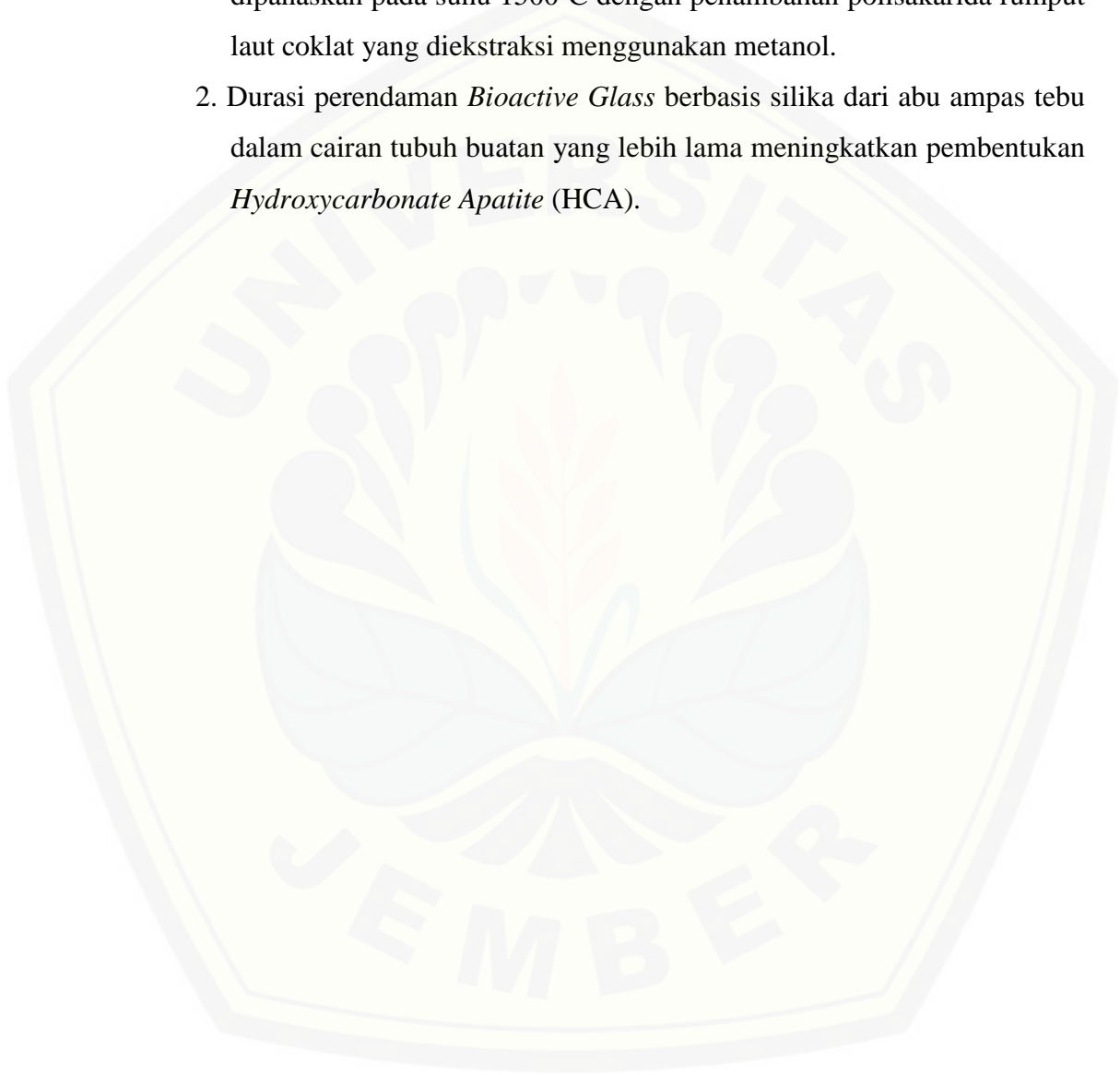
2.8 Kerangka Konsep



Gambar 2. 6 Kerangka Konsep

2.9 Hipotesis

1. Terdapat pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* (HCA) yang lebih tinggi pada *Bioactive Glass* berbasis silika dari ampas tebu yang dipanaskan pada suhu 1500°C dengan penambahan polisakarida rumput laut coklat yang diekstraksi menggunakan metanol.
2. Durasi perendaman *Bioactive Glass* berbasis silika dari abu ampas tebu dalam cairan tubuh buatan yang lebih lama meningkatkan pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* (HCA).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dengan rancangan penelitian *the post test with control group design*, yaitu melakukan pengamatan atau pengukuran pada kelompok perlakuan dan membandingkannya dengan kelompok kontrol dalam waktu tertentu.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan dan penelitian *bioactive glass* berbasis silika dari *abu ampas tebu* dan polisakarida rumput laut coklat dilakukan di Laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember

3.3 Identifikasi Variabel

a. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah

1. Bahan pelarut pada ekstraksi polisakarida rumput laut.
2. Durasi perendaman *Bioactive Glass* berbasis silika dari abu ampas tebu yang ditambah polisakarida.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA).

c. Variabel Terkendali

1. Jenis dan asal abu ampas tebu.
2. Jenis dan asal rumput laut coklat
3. Prosedur pembuatan *bioactive glass* berbasis silika dari abu ampas tebu dengan metode *sol-gel*.
4. Metode ekstraksi polisakarida rumput laut coklat
5. Metode pembuatan cairan tubuh buatan.

3.3 Definisi Operasional

a. Abu ampas tebu

Merupakan abu hasil pembakaran ampas tebu berwarna coklat.

b. *Bioactive glass* berbasis silika dari abu ampas tebu

Bioactive glass berbasis silika abu ampas tebu merupakan hasil sintesa dari silika dari abu ampas tebu dengan metode *Sol - Gel*. Sehingga terbentuk *powder* yang bersifat bioaktif.

c. Polisakarida rumput laut coklat

Polisakarida merupakan bahan yang diperoleh dari ekstraksi rumput laut coklat menggunakan pelarut aquades dan metanol sehingga didapatkan bentukan powder.

d. Lapisan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA)

Merupakan ion karbonat yang bergabung didalam apatit. Pada analisa *Scanning Electron Microscopy* terlihat bentukan kristal dan setelah dianalisa dengan *Software Image J* akan ditandai dengan warna merah yang menunjukkan adanya pembentukkan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA).

3.5 Sampel Penelitian

3.5.1 Kriteria Sampel Penelitian

- a. Sampel penelitian dalam bentuk bulatan padat dari bahan *bioactive glass* berbasis silika dari abu ampas tebu dan ditambahkan polisakarida rumput laut coklat sesuai dengan bentuk cetakan yang sama.
- b. Bahan cetakan kuningan dengan diameter 5mm dan tinggi 4mm
- c. Bahan cetakan dengan kehalusan permukaan yang sama
- d. Bahan cetakan tidak porus

3.5.2 Besar Sampel

Jumlah Sampel yang digunakan pada penelitian ini menggunakan rumus (Budiarto, 2002).

$$n = \frac{z^2 \cdot \sigma^2}{d^2}$$

$$n = \frac{1,96^2 \cdot \sigma^2}{\sigma^2}$$

$$n = \frac{1,96^2 \cdot \sigma^2}{\sigma^2}$$

$$n = 1,96^2$$

$$n = 3,84$$

$$n = 4$$

Keterangan :

n = Besar sampel minimum

σ = Standart deviasi sampel

d = Kesalahan yang masih dapat di toleransi, diasumsikan $d = \sigma$

z = Konstanta pada tingkat kesalahan tertentu, jika $\alpha = 0,05$ maka $z = 1,96$

3.5.3 Pengelompokan Sampel Penelitian

Sampel dikelompokkan menjadi 3 kelompok

1. Kelompok Kontrol : Kelompok *bioactive glass* berbasis silika dari abu ampas tebu yang tidak ditambah polisakarida.
2. Kelompok Perlakuan 1 : Kelompok *bioactive glass* berbasis silika dari abu ampas tebu yang ditambah polisakarida dengan pelarut aquades.
3. Kelompok Perlakuan 2 : Kelompok *bioactive glass* berbasis silika dari abu ampas tebu yang ditambah polisakarida dengan pelarut metanol.

Masing - masing kelompok tersebut dibagi menjadi 4 sub kelompok untuk dilakukan perendaman dalam cairan tubuh buatan selama 0, 2, 12 dan 24 jam.

3.6 Alat dan Bahan Penelitian

3.6.1 Alat

- a. Oven
- b. *Muffle* Furnace
- c. Saringan 200 mesh
- d. Saringan 30 mesh
- e. Mortar dan Pastel
- f. Kertas saring Whatman No. 42
- g. pH meter elektrik
- h. Timbangan elektrik (4 angka dibelakang koma)
- i. Pengaduk Magnet (Wisester)
- j. Beaker Glass (200 ml, 400 ml, 500 ml, dan 1000ml)
- k. Tabung Erlenmeyer
- l. Cawan Porselin
- m. Corong Kaca

- n. Falcon tube
- o. Cetakan lempeng kuningann
- p. *Furnace* 1500 °C
- q. SEM (*Scanning ElectronMicroscope*)
- r. *Software Image J*

3.6.2 Bahan

- a. Abu ampas tebu
- b. Rumput laut coklat
- c. HCl 0.1 M
- d. NaOH 2 N
- e. Etanol 96%
- f. Methanol
- g. HNO₃ 2M
- h. P₂O₅
- i. Ca(NO₃)₂ 4 H₂O
- j. Aquades
- k. *Simulated Body Fluid (SBF)*
- l. (CaOH)₂
- m. Alkohol 70%
- n. NaCl
- o. NaHCO₃
- p. KCl
- q. K₂HPO₄.3H₂O
- r. MgCl.6H₂O
- s. CaCl₂.2H₂O
- t. Na₂SO₄
- u. (HOCH₂)₃CNH₂
- v. Aluminium Foil

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Tahap persiapan

a. Uji identifikasi tebu

Identifikasi tanaman tebu dilakukan di UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi, Pasuruan Jawa Timur

b. Uji identifikasi rumput laut coklat

Identifikasi rumput laut coklat dilakukan di Laboratorium Botani dan Kultur Jaringan, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember

c. Sterilisasi alat

Alat-alat yang terbuat dari plastic dicuci bersih, dikeringkan kemudian direndam alcohol 70% selama 15 menit, kemudian untuk alat-alat yang terbuat dari logam yang akan digunakan dicuci bersih dan disterilkan dengan autoclave selama 15 menit dengan suhu 121⁰C (Lugito, 2013)

3.7.2 Pembuatan *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu

3.7.2.1 Ekstraksi silika dari ampas tebu dan prekursor silika

Pembuatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu diawali dengan pembuatan prekursor silika yang berupa natrium silika. Prosedur pembuatan natrium silika dari ampas tebu sebagai berikut (Kristianingrum, dkk., 2011: 284):

1. Sebanyak 5 kg ampas tebu dikeringkan di bawah sinar matahari, kemudian dibakar dengan api selama 2 jam.
2. Membakar ampas tebu menggunakan alat furnace bersuhu 1500⁰C selama 2 hari hingga menjadi abu ampas tebu.
3. Mengayak abu ampas tebu menggunakan ayakan 200 mesh. Hasil ayakan abu tersebut ditimbang dan diambil 25 gram.
4. 25 gram abu dimasukkan kedalam tabung erlenmayer, kemudian ditambahkan larutan HCL 150 ml 0.1 M, dan diaduk secara otomatis menggunakan alat pengaduk magnet selama 1 jam. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan logam lain selain silika yang terdapat pada abu. Hasil pengadukan tersebut kemudian didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam.

