



**ANALISIS PEMBENTUKAN *HYDROXYCARBONATE APATITE* PADA  
*BIOACTIVE GLASS NANO SILICA* ABU AMPAS TEBU DENGAN  
PENAMBAHAN POLISAKARIDA *RED SEAWEED***

**SKRIPSI**

Oleh  
**Bimo Yensya**  
**NIM 151610101114**

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**ANALISIS PEMBENTUKAN *HYDROXYCARBONATE APATITE* PADA  
*BIOACTIVE GLASS NANO SILICA* ABU AMPAS TEBU DENGAN  
PENAMBAHAN POLISAKARIDA *RED SEAWEED***

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kedokteran Gigi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Kedokteran Gigi

Oleh  
**Bimo Yensya**  
**NIM 151610101114**

**FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2019**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan kekuatan kepada saya.
2. Kedua orang tua, Alm. Ayahanda Syafrizal dan ibunda Dra. Yendri Hosnifet yang selalu memberi semangat, motivasi, serta mendidik saya menjadi manusia yang lebih baik dan berakhlak mulia.
3. Adik yang saya sayangi Gevin Yensya dan Rehan Yensya.
4. Guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai SMA yang telah mendidik saya menjadi siswa yang baik.
5. Dosen-dosen dan pegawai-pegawai Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang membimbing dan mendidik saya selama menempuh pendidikan dokter gigi.
6. Agama, bangsa, dan negara serta almamater Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

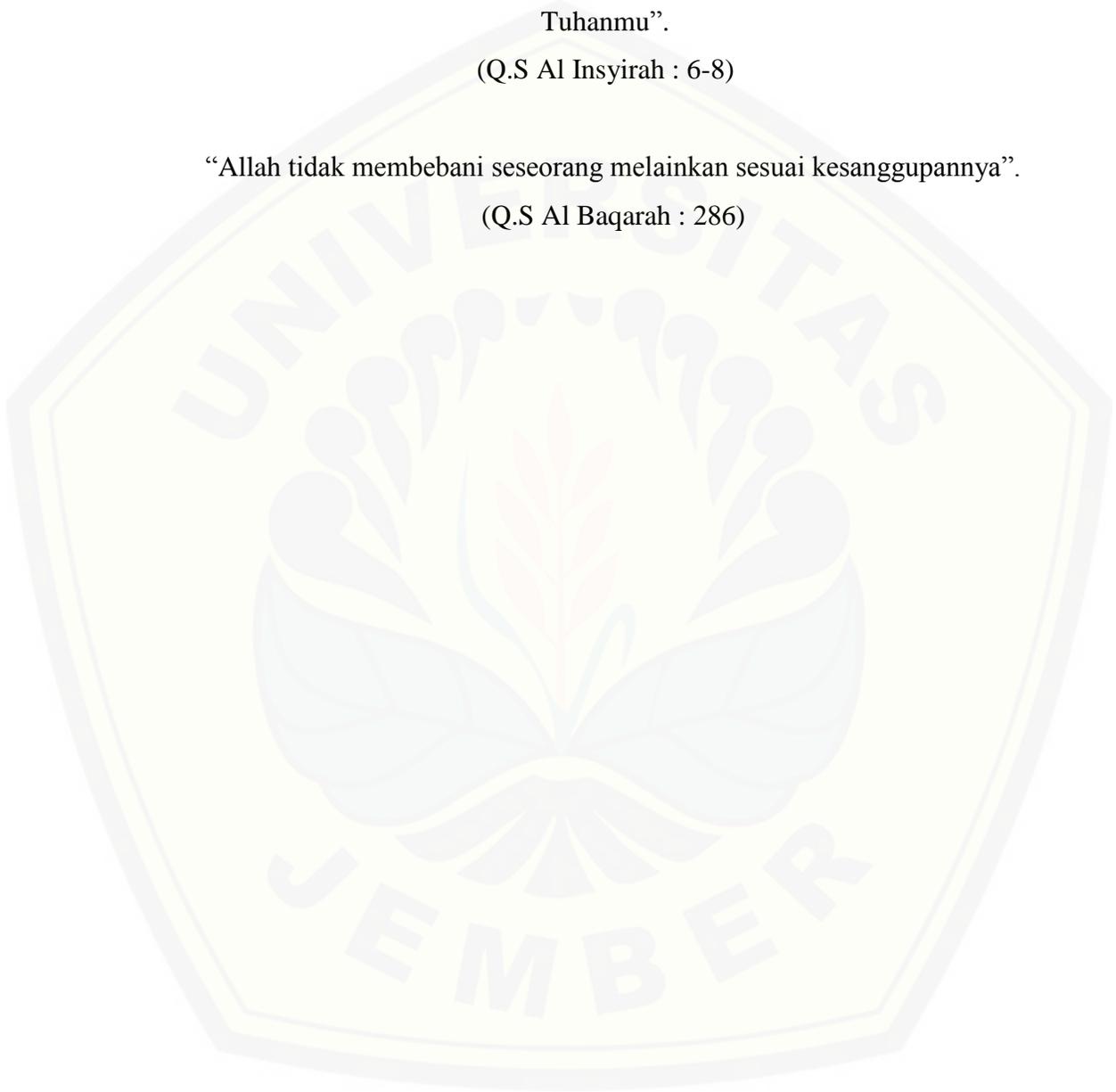
**MOTTO**

“Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhanmu”.