5. Abu ampas tebu disaring menggunakan kertas saring dan dibilas dengan akuades hingga pH normal yaitu 7. Pengecekan pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter.
6. Mengeringkan abu ampas tebu dalam oven bersuhu 110°C selama 2 jam, kemudian ditimbang.
7. Abu yang akan digunakan pada tahap selanjutnya adalah 10 gram. Abu tersebut dimasukkan kedalam tabung erlenmayer, kemudian dicampur dengan larutan 60 ml NaOH 2 N, dan diaduk secara otomatis menggunakan alat pengaduk magnet. Suhu alat pengaduk magnet diaktifkan dan diatur sampai larutan mendidih selama 60 menit.
8. Mendinginkan campuran di atas hingga mencapai suhu kamar, kemudian disaring dengan kertas saring Whatman No. 42 . Hasil dari penyaringan ini adalah filtrat berupa natrium silika basah.
9. Mengeringkan natrium silika dengan oven bersuhu 110°C selama 2 jam sehingga terbentuk natrium silika kering yang siap digunakan sebagai prekursor silika dalam pembuatan *bioactive glass nano silica*.

3.7.2.2 Pembuatan Bioactive Glass nano silika dari natrium silika

Prosedur selanjutnya adalah membuat *Bioactive glass nano silica* dari natrium silika. Prosedur pembuatan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu sebagai berikut (Adams dkk., 2013) :

1. Natrium silika ditimbang sebanyak 5 gram, kemudian dimasukkan kedalam tabung erlenmayer, dicampur dengan 15 ml akuades, dan diaduk secara otomatis menggunakan alat pengaduk magnet.
2. Sebanyak 2,5 ml etanol 96% ditambahkan pada campuran di atas, dan tetap diaduk sampai larutan terlihat jernih.
3. HNO_3 2 M kemudian ditambahkan sampai pH larutan menjadi normal (7). Pengecekan pH dilakukan menggunakan alat pH meter. Campuran di atas tetap diaduk secara otomatis selama 1 jam.
4. Sebanyak 0,5 gram P_2O_5 (*phosporus pentoxide*) ditambahkan kedalam campuran di atas dan tetap diaduk selama 45 menit.

5. Selanjutnya ditambahkan 4,1 gram $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (*calcium nitrate tetrahydrat*) dan tetap diaduk selama 45 menit.
6. Terakhir campuran tersebut diaduk selama 1 jam dan kemudian didiamkan selama 5 hari dalam temperatur ruang.
7. Campuran tersebut dikeringkan dalam oven bersuhu 60°C selama 72 jam.
8. Pengeringan akhir dilakukan menggunakan alat *furnace* dengan suhu 700°C selama 5 jam
9. *Bioactive glass* digerus dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh dan diletakkan ke dalam botol kecil.

3.7.3 Pembuatan Cairan Tubuh Buatan (Sianturi,2008)

1. Cairan tubuh buatan ini disusun dengan menggunakan reagen yang terdiri dari KCL 0.224 gram, NaCl 7.996 gram, NaHCO_3 0.350 gram, NaHCO_3 0.350 gram, $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 0,228 gram, HCL 1 M 40 ml, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.305 gram, KCl 0,224 gram, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,278 gram, Na_2SO_4 0,071 gram, $(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$ 6,057 gram.
2. Reagen dicampurkan kedalam 1 liter air pada temperatur $36,5^\circ\text{C}$, kemudian *distir* menggunakan *Magnetic Stirrer*
3. pH diatur sehingga menjadi 7,4 dengan cara menambahkan HCl 1 M sedikit demi sedikit untuk menambah kadar asam.
4. Suhu larutan dipertahankan pada $36,5^\circ\text{C}$.

3.7.4 Fraksinasi polisakarida rumput laut coklat (Triwisari, 2010).

1. Mempersiapkan rumput laut coklat dan dicuci dengan air
2. Melakukan pengeringan dengan bantuan sinar matahari kurang lebih selama 5 hari.
3. Melakukan pengovenan pada suhu 60°C selama 3 jam.
4. Melakukan proses pengayakan 30 mesh sehingga didapatkan sediaan dalam bentuk tepung rumput laut.
5. Melakukan ekstraksi polisakarida dengan mencampurkan tepung rumput laut sebanyak 100 gram dengan menggunakan pelarut berupa air sebanyak 500 ml.

6. Merendam kembali selama 1 jam pada suhu 30⁰C. Dilakukan kembali penyaringan sehingga didapatkan hasil berupa ampas dan filtrat.
7. Kemudian ampas diambil dilakukan pengendapan selama 24 jam. Lalu dikeringkan sampai didapatkan powder polisakarida rumput laut coklat sebagai perlakuan 1.
8. Mengambil filtrat sebanyak 100 ml kemudian dilakukan pencampuran dengan methanol sebanyak 100 ml lalu dilakukan pengendapan selama 24 jam. Kemudian dikeringkan hingga mendapatkan powder polisakarida rumput laut coklat digunakan sebagai perlakuan 2.
9. Hasil endapan berupa powder digunakan sebagai sampel penelitian.

3.7.5 Pembuatan sampel *Bioactive glass nano silica* abu ampas tebu dengan polisakarida rumput laut coklat

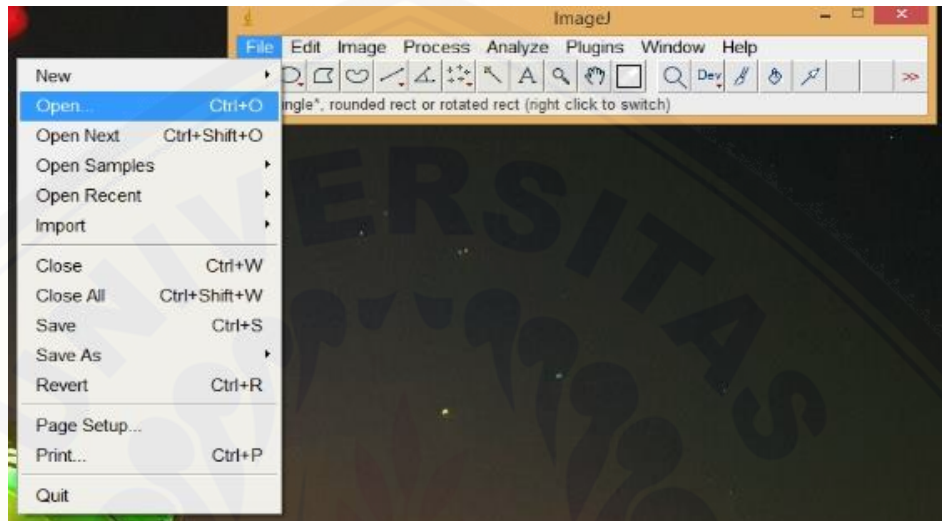
1. Sampel dibuat dengan mencampurkan powder *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu dengan powder polisakarida rumput laut coklat
2. Masukkan adonan kedalam cetakan berupa cetakan kuningan dengan diameter 5 mm dan tinggi 4 mm dengan menggunakan spatula agate.
3. Memadatkan sampel menggunakan stoper semen.
4. Kemudian tutup dengan penutup lempeng kuningan
5. Cetakan diberi tekanan untuk memadatkan sampel
6. Sampel dilepas dari cetakan
7. Sampel difurnace dengan suhu 700⁰C selama 5 jam.

3.7.6 Analisis Pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA)

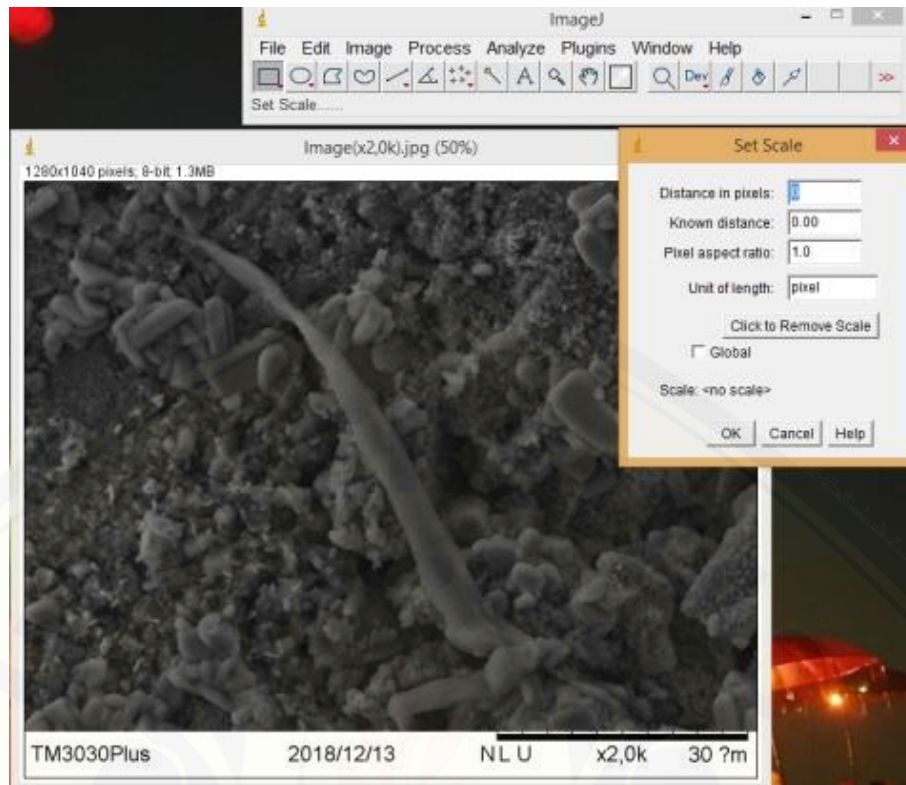
Sampel yang berukuran 4 x 5 mm dimasukkan kedalam pot obat yang sudah diisi cairan tubuh buatan. Kemudian dimasukkan kedalam incubator dengan suhu ruangan. Ditunggu masa perendaman selama 0 jam, 2 jam 12 jam dan 24 jam. Setelah itu sampel diambil. Sampel yang sudah kering diamati dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk diamati struktur pembentukan HCA. (Hidayat, 2017)