(Q.S Al Insyirah : 6-8)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya”.

(Q.S Al Baqarah : 286)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bimo Yensya

NIM : 151610101114

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul “Analisis Pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* Pada *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu Dengan Penambahan Polisakarida *Red Seaweed*” adalah benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 April 2019

Yang menyatakan,

BimoYensya

151610101114

**SKRIPSI**

**ANALISIS PEMBENTUKAN *HYDROXYCARBONATE APATITE* PADA  
*BIOACTIVE GLASS NANO SILICA* ABU AMPAS TEBU DENGAN  
PENAMBAHAN POLISAKARIDA *RED SEAWEED***

Oleh

**Bimo Yensya**

**NIM 151610101114**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : drg. Izzata Barid, M.Kes.

Dosen Pembimbing Pendamping : Dr. drg. I Dewa Ayu Susilawati, M.Kes.

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul “Analisis Pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* Pada *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu Dengan Penambahan Polisakarida *Red Seaweed*” telah di uji dan disahkan oleh Fakultas Kedokteran Gigi pada :

Hari, tanggal : Senin, 15 April 2019

Tempat : Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Dosen Penguji Ketua

Dosen Penguji Anggota

Dr. drg. Didin Erma Indahyani, M.Kes.  
NIP. 196903031997022001

Prof. Dr.drg.FX Ady Soesetijo, Sp.Pros.  
NIP. 196005091987021001

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

drg. Izzata Barid, M.Kes.  
NIP. 196805171997022001

Dr. drg. I Dewa Ayu Susilawati, M.Kes.  
NIP. 19610903198602001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Kedokteran Gigi  
Universitas Jember

drg. R Rahardyan Parnaadji, M.Kes.,Sp.Pros.  
NIP.196901121996011001

## RINGKASAN

**Analisis Pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* Pada *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu Dengan Penambahan Polisakarida *Red Seaweed*; Bimo Yensya; 151610101114; Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.**

Tanaman tebu menghasilkan produk sampingan berupa *bagasse* (ampas tebu) yang pemanfaatannya belum optimal. Apabila ampas tebu dibakar maka akan menghasilkan abu ampas tebu dengan kandungan silika yang tinggi sebesar 64,65%. Bahan tersebut apabila berkontak dengan cairan tubuh akan membentuk lapisan *Hydroxycarbonate apatite*. Penelitian sebelumnya mengatakan bahwa *bioactive glass* sintesis dapat membentuk *hydroxycarbonate apatite* (HCA) kurang dari dua jam, sedangkan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu telah dapat membentuk HCA dalam waktu lima menit dengan ikatan yang masih lemah serta jumlah pembentukan HCA yang masih minimal. Polisakarida merupakan karbohidrat yang tersusun dari sepuluh satuan monosakarida dan dapat berantai lurus atau bercabang. Polisakarida dapat dihidrolisis oleh asam atau enzim tertentu yang kerjanya spesifik dan bersifat biokompatibel. Polisakarida pada *red seaweed* yang memiliki kandungan utama berupa polisakarida yang tidak larut air seperti selulosa dan yang larut air seperti karaginan, agar, dan alginat. Polisakarida dapat diendapkan menggunakan pelarut aquades yang memiliki gugus polar dan pelarut metanol yang memiliki gugus polar dan non polar yang memiliki berat molekul rendah sehingga mampu membentuk ikatan hidrogen lebih banyak. Selulosa terdiri atas polimer galakturonan yang saling berhubungan melalui ikatan hidrogen dan glikosidik, semakin panjang rantai polimer yang terbentuk maka semakin kuat gaya tarik menarik yang terjadi dengan bahan lain sehingga dapat berfungsi sebagai pengikat antar bahan agar menjadi lebih kuat. Penggabungan antara polisakarida dengan bahan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu dapat membentuk bionanokomposit yang dapat mengatur pembentukan inti pada senyawa anorganik sehingga dapat meningkatkan pembentukan HCA. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pembentukan *hydroxycarbonate apatite* pada *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu yang ditambahkan

polisakarida *red seaweed* yang diendapkan menggunakan pelarut metanol dan aquades dengan waktu perendaman pada cairan tubuh buatan yang berbeda.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental laboratoris *in vitro* dengan rancangan penelitian tipe *the post test with control group design*. Sampel yang digunakan sebanyak 48 sampel yang dibagi menjadi 3 kelompok secara acak dengan jumlah tiap kelompok terdiri dari 16 sampel dan tiap kelompok dibagi lagi menjadi 4 sub-kelompok dengan jumlah 4 sampel tiap sub-kelompok. Kelompok kontrol dilakukan dengan tanpa diberi polisakarida *red seaweed* kemudian direndam kedalam botol menggunakan cairan tubuh buatan selama 0, 2, 12, dan 24 jam. Kelompok perlakuan dilakukan dengan menambahkan polisakarida *red seaweed* ke dalam bahan kemudian direndam kedalam botol menggunakan cairan tubuh buatan selama 0, 2, 12, dan 24 jam. Kemudian sampel diambil dan dikeringkan pada suhu ruang dan dilakukan pengamatan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM) untuk melihat luas area pembentukan HCA dengan perbesaran 3000.