3.7.7 Pengolahan Gambar SEM pada software *Image J*

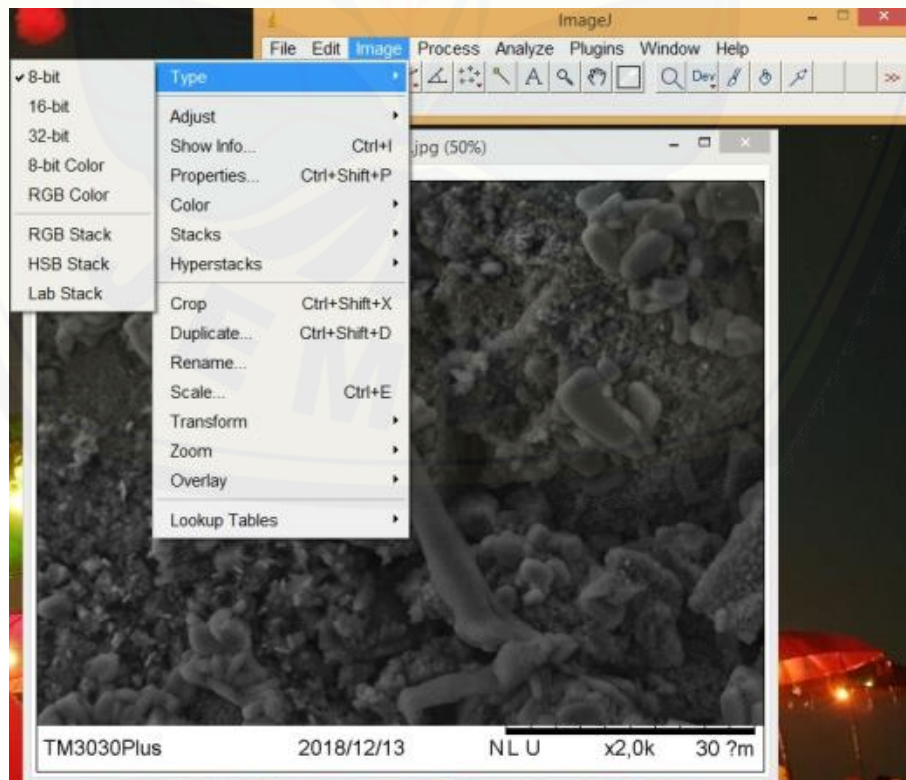
1. Pengolahan gambar yang didapat dengan menggunakan software *Image J*
2. Buka aplikasi software *Image J*, klik *File* pada *Toolbar* , kemudian *Open* dan pilih gambar yang akan diolah



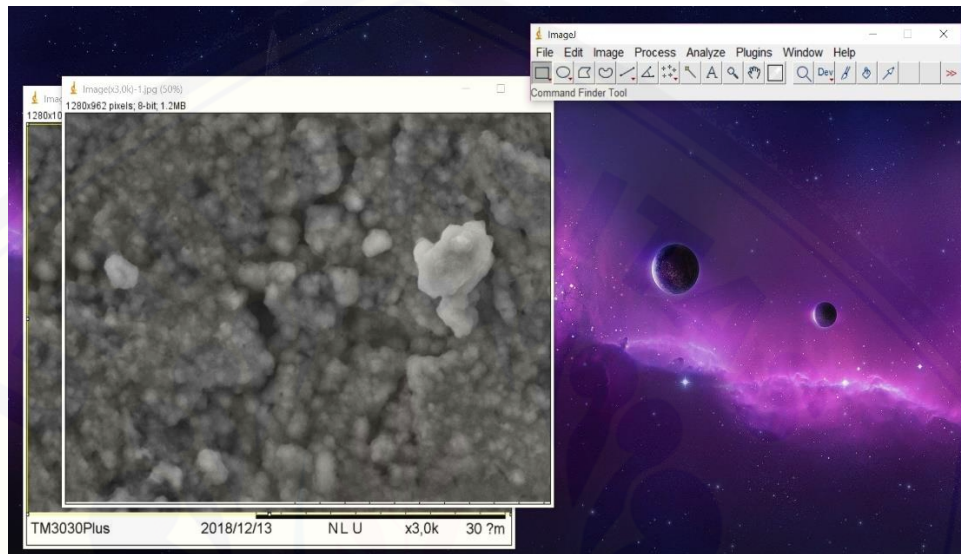
3. Langkah pertama untuk menggunakan *Image J*, hal yang harus dilakukan untuk menganalisis ukuran area pembentukan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) dari gambar sampel dengan mengkalibrasi ukuran pixel gambar SEM berupa garis dengan skala untuk menunjukkan tingkat perbesaran yang dilakukan. Kalibrasi dilakukan dengan cara menggambar garis lurus sepanjang garis acuan dengan memilih *icon* garis pada *toolbar* . Set Skala dipilih dengan klik *Analyze > Set Scale*. Selanjutnya pengaturan disesuaikan dengan ukuran acuan dan satuan acuan yang digunakan. Pilih kolom global untuk menggunakan skala kalibrasi ini hingga aplikasi *Image J* ditutup (Kurniawan dkk., 2011)



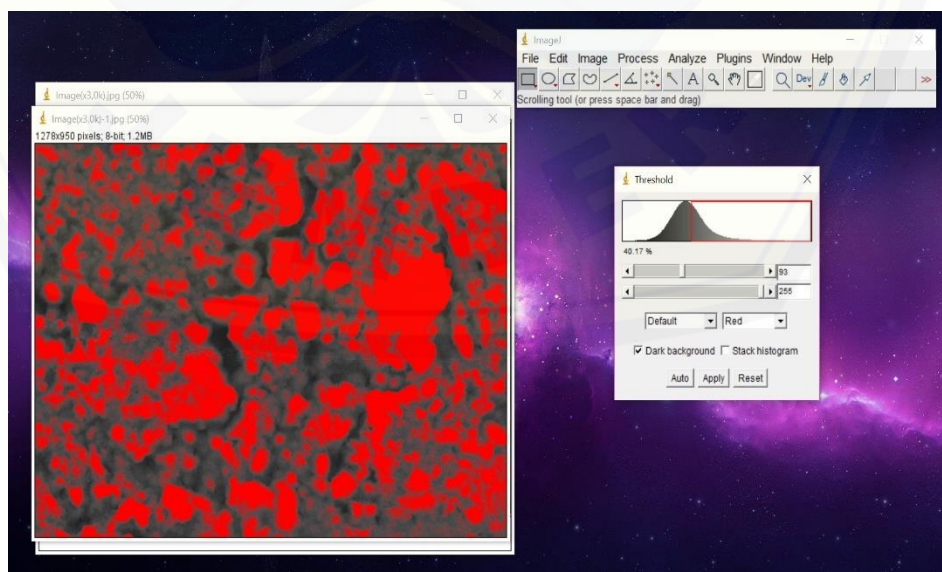
4. Tahap selanjutnya menyesuaikan tipe gambar dengan memilih menu *Image* > *Type* > *8-bit*



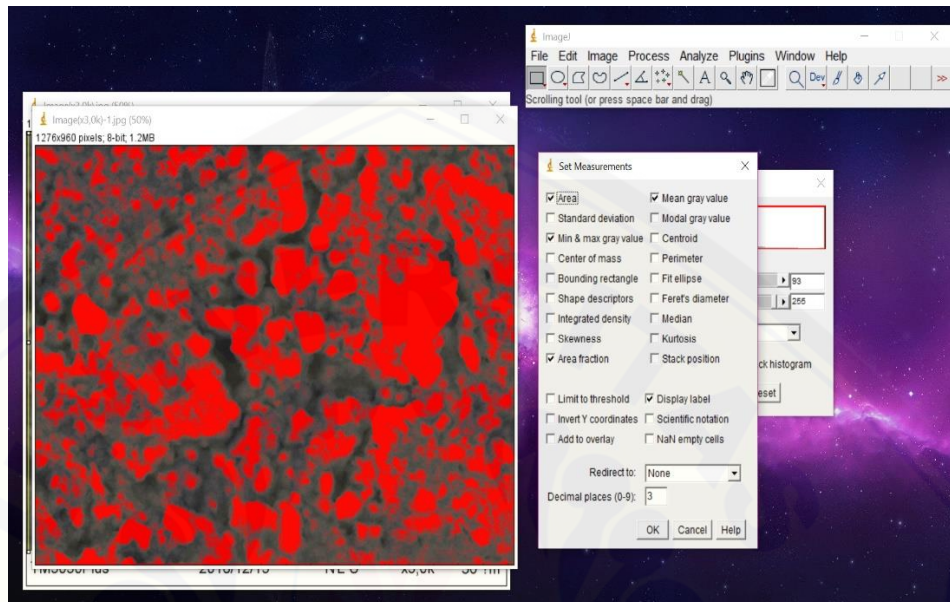
5. Dalam menganalisa luas pembentukan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) di pilih daerah yang ingin dianalisa dengan cara memilih icon *Rectangle* (Kotak) kemudian arahkan pada gambar yang ingin dianalisa. Klik *Image > Duplicate > OK* maka akan muncul jendela baru berupa daerah yang ingin dianalisa.



6. Setelah didapatkan area yang akan dianalisa klik menu *Image > Adjust > Threshold*. Terlihat luas pembentukan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) akan ditandai dengan warna merah pada gambar. Kemudian klik *Apply*



7. Selanjutnya dilakukan analisa pembentukan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) dengan menggunakan menu *Analyze > Set Measurement > centang Area Fraction > OK*



8. Kemudian untuk mengeluarkan hasil perhitungan klik *Analyze > Measurement* dan hasil akan keluar melalui tabel (Kurniawan dkk., 2011)

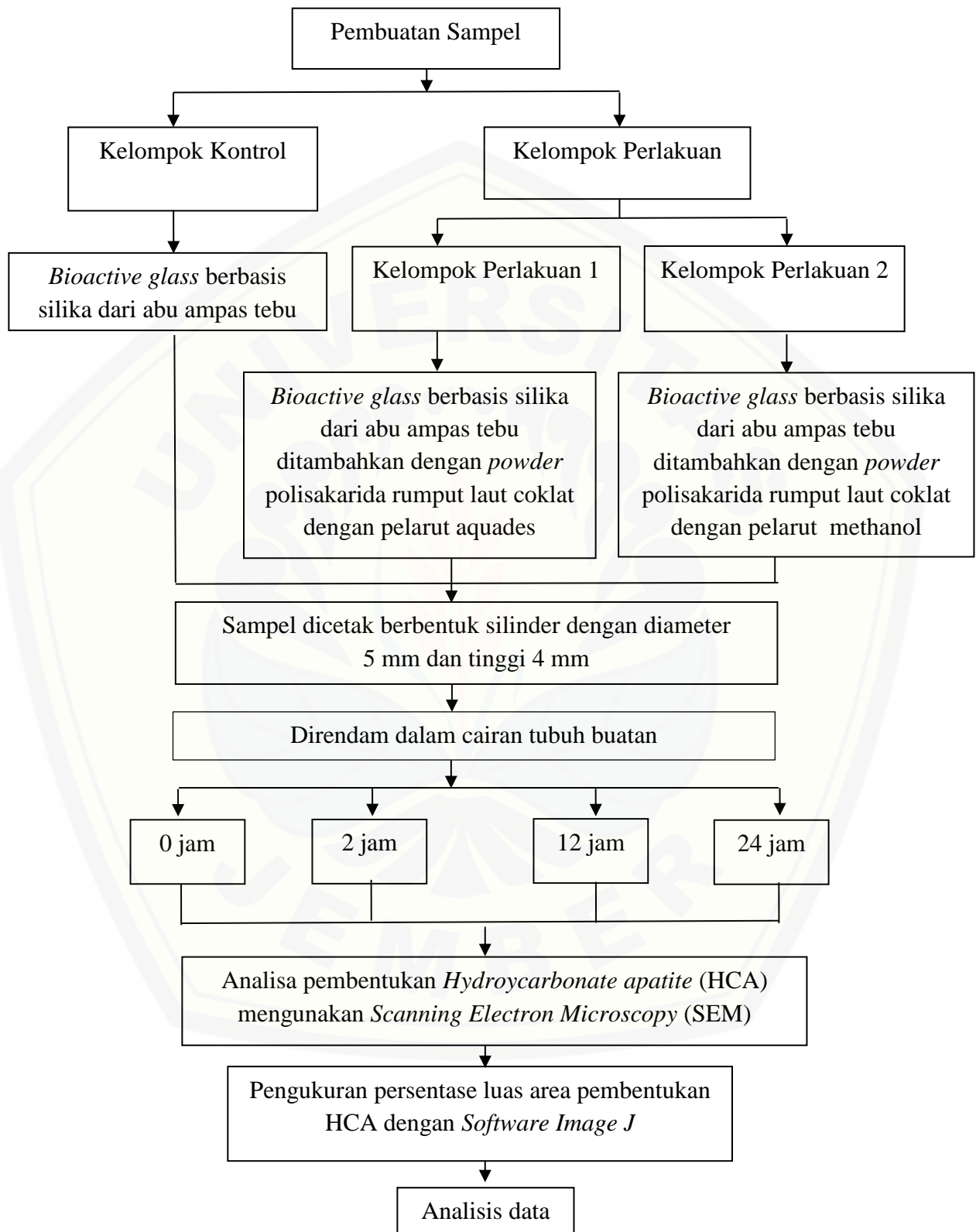
The screenshot shows the 'Results' window in ImageJ. The window title is 'Results'. The table contains the following data:

Area	Mean	Min	Max	%Area	
1	1331200	64.893	0	255	40.064

3.8 Analisis Data

Data yang dihasilkan berbentuk rasio kemudian dianalisis menggunakan software yaitu program SPSS. Uji normalitas dengan menggunakan Shapiro-Wilk dan uji homogenitas dengan menggunakan *Levene's test*. Kedua uji tersebut dilakukan untuk mengetahui distribusi data dengan signifikansi ($p > 0,05$). Setelah didapatkan data terdistribusi normal dan homogen maka dilakukan uji parametrik dengan menggunakan uji *two way annova* dan uji lanjutan menggunakan uji *post hoc* Tukey untuk menguji perbedaan antar kelompok.

3.9 Alur Penelitian



Gambar 2. 7 Alur Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Penambahan polisakarida rumput laut coklat yang diekstraksi menggunakan aquades dan metanol pada *Bioactive Glass* berbasis silika dari ampas tebu yang dipanaskan pada suhu 1500°C menyebabkan peningkatan luas area pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* (HCA).
2. Durasi perendaman *Bioactive Glass* berbasis silika dari abu ampas tebu tanpa dan dengan penambahan polisakarida rumput laut coklat dalam cairan tubuh buatan yang lebih lama meningkatkan pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* (HCA).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kandungan spesifik yang terdapat pada rumput laut coklat serta pemurnian polisakarida rumput laut coklat yang dapat mendukung pembentukan HCA.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan takaran yang optimal antara bahan *Bioactive Glass* berbasis silika dari abu ampas tebu dengan rumput laut coklat pada sampel.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai *Bioactive Glass* berbasis silika dari abu ampas tebu sebagai bahan dalam bidang kedokteran gigi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, Z., M. E. Bahrololoom, M. H. Shariat, dan R. Bagheri. 2015. Bioactive glasses in dentistry: A review. *Journal of Dental Biomaterials*. 2(1).
- Adel, A. M., A. Youssef, A. A. El-Gendy, dan A. M. Nada. 2010. Carboxymethylated cellulose hydrogel: sorption behavior and characterization. *Nature and Science*. 8 (8): 244-256.
- Adibah, F. 2017. Analisis Kelarutan Silika Bahan Bioactive Glass Nano Silica dari Abu Ampas Tebu yang Direndam pada Cairan Tubuh Buatan. *Skripsi*. Jember: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.
- Affandi, S., H. Setyawan, A. Purwanto, S. Winardi, dan R. Balgis. 2009. A facile method for production of high purity silica xerogels from bagasse ash. *Advanced Powder Technology*. 20: 468–472.
- Alamsyah, A. A. 2017. Pemanfaatan Abu Ampas Tebu (Bagasse Ash of Sugar Cane) sebagai Bahan Pengisi (Filler) dengan Variasi Tumbukan pada Campuran Aspal Panas ATB (Asphalt Treatd Base). *Prosiding Seminar Teknologi dan Rekayasa. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang*. (3).
- Alex. 2005. Kinetika Adsorpsi Logam Zn (II) dan Cd (II) Pada Bahan Hibrida Merkpto-Silika dari Abu Sekam Padi. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada.
- Ana, S. M., dan K. Ishikawa. 2010. Engineering of carbonate apatite bone substitute based on composition-transformation of gypsum and calcium hydroxide. *Engineering*. 2(5): 344-52.
- Andreast, A. H. Kristianto, dan D. F. Kurniawan. 2016. Sintesis Nanosilika dari Sekam Padi Menggunakan Metode Sol-Gel dengan Pelarut Etanol. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan": Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. 17 Maret 2016. UPN Veteran Yogyakarta.
- Ansel, H. C. 1989. *Introduction of Pharmaceutical Dosage Forms*. Philadelphia : Lea & Febiger U.S. Terjemahan oleh F. Ibrahim. 2008. *Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi*. Jakarta: UI Press.
- Astarina, N. W. G., K. W. Astuti, dan N. K. Warditiani. 2013. Skrining fitokimia ekstrak metanol Rimpang Bangle. *Jurnal Farmasi Udayana*. 2(4): 1-6.

- Atmadja, W. S., A. Kadi, Silistijo, dan Rachmaniar. 1996. *Pengenalan Jenis- Jenis Rumput Laut Indonesia*. Jakarta: Puslitbang Oseanologi- LIPI.
- Brindley, B., dan G. Brown. 1980. Crystal structure of clay minerals and their XRD identification. *Mineralogical Society Monograph*. 5(10). 1180.
- Bhakuni, D. S., dan D. S. Rawat. 2005. *Bioactive Marine Natural Products*. Springer: Netherlands.
- Bhavanath, J., C. R. K. Reddy, C. T. Mukund, dan M. U. Rao. 2009. *Seaweed of India : The Distribution of Seaweed of the Gujarat Coast*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Bhattacharya. 2014. Study on structural, mechanical and functional properties of polyester silica nanocomposite fabric. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*. 21(1): 43-52.
- Bintarti, T. W. Sintesis dan Karakterisasi Bone Graft Berbasis Hidroksiapatit dan Alginat. *Skripsi*. Surabaya: Program Studi Teknobiomedik, Departemen Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Airlangga.
- Boccaccini, A. R., M. Erol, W. J. Stark, D. Mohn, Z. Hong, J. F. Mano. 2010. Polymer/bioactive glass nanocomposites for biomedical applications. A Review, Composites Science and Technology. *Journal of Computer Science and Technology*. 70(13).
- Bragmann, C. P., dan M. R. F. Goncalves. 2006. Thermal insulators made with rice husk ashes: production and correlation between properties and microstructure. *Construction and Building Material*. 21: 2059-2065.
- Carvalho, S. M., A. R. A. Oliviera, E. M. F. Lemos, dan M. Pereira. 2013. Bioactive glass nanoparticles for periodontal regeneration ad application in dentistry. *Nanobiomaterials in Clinical Dentistry*. Federal University of Minas Gerais.
- Chapman, V. J., dan D. J. Chapman, 1980. *Seaweed and Their Uses*. London: Chapman and Hall.
- Chen Q. Z., K. Rezwan, V. Francon, D. Armitage, S. N. Nazhat, F. H. Jones, dan A. R. Boccaccini. 2007. Surface functionalization of 45S5 Bioglass®-based glass-ceramic scaffolds. *Acta Biomater*. 3: 551-562.

- Codero, P. A. Jr. 1980. Taxonomy and Distribution of Philippine Useful Seaweed. Metro Manila: FAO. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XB8110441> [Diakses pada 2 Juli 2019].
- Della, V. P., I. Kuhn, dan D. Hotza. 2002. Rusk husk ash an alternate source for active silica production. *Materials Letters*. (57) 818-821.
- Erlinda, N. D. R. 2015. Sintesis Nanosilika dari Abu Ketel Industri Gula Menggunakan Metode Ko-presipitasi dengan Template Pati. *Skripsi*. Bogor: Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Farooq I., Z. Imran, U. Farooq, A. Leghari, dan H. Ali. 2012. Bioactive Glass: A material for the future. *World Journal of Dentistry*. 3:199-201.
- Feigl, D. M., dan J. W. Hill. 1986. General, organic, and biological chemistry: Foundation of Life. *Journal of Chemical Education*. 61(5).
- Fernandez, B. R. 2012. Sintesis Nanopartikel SiO₂ Menggunakan Metoda Sol-gel Dan Aplikasinya Terhadap Aktifitas Sitotoksik Sel Dalam Review Jurnal Nanoteknologi. *Review Jurnal Nanoteknologi*. Padang: Jurusan Kimia, Program Pascasarjana Universitas Andalas.
- Ghorbani, F., A. M. Sanati, dan M. Maleki. 2015. Production of silica nanoparticles from rice husk as agricultural waste by environmental friendly technique. *Environmental Studies of Persian Gulf*. 2(1): 56-65.
- Greenspan, D. C. 1999. Development in Biocompatible Glass Compositions. An MD&DI March Column, Spec Section. www.devicelink.cm/mddi/archive/99/03/011.html [Diakses pada 10 Desember 2018].
- Hanafi dan Nandang. 2010. Studi pengaruh bentuk silika dari abu ampas tebu terhadap kekuatan produk keramik. *Jurnal Kimia Indonesia*. 5(1): 35-38.
- Hara. 1986. *Utilization of Agrowaste for Building Material*. International Research and Development Cooperation Division, AIST, MITI, Japan.
- Hariharan, V., dan G. Sivakumar. 2013. Studies on synthesized nanosilica obtained from bagasse ash. *International Journal of ChemTech Research*. 5(3): 1263-1266.
- Hemagaran, G., dan P. Neelakantan. 2014. Remineralization of the tooth structure - the future of dentistry. *International Journal of PharmTech Research*. 6(2): 487-493.