Data hasil penelitian setelah dilakukan uji normalitas menggunakan *Shapiro wilk* dan homogenitas menggunakan *Levene test*, dilakukan uji Two Way ANOVA dan *Tukey*. Uji ANOVA menunjukkan hasil signifikansi 0,000 ( $p < 0,05$ ) yang berarti terdapat perbedaan secara signifikan antara kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Hasil uji *post hoc Tukey* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna ( $p < 0,05$ ) antara kelompok kontrol dengan aquades, kontrol dengan metanol, aquades dengan methanol, 0 jam dengan 2 jam, 0 jam dengan 12 jam, 0 jam dengan 24 jam, dan 2 jam dengan 24 jam. Disimpulkan bahwa penambahan polisakarida *red seaweed* yang diendapkan menggunakan pelarut metanol pada *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu yang direndam selama 24 jam dapat meningkatkan pembentukan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) dan memperkuat ikatan bahan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu.

## PRAKATA

Alhamdulillah Robbil ‘Alamiin, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya, sehingga saya berkesempatan menimba ilmu hingga jenjang pendidikan Perguruan Tinggi. Berkat rahmat, karunia, serta hidayah-Nya pula saya bisa menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Analisis Pembentukan *Hydroxycarbonate Apatite* Pada *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu Dengan Penambahan Polisakarida *Red Seaweed*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat penyelesaian pendidikan strata satu (S1) di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Allah SWT atas berkat rahmatnya saya bisa menyelesaikan skripsi ini;
2. drg. R. Rahardyan Parnaadji, M.Kes., Sp. Pros selaku dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
3. drg. Izzata Barid, M.Kes selaku dosen pembimbing utama sekaligus dosen pembimbing akademik, dan Dr. drg. I Dewa Ayu Susilawati, M.Kes selaku dosen pembimbing pendamping yang telah melibatkan saya dalam penelitiannya dan telah meluangkan waktu untuk membimbing saya;
4. Dr. drg. Didin Erma Indahyani, M.Kes selaku dosen penguji ketua dan Prof. Dr. drg. FX Ady Soesetijo, Sp.Pros selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan tugas akhir ini;
5. Seluruh staf pengajar Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember;
6. Alm. Ayahanda Syafrizal terhebat, ibunda Dra.Yendri Hosnifet tercinta yang tiada henti mendoakan dan mendukung dalam kondisi apapun, kedua adikku Gevin Yensya dan Rehan Yensya yang selalu memberi semangat;
7. Mama Desni Murti dan Makcik Gengsribel yang selalu memberi doa, motivasi, dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini;
8. Teman seperjuangan Tim Abu Ampas Tebu, M. Hilmy Wildan, Magdaleni Hasna, Laila Fakhriyah, Arifah Khoirianti, dan Nabilla Berliana yang selalu

bekerjasama dalam suka duka perskripsian dan selalu mengingatkan serta memberi semangat menyelesaikan skripsi ini;

9. Teman Power Ranger, Rizky PAW, Ari Intan, Leonita, Linda Puspa, Haifa Azzura, Sakti Wibawa, Kevin Nathaniel, Mia Ayu, Iftinan Laili, Nabilla Berliana, dan M. Hilmy wildan yang selalu menemani penulis dari awal masuk sampai sekarang dengan candaan dan hiburan yang selalu ada;
10. Teman-teman KAMI FKG 2015 atas bantuannya, kerjasama, dan kebersamaannya selama ini;
11. Sahabat BBB, Rahmad Effendi dan Jerry Prima Yudha serta sahabat Dio Putra Pratama dan Dewi Salastia yang selalu menguatkan, menyemangati, dan menghibur penulis setiap saat.
12. Teman KKN 11 Gadingsari, Trivenia, Sania, Rere, Agus, dan Dino serta Tim Kos RIN yang saling memotivasi dan memberi semangat;
13. Ibu Auridho dan auridho yang telat mengorbankan waktu luang untuk penulis mengambil tanaman tebu dan abu ampas tebu sehingga penelitian penulis dapat berjalan dengan lancar.
14. Bu Itus, Mas Taufan, Mba Parka yang selalu membantu dalam proses penelitian;
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu;

Penulis menyadari keterbatasan dan kekurangan penulisan skripsi ini, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 15 April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>SKRIPSI</b> .....	v
<b>PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Tanaman Tebu .....	4
2.2. Ampas Tebu .....	6
2.3. Silika .....	7
2.4. <i>Bioactive Glass</i> .....	12
2.5. <i>Bioactive Glass Silica</i> .....	13
2.6. <i>Nano Partikel Bioactive