- Hench, L.L. 2006. The story of Bioglass®. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 17: 967–978.
- Hidayat, W. 2017. Analisis Pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* pada Bubuk Glass Ionomer Tipe II dengan Penambahan *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu yang Direndam Cairan Tubuh Buatan. *Skripsi*. Jember: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.
- Indrawanto, Chandra. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*. Jakarta: ESKA Media.
- Jones, J. R. 2013. Review of Bioactive Glass: from hench to hybrids. *Acta Biomater*. 9: 4457-86.
- Respati, S. M. B. 2008. Macam-Macam Mikroskop dan Cara Penggunaan. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang. *Momentum*. 4(2): 42 – 44.
- Kalpathy, U., A. Proctor, dan J. Shultz. 2000. A Simple method for production of pure silica from rice hull ash. *Bioresource Technology*. 73: 257–262.
- Kenny S. M., dan M. Buggy. 2003. Bone cements and fillers. *Journal Material Science : Materials in Medicine*. 14: 923-38.
- Kimball, J.W. 1975. *Biology*. Third edition. Palo Alto: Addison-Wesley. Terjemahan oleh S. Soetarmi. 1992. *Biologi*. Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.
- Kirk, K. E., dan D. F. Othmer. 1984. Encyclopedia of chemical technology. *Chemical English News Archive*. 62.
- Kokubo, T., dan H. Kushitani. 1990. Solutions able to reproduce in vivo surface structure changes in bioactive glass ceramic A-W. *Journal of Biomedical Materials Research*. 24: 721-734.
- Krishnarao, R. V. dan M. M. Godhindi. 1992. Distribution of silica in rice husk and its effect on die formation of silicon carbide. *Ceminin International*. 18: 243-49.
- Kumar, C. S., P. Ganesan, P. V. Suresh, dan N. Bhaskar. 2008. Seaweeds as a source of nutritionally beneficial compounds. *Journal Food Science Technology*. 45: 1-13
- Liza, Y. M., R. C. Yasin, S. S. Maidani, dan R. Zainul. 2018. Sol Gel : Principle And Technique (A Review). <https://osf.io/preprints/inarxiv/2cuh8/> [Diakses pada 13 Januari 2015].

- Magruder, W. H. 1979. *Seaweed Of Hawaii*. Honolulu: The Oriental Publishing Company.
- Mano, J. F., G.A. Silva, H. S. Azevedo, P. B. Malafaya, R. A. Sousa, S. S. Silva, L. F. Boesel, J. M. Oliveira, T. C. Santos, A. P. Marques, N. M. Neves, dan R. L. Reis. 2007. Natural origin biodegradable systems in tissue engineering and regenerative medicine: Present status and some moving trends. *Journal of The Royal Society Interface*. 4(17): 999-1030.
- Masturi, Mikrajuddin, dan Khairuurijal. 2010. *Efektivitas Polyvinyl Acetate (PVAc) sebagai Matriks Pada Komposisi Sampah*. Institute Teknologi Bandung. 13(2) : 61-66.
- Mc. Hugh, D. J. 2003. *A guide to seaweed industry*. FAO Fisheries Technical Paper 441. Rome : FAO.
- Mujiyanti, D. R., Nuryono, E. S. Kunarti. 2010. Sintesis dan karakterisasi silika gel dari abu sekam padi yang dimobilisasi dengan 3-(trimetoksisilil)-1-propantiol. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. 4(2):150-167.
- Munasir, A M., dan Triwikantoro. 2010. Sintesis Silika Amorf Dari Bahan Alam Lumpur Sidoarjo dengan Metode Kopresipitasi. *Prosiding Seminar Nasional Fisika. UNESA Semarang*.
- Munasir, M., D. Darminto, M. Zainuri. 2013. Pengaruh molaritas naoh pada sintesis nanosilika berbasis pasir bancar Tuban. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*. 3(2).
- Mutia, T., dan M, Moeliono. 2014. Webs serat nano alginat/polivinil alkohol untuk media penyampaian obat topikal. *Jurnal Riset Industri*. 8(3).
- Nogueira, L. F. B., B. C. Maniglia, L. S. Pereira, D. R. Tapia-Blacido, A. P. Ramos 2016. Formation of carrageenan-CaCO₃ bioactive membranes. *Journal in materials science and engineering*. 58: 1-6.
- Ode, I. 2014. Kandungan alginat rumput laut *Sargassum crassifolium* dari perairan pantai Desa Hutumuri, Kecamatan Leitimur Selatan, Kota Ambon. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan (Agrikan Ummu-Ternate)*. 6(3).
- Okoronkwo, E. A., P. E. Imoisili, dan S. O. Olusunle. 2013. Extraction and characterization of amorphous silica from corn cob ash by Sol-Gel method. *Chemistry and Material Research*. 3(4): 68-73.
- Ospara, A. W. 2010. Pengaruh Penambahan SIC terhadap karakteristik struktur, sifat termal dan sifat kekerasan dari paduan SNPB. *Skripsi*. Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Alam Program Studi Fisika Universitas Indonesia.

- Pandaleke, R. E. 2014. Kajian experimental sifat karekteristik mortar yang menggunakan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen. *Jurnal Tekno Sipil*. 12(60).
- Park, Y. J., C. Yang, I. H. Jung, H. C. Lim, Y. S. Lee, U. W. Jung, Y. K. Seo, J. K. Park, dan S. H. Choi. 2015. Regeneration of rabbit calvarial defects using cells implanted nano-hydroxyapatite coated silk scaffold. *Biomaterials Research*. 19:1- 10.
- Pelczar, J., E. C. S. Chan, dan N. R. Krieg. 1986. *Microbiology*. New Delhi : McGraw-Hill Companies. Terjemahan oleh Ratna Siri H. 2005. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press.
- Rahaman, M. N., E. D. Delbert, B. B. Sonny, Q. Fu, S. B. Jung, L. F. Bonewald dan A. P. Tomsia. 2011. Department of Materials Science and Engineering, and Center for Bone and Tissue Repair and Regeneration. *Missouri University of science and technology*
- Renno, A. C., P. S. Bossini, M. C. Crovace, A. C. M. Rodrigues, E. D. Zanotto, dan N. A. Parizotto. 2013. Characterization and in vivo biological performance of biosilicate. *BioMed Research International*. 7.
- Retnosari A. 2013. Ekstraksi dan Penentuan Kadar Silika (SiO₂) Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Riyani, A., dan R. Adawiah. 2015. Ekstraksi Flavonoid Metode Soxhletasi dari Batang Pohon Pisang Ambon (*Musa Paradisiaca* Var. *Sapientum*) dengan Berbagai Jenis Pelarut. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains*. 8-9 Juni 2015. *Poltekkes Kemenkes Bandung*: 625-628.
- Romimohtarto dan Juwana, 2007. *Biologi Laut*. Jakarta : Djambatan.
- Santosa, G.W. 2003. Budidaya Rumput Laut. Semarang: Program Community College Industri Kelautan dan Perikanan Universitas Diponegoro.
- Shahmiri, M., N. A. Ibrahim, N. Zainuddin, N. B. Asim, B. Bakhtyar, A. Zaharim, dan K. Sopian. 2013. Effect of ph on the synthesis of cuo nanosheets by quick precipitation method. *Journal Issue 2*. 9:137–146.
- Smallman R. E. dan R. J. Bishop. 2000. *Modern Physical Metallurgy And Materials Engineering*. New York: Hill International Book Company.
- Sujatno, A., R. Salam, B. Bandriyana, dan A. Dimiyati. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk karakterisasi proses oksidasi paduan zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*. 9(2): 44–50.


- Susanti A. D., D. Ardiana, G. Gumelar, dan Y. Bening. 2012. Polaritas Pelarut sebagai Pertimbangan dalam Pemilihan Pelarut untuk Ekstraksi Minyak Bekatul dari Bekatul Varietas Ketan (*Oriza Sativa Glatinosa*). *Simposium Nasional RAPI XI. FT UMS, Yogyakarta*.
- Jeong, S. I. 2010. Electrospun alginate nanofibers with controlled cell adhesion for tissue engineering. *Journal of Macromolecular Bioscience*. 10: 934- 943.
- Lehninger, A. L. 1993. *Principles of biochemistry*. Terjemahan oleh M. Thenawidjaja. 2000. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: Erlangga.
- Salamah, N., dan E. Widyasari. 2015. Aktivitas antioksidan ekstrak metanol daun Kelengkeng (*Euphoria Longan (L) Steud.*) dengan metode penangkapan radikal 2,2'-Difenil-1-Pikrilhidrazil. *Jurnal Kefarmasian*. 5 (1).
- Setiowati, N. 2011. Penentuan Kodisi Optimum Pembentukan Nanopartikel Ekstrak Kayu Secang (*Caesalpinia sappan*) sebagai Antijerawat. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Shinohara, Y. dan N. Kohyama. 2004. Quantitative Analysis of Tridymite and Crystobalite Crystallized in Rice Husk Ash by Heating. *Industrial Health*. 42(2): 277-85.
- Simpson, M. G. 2006. *Plant Systematics*. Canada: Elsevier Academic Press.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisis untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Penerbit Liberti.
- Supiyanti W., E. D. Wulansari, dan L. Kusmita. 2010. Uji aktivitas antioksidan dan penentuan kandungan antosianin total kulit buah manggis (*Garcinia mangostana L.*). *Farmasi*. 15(2) 64-70.
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Pramita.
- Surono, A. 2004. *Profil Rumput Laut Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Susanto, A. B., dan A. Mucktianty. 2002. Strategi Pengembangan Rumput Laut Pada SMK dan Community College. *Prosiding Seminar Riptek Kelautan Nasional*.

- Thirunavukkarasu R., P. Pandiyan, D. Balaraman, K. Subaramanian, G. E. G Jothi S. Manikkarn, dan B. Sadaiyappan. 2013. Isolation of bioactive compound from marine seaweeds against fish pathogenic bacteria *Vibrio alginolyticus* (VA09) and characterisation by FTIR. *Journal of Coastal Life Medicine*. 1 (1): 6-13.
- Triwisari, D. 2010. Fraksinasi Polisakarida Beberapa Jenis Rumput Laut. *Skripsi*. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Trivana, L., S. Sugiarti, dan E. Rohaeti. 2015. Sintesis dan karakterisasi natrium silikat (Na_2SiO_3) dari sekam padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 7(2): 66-75.
- Ukhty, N. 2011. Kandungan Senyawa Fitokimia Total Fenol dan Aktivitas Antioksidan Lamun (*Syringodium isoetifolium*). *Skripsi*. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Umah, S. 2010. Kajian Penambahan Abu Sekam Padi Dari Berbagai Suhu Pengabuan Terhadap Plastisitas Kaolin. *Skripsi*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Ummah, S., A. Prasetyo, dan H. Baroroh. 2010. Kajian penambahan abu sekam padi dari berbagai suhu pengabuan terhadap plastisitas kaolin. *Jurnal Alchemy*. 1(2): 53-103.
- Utama, P. S., M. Fermi, dan I. Sopian. 2010. Pengaruh pH dan waktu aging terhadap proses presipitasi silika dari fly ash sawit dengan menggunakan CO_2 . *Seminar Nasional Fakultas Teknik-UR*. 29–30 Juni 2010.
- Utomo, S. S. 2015. Sintesis dan pencirian nanosilika berbahan dasar abu ketel industri gula dengan variasi waktu aging dan pH presipitasi. *Skripsi*. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Valiense, H., G. V. O. Fernandes, B. Moura, J. Calasans-Maia, A. Alves, dan A. M. Rossi. 2012. Effect of carbonate-apatite on bone repair in non-critical size defect of rat calvaria. Bahiana School of Medicine and Public Health, Brazil. *Key Engineering Materials*. 493- 494:258-262.
- Watt, D. K., S. A. O. Neill, A. E. Percy, D. J. Brasch. 2002. Isolation and characterization of partially methylated galacto-Glucorono-Xylo-Glycan, a unique polysaccharide from the red seaweed *Apophoea lyalli*. *Journal Elsevier Carbohydrate Polymers*. 50:283-294.


- Widyartini, D. S., I. Ilalqisny, dan Sulistyani. 2012. Keanekaragaman Morfologi Rumput Laut Sargassum Dari Pantai Permisian Cilacap Dan Potensi Sumberdaya Alginatnya Untuk Industri. *Prosiding Seminar Nasional "Pengembangan Sumber Daya Pedesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II"* 27-28 Nopember. *Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman*.
- Widyastuti, 2009. Kadar alginat rumput laut yang tumbuh di perairan Lombok yang diekstrak dengan dua metode ekstraksi. *Jurnal Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Mataram*. 10(3).
- Wijaya, K. 2010. *Nanomaterial Berlapis Dan Berpori: Sintesis, Karakterisasi Dan Perannya Sebagai Material Multi Fungsi*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Yudo, H. dan S. Jatmiko. 2008. Analisa teknis kekuatan mekanis material komposit berpenguat serat ampas tebu (baggase) ditinjau dari kekuatan tarik dan impak. *J Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*. 5(2) : 2301-9069.
- Yunizal. 1999. *Teknologi Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut Coklat (Phaeophyceae)*. Jakarta: Instalasi Penelitian Perikanan Laut Slipi, Balai Penelitian Perikanan Laut, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan.
- Zailanie, K., T. Sutanto, dan B. W. Simon. 2003. Ekstraksi dan pemurnian alginat dari *Sargassum filipendula* kajian dari bagian tanaman, lama ekstraksi dan konsentrasi isopropanol. *Jurnal teknologi pertanian 2*: 10-27.
- Zulharmitta, D. Elrika, dan H. Rivai1. 2010. Penentuan pengaruh jenis pelarut ekstraksi terhadap perolehan kadar senyawa fenolat dan daya antioksidan dari Herba Miniran (*Phyllanthus niruri l.*). *Jurnal Farmasi Higea*. 2(1).

LAMPIRAN

A. Surat Keterangan Identifikasi Tumbuhan



LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
(*INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES*)
BALAI KONSERVASI TUMBUHAN
KEBUN RAYA PURWODADI
Jl. Raya Surabaya - Malang Km. 65 Purwodadi - Pasuruan 67163
Telp. (+62 343) 615033, Faks. (+62 341) 426046
website : <http://www.krpurwodadi.lipi.go.id>



SURAT KETERANGAN IDENTIFIKASI TUMBUHAN
No: 1143/IPH.06/HM/VIII/2018

Kepala Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi LIPI dengan ini menerangkan bahwa material tumbuhan yang dibawa oleh:

Nama : Arifah Khoirianti
NIM : 151610101024
Instansi : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
Tanggal material diterima : 27 Juli 2018

Telah diidentifikasi/determinasi berdasarkan koleksi herbarium dan koleksi kebun serta referensi ilmiah, dengan hasil sebagai berikut:



Kingdom : Plantae
Division : Magnoliophyta
Class : Liliopsida
Subclass : Commelinidae
Ordo : Cyperales
Family : Poaceae
Genus : Saccharum
Species : *Saccharum officinarum* L.

Referensi:

1. Backer CA & Bakhuizen van den Brink RC. 1968 Flora of Java Vol.III. NVP Noordhoff, Groningen, The Netherlands. Hal. 585
2. Cronquist A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York, USA. Hal. XVIII
3. M. Flach dan F. Rumawas. 1996. (esd) PROSEA (Plants Resources of South-East Asia) No 9; Plants yielding non-seed carbohydrates, Hal. 143

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Purwodadi, 12 Agustus 2018
Kepala
Seksi Eksplorasi dan Koleksi Tumbuhan

Dr. Sugeng Budiharta, M.Sc

B. Surat Ijin Penelitian



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
Jl. Kalimantan No. 37 Jember ☎(0331) 333536, Fak. 331991

Nomor : 2932/UN25.8.TL/2018
Perihal : Ijin Peminjaman Alat

14 AUG 2018

Kepada Yth
Kepala Laboratorium Farmasetika
Di
Jember

Dalam rangka pengumpulan data penelitian guna penyusunan skripsi maka, dengan hormat kami mohon bantuan dan kesediaannya untuk memberikan ijin penelitian bagi mahasiswa kami dibawah ini :

- | | | |
|----|-------------------------|--|
| 1 | Nama | : Arifah Khoirianti |
| 2 | NIM | : 151610101024 |
| 3 | Semester/Tahun | : 7/2018 |
| 4 | Fakultas | : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember |
| 5 | Alamat | : Jl. Baturaden No. 83, Jember |
| 6 | Judul Penelitian | : Analisis Pembentukan Hydroxycarbonate Apatite Bioactive Glass Nano Silica Abu Ampas Tebu Yang Difurnace 1500 °C Dengan Polisakarida Rumput Laut Coklat |
| 7 | Lokasi Penelitian | : Laboratorium Farmasetika Fakultas Farmasi Universitas Jember |
| 8 | Data/alat yang dipinjam | : Ayakan |
| 9 | Waktu | : Agustus 2018 s/d Selesai |
| 10 | Tujuan Penelitian | : Untuk mengetahui adanya pembentukan hydroxycarbonate apatite (HCA) dari bioactive glass nano silica abu ampas tebu yang ditambahkan dengan polisakarida rumput laut coklat |
| 11 | Dosen Pembimbing | : 1. drg. Nuzulul Hikmah, M.Biomed
2. Dr. drg. Didin Erma I, M.Kes |

Demikian atas perkenan dan kerja sama yang baik disampaikan terimakasih



an Dekan
Wakil Dekan I,

Dr. drg. IDA Susilawati, M.Kes
NIP. 196109031986022001

C. Surat Ijin Peminjaman Alat



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
 Jl. Kalimantan No. 37 Jember ☎(0331) 333536, Fak. 331991

Nomor : 3467/UN25.8.TL/2018
 Perihal : Izin Penelitian

12 SEP 2018

Kepada Yth
 Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
 Universitas Jember
 Di Jember

Dalam rangka pengumpulan data penelitian maka, dengan hormat kami mohon bantuan dan kesediaannya untuk memberikan izin penelitian bagi mahasiswa kami dibawah ini

- | | | |
|----|--------------------------|--|
| 1 | Nama | : Arifah Khoirianti |
| 2 | NIM | : 151610101024 |
| 3 | Semester/Tahun | : 2017/2018 |
| 4 | Fakultas | : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember |
| 5 | Alamat | : Jl. Baturaden No. 83 Jember |
| 6 | Judul Penelitian | : Analisis Pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> pada <i>Bioactive Glass Nano Silica</i> Tebu yang Difurnace 1500°C dengan Penambahan Polisakarida Rumput Laut Coklat |
| 7 | Lokasi Penelitian | : Laboratorium Engineering Hasil Pertanian |
| 8 | Bahan/alat yang dipinjam | : Oven, Timbangan Elektrik, Tabung Elenmeyer, HCL, Alat pengaduk magnet, Kertas Saring, Aquades, pH meter, NaOH 2N, Etanol 96%, HNO ₃ 2N, P ₂ O ₅ , Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O, furnace 1000 °C |
| 9 | Waktu | : September 2018 s/d Selesai |
| 10 | Tujuan Penelitian | : Untuk mengetahui pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> dari <i>bioactive glass nano silica</i> ampas tebu yang difurnace pada suhu 1500°C dan ditambahkan dengan polisakarida rumput laut coklat |
| 11 | Dosen Pembimbing | : 1. drg. Nuzulul Hikmah, M.Biomed.
2. Dr. drg. Didin Erma I, M.Kes. |

Demikian atas perkenan dan kerja sama yang baik disampaikan terima kasih

an. Dekan
 Pembantu Dekan I,

 Dr. drg. IDA Susilawati, M.Kes.
 NIP.196109031986022001

Tembusan:

1. Kepala Jurusan TEP
2. Kepala Lab. Engineering Hasil Pertanian

D. Surat Ijin Pembuatan Cairan Tubuh Buatan



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI
Jl. Kalimantan No. 37 Jember ☎(0331) 333536, Fak. 331991

Nomor : 2240 /UN25.8.TL/2018
Perihal : Pembuatan Cairan Tubuh Buatan

Kepada Yth
Kepala Laboratorium Kimia Farmasi
Fakultas Farmasi Universitas Jember
Di
Jember

Dalam rangka pengumpulan data penelitian maka, dengan hormat kami mohon bantuan dan kesediaannya untuk memberikan ijin guna membuat cairan tubuh buatan bagi mahasiswa kami dibawah ini

- | | | |
|----|-----------------------|---|
| 1 | Nama | : Arifah Khoirianti |
| 2 | NIM | : 151610101024 |
| 3 | Semester/Tahun | : 2017/2018 |
| 4 | Fakultas | : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember |
| 5 | Alamat | : Jl. Baturaden 47b Jember |
| 6 | Judul Penelitian | : Analisis Pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite Bioactive Glass Nano Silica</i> Abu Ampas Tebu yang Difurnace 1500°C dengan Polisakarida Rumput Laut Coklat |
| 7 | Lokasi Penelitian | : Laboratorium Kimia Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember |
| 8 | Data/alat yg dipinjam | : - |
| 9 | Waktu | : Agustus 2018 s/d Selesai |
| 10 | Tujuan Penelitian | : Mengetahui pengaruh pembentukan HCA (<i>Hydroxycarbonate Apatite</i>) pada <i>bioactive glass nano silica</i> abu ampas tebu yang difurnace 1500°C dan ditambah polisakarida rumput laut coklat |
| 11 | Dosen Pembimbing | : 1. Dr. drg. Didin Erma Indahyani, M.Kes
: 2. Drg. Nuzulul Hikmah, M.Biomed |

Demikian atas perkenan dan kerja sama yang baik disampaikan terimakasih

Jember, 10 AUG 2018
an Dekan
Pembantu Dekan I,



Dr. drg. IDA Susilawati, M.Kes
NIP. 196109031986022001

E. Surat Keterangan Identifikasi



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
 Jl. Kalimantan 37 – Kampus Bumi Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121
 Telp. 0331-330224, 334267,337422

SURAT KETERANGAN IDENTIFIKASI

No. 3912 /UN25.1.9/TU/2018

Berdasarkan hasil pengamatan pada spesimen yang dikirimkan ke Laboratorium Ekologi,
 Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Jember oleh:

Mahasiswa	1. Nabila Berliana N	NIM 151610101113
	2. Mohammad Hilmy W	NIM 151610101115
	3. Bimo Yensya	NIM 151610101114
	4. Laila Fakhriyah D. W.	NIM 151610101116
	5. Arifah Khoirianti	NIM 151610101124
	6. Magdaleni Hasna Nursetya	NIM 151610101125
Instansi	: Fakultas Kedokteran Gigi	

Hasil identifikasi yaitu lima jenis Makroalga atau rumput laut yang termasuk dalam tiga Divisi. Referensi identifikasi utama yang digunakan ada dua, namun juga ditambah dengan referensi lain yang sangat mendukung:

1. Atmadja, W.S., A. Kadi, Sulistijo, dan R. Satari. 1996. *Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut Indonesia*. Puslitbang Oseanografi LIPI. Jakarta.
2. Trono, G.C. dan E.T. Ganzon-Fortes. 1988. *Philippine seaweeds*. National Book Store, Inc. Manila.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui
 Wakil Dekan I,

Jember, 26 November 2018
 Ketua Laboratorium Ekologi



Dr. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.
 NIP 195910091986021001

Dra. Hari Sunisnyowati, M.Sc., Ph.D.
 196501081990032002

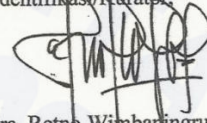
Determined by Dr. Dra. Retno Wimbaningrum, M.Si.

LAMPIRAN.

TABEL HASIL IDENTIFIKASI RUMPUT LAUT DI PANTAI WONGSOREJO,
KABUPATEN BANYUWANGI, JAWA TIMUR, TAHUN 2018

No	Sampel	Divisi	Jenis
1	Sampel 1	Rhodophyta	<i>Eucheuma denticulatum</i> (Burman) Collins et Hervey = <i>Eucheuma spinosum</i> (Linnaeus) J. Agardh
2	Sampel 2	Rhodophyta	<i>Kappaphycus alvarezii</i> (Doty) Doty
3	Sampel 3	Phaeophyta	<i>Padina gymnospora</i> (Kuetzing) Vickers
4	Sampel 4	Chlorophyta	<i>Caulerpa racemosa</i> var <i>occidentalis</i> (J. Agardh) Boergesen
5	Sampel 5	Chlorophyta	<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus

Jember, 13 November 2018
Pengidentifikasi/Kurator



Dr. Dra. Retno Wimbaningrum, M.Si.
NIP: 196605171993022001

Determined by Dr. Dra. Retno Wimbaningrum, M.Si.

F. Foto Alat dan Bahan Penelitian**F. 1 Alat**

1. Mangkok Keramik
2. Mortar dan pastle
3. *Stirrer magnetic*
4. *Stirrer*
5. Timbangan digital
6. pH meter
7. *Press Stainless Steel*
8. *Scanning Electron Microscopy*
9. *Sticker Label*



10. Kus keramik
11. Press dan cetakan Stainless Steel
12. Baki oven
13. Ayakan
14. Gelas ukur
15. Corong
16. Pengaduk kaca
17. Spatula
18. Furnace
19. Oven
20. Pinset
21. Penggiling Rumput Laut

F. 2 Bahan

1. Aluminium foil
2. Abu ampas tebu
3. Alkohol
4. Kertas saring
5. P_2O_5
6. NaOH 2M
7. Methanol
8. HNO_3
9. HCl 0,1M
10. Etanol
11. *Simulated Body Fluid*

G. Hasil Analisa SPSS
Normalitas terhadap waktu

Tests of Normality

	Waktu	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
persentase	0 jam	,132	12	,200 [*]	,924	12	,320
	2 jam	,150	12	,200 [*]	,948	12	,611
	12 jam	,173	12	,200 [*]	,918	12	,266
	24 jam	,128	12	,200 [*]	,960	12	,791

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Normalitas terhadap perlakuan

Tests of Normality

	Kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
persentase	Kontrol	,163	16	,200 [*]	,934	16	,278
	Aquades	,179	16	,181	,950	16	,495
	Metanol	,098	16	,200 [*]	,988	16	,998

*. This is a lower bound of the true significance.

. Lilliefors Significance Correction

Homogenitas**Levene's Test of Equality of Error Variances^a**

Dependent Variable: persentase

F	df1	df2	Sig.
,922	11	36	,530

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + kelompok + waktu
+ kelompok * waktu

Two way Anova**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: persentase

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	128,939 ^a	11	11,722	25,688	,000
Intercept	105434,065	1	105434,065	231059,109	,000
kelompok	67,944	2	33,972	74,450	,000
waktu	48,281	3	16,094	35,269	,000
kelompok * waktu	12,714	6	2,119	4,644	,001
Error	16,427	36	,456		
Total	105579,431	48			
Corrected Total	145,366	47			

a. R Squared = ,887 (Adjusted R Squared = ,852)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: persentase Based on observed means.

(I) waktu	(J) waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0 jam	2 jam	-1,6908*	,30692	,000	-2,5173	-,8642
	12 jam	-2,1361*	,30692	,000	-2,9627	-1,3095
	24 jam	-2,7653*	,30692	,000	-3,5919	-1,9387
2 jam	0 jam	1,6908*	,30692	,000	,8642	2,5173
	12 jam	-,4453	,30692	,477	-1,2719	,3813
	24 jam	-1,0746*	,30692	,007	-1,9012	-,2480
12 jam	0 jam	2,1361*	,30692	,000	1,3095	2,9627
	2 jam	,4453	,30692	,477	-,3813	1,2719
	24 jam	-,6292	,30692	,189	-1,4558	,1973
24 jam	0 jam	2,7653*	,30692	,000	1,9387	3,5919
	2 jam	1,0746*	,30692	,007	,2480	1,9012
	12 jam	,6292	,30692	,189	-,1973	1,4558

The error term is Mean Square(Error) = ,565.

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: persentase Tukey HSD

(I) kelompok	(J) kelompok	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
kontrol	Aquades	-1,3086*	,26580	,000	-1,9583	-,6589
	Metanol	-2,8501*	,26580	,000	-3,4998	-2,2004
aquades	Kontrol	1,3086*	,26580	,000	,6589	1,9583
	Metanol	-1,5415*	,26580	,000	-2,1912	-,8918
metanol	Kontrol	2,8501*	,26580	,000	2,2004	3,4998
	Aquades	1,5415*	,26580	,000	,8918	2,1912

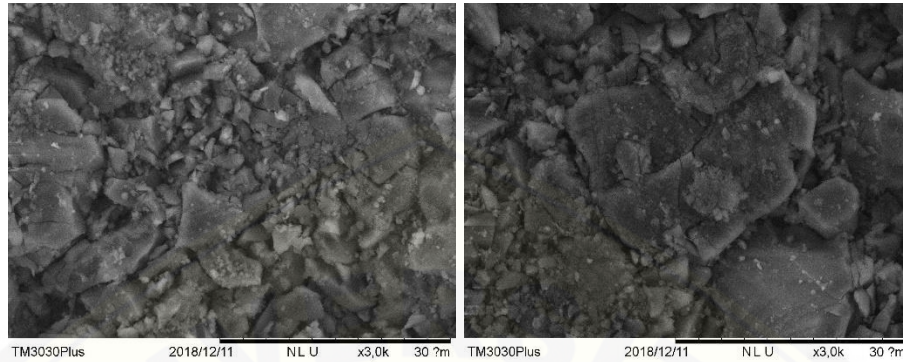
Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,565.

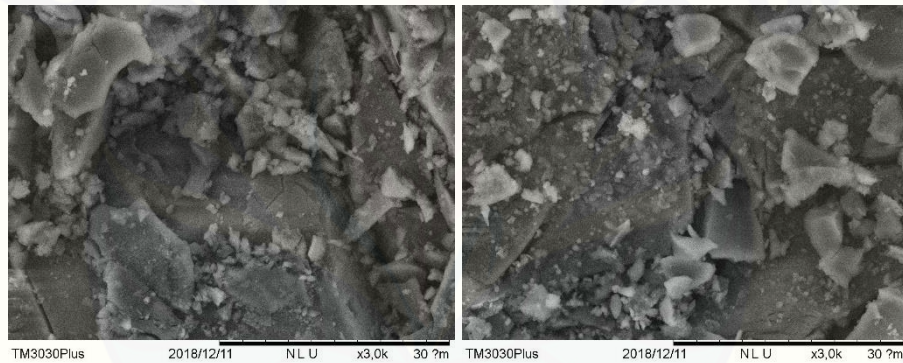
*. The mean difference is significant at the ,05 level.

H. Hasil Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

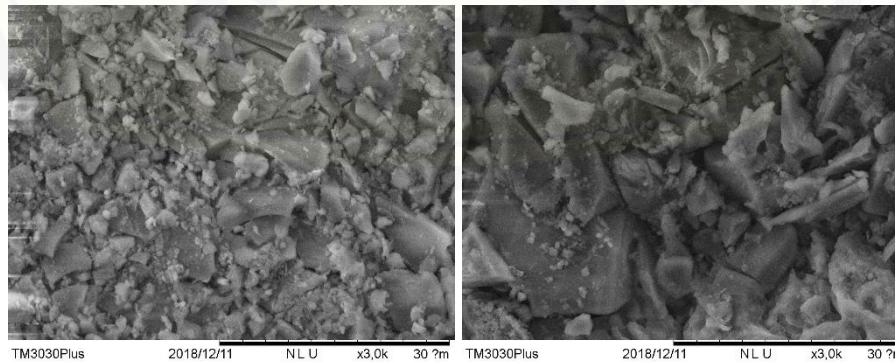
H. 1 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu dengan Perendaman 0 Jam.



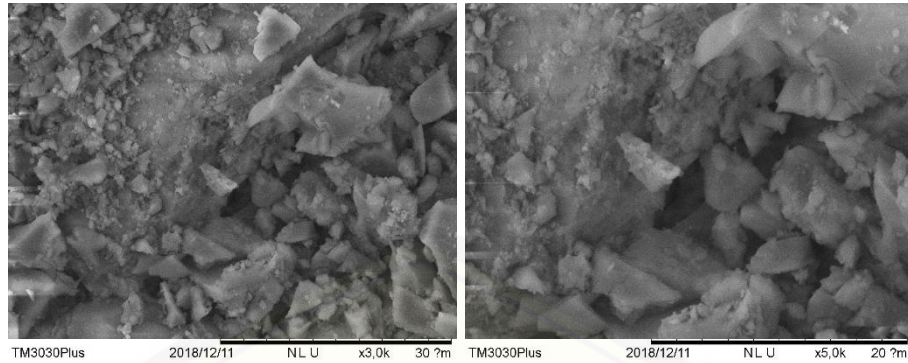
H. 2 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu dengan Perendaman 2 Jam.



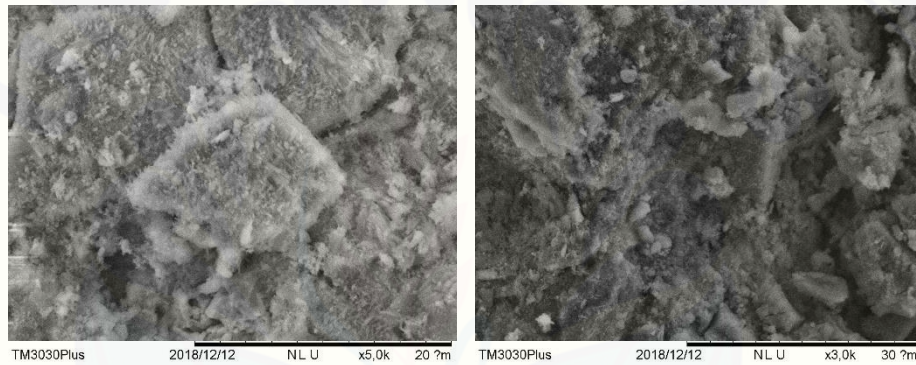
H. 3 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu dengan Perendaman 12 Jam.



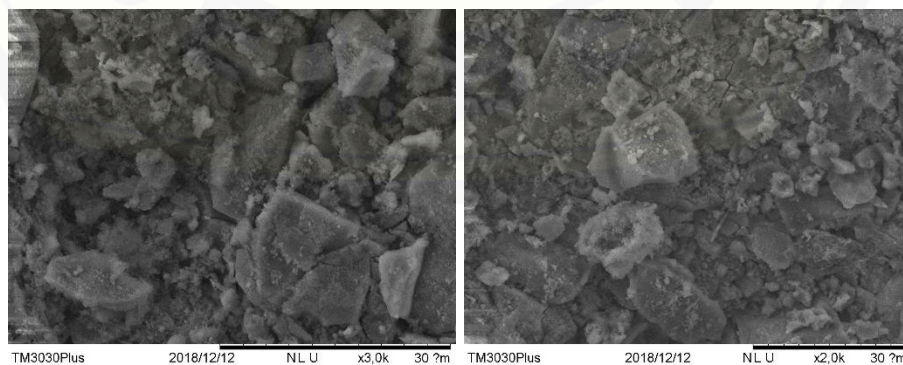
H. 4 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu dengan Perendaman 24 Jam.



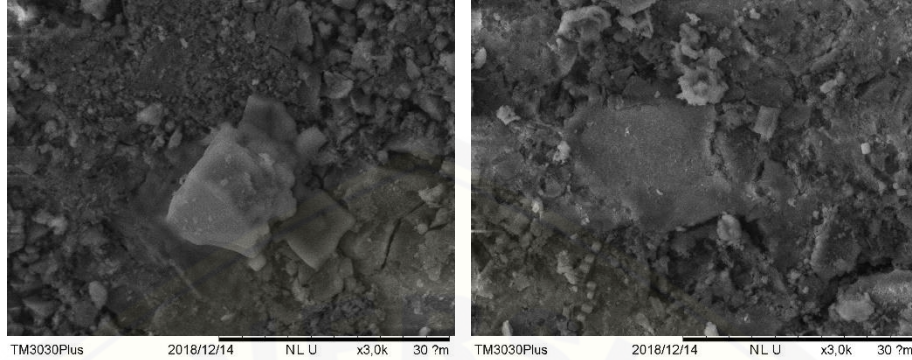
H. 5 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida Rumput Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Pelarut Aquades dengan Perendaman 0 Jam



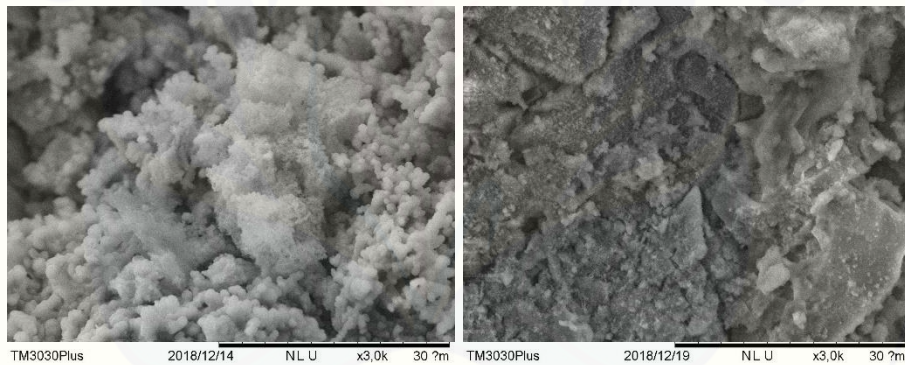
H. 6 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida Rumput Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Pelarut Aquades dengan Perendaman 2 Jam



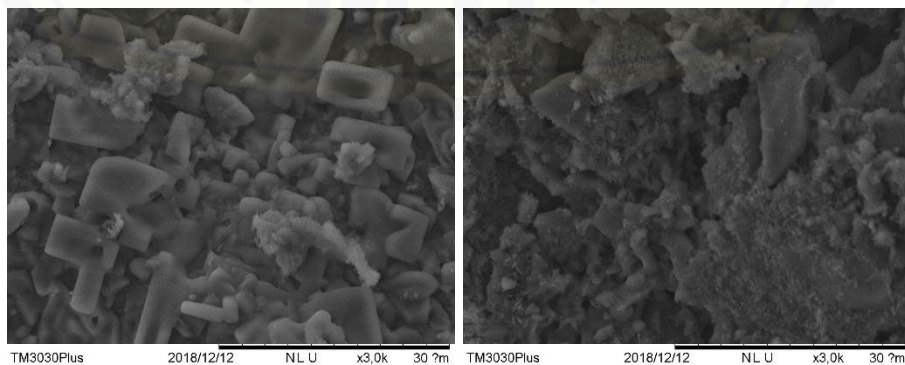
H. 7 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida Rumput Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Pelarut Aquades dengan Perendaman 12 Jam



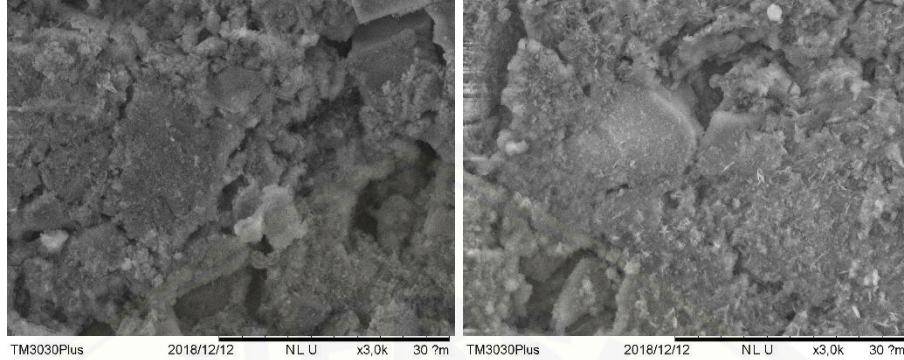
H. 8 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida Rumput Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Pelarut Aquades dengan Perendaman 24 Jam



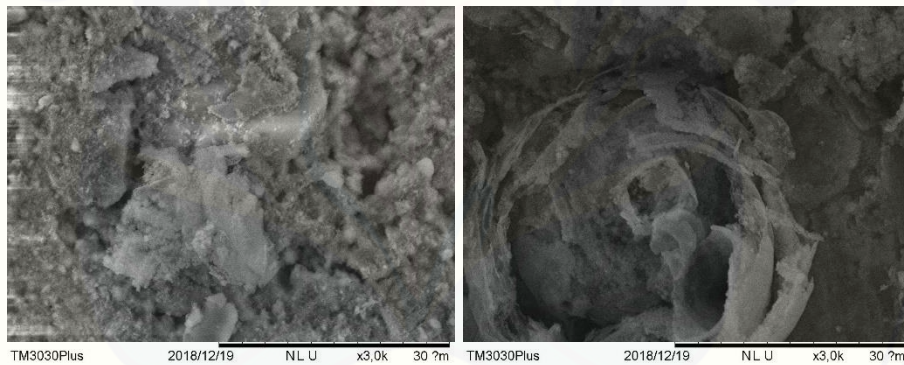
H. 9 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida Rumput Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Pelarut Metanol dengan Perendaman 0 Jam



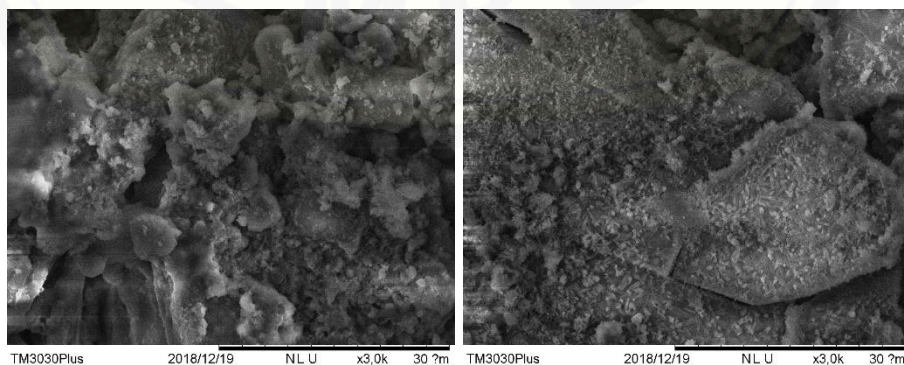
H. 10 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida Rumput Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Pelarut Metanol dengan Perendaman 2 Jam



H. 11 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida Rumput Laut Coklat yang di Fraksinasi Menggunakan Pelarut Metanol dengan Perendaman 12 Jam



H. 12 Kelompok *Bioactive Glass* Berbasis Silika Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida Rumput Laut Coklat yang di Fraksinasi Menggunakan Pelarut Metanol dengan Perendaman 24 Jam



I. Tabel Persentase Luas Area *Hydroxycarbonate apatite* dengan Menggunakan *Software Image J*

No	Kelompok	Luas Area HCA (%)	Rata - Rata Luas Area HCA (%)
1	BAG (0 Jam)	42,563	42.765
2		43,430	
3		42,745	
4		42,323	
5	BAG (2 Jam)	45,092	45.872
6		46,662	
7		45,189	
8		46,547	
9	BAG (12 Jam)	46,162	46.112
10		45,656	
11		45,816	
12		46,816	
13	BAG (24 Jam)	47,434	47.007
14		46,592	
15		47,411	
16		46,592	
17	BAG + Polisakarida Rumput Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Aquades (0 Jam)	45,521	45.132
18		44,665	
19		45,965	
20		44,377	
21	BAG + Polisakarida Rumput Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Aquades (2 Jam)	45,923	46.818
22		47,035	

23		46,485	
24		47,829	
25	BAG + Polisakarida Rumpun Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Aquades (12 Jam)	46,048	47.479
26		47,654	
27		48,315	
28		47,899	
29	BAG + Polisakarida Rumpun Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Aquades (24 Jam)	46,950	47.813
30		47,689	
31		48,806	
32		47,807	
33	BAG + Polisakarida Rumpun Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Metanol (0 Jam)	48,376	47.823
34		48,452	
35		47,357	
36		47,107	
37	BAG + Polisakarida Rumpun Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Metanol (2 Jam)	48,201	48.102
38		48,597	
39		47,959	
40		47,651	
41	BAG + Polisakarida Rumpun Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Metanol (12 Jam)	47,972	48.537
42		48,674	
43		49,215	
44		48,287	
45	BAG + Polisakarida Rumpun Laut Coklat yang difraksinasi Menggunakan Metanol (24 Jam)	48,770	48.946
46		49,650	
47		49,106	
48		48,258	

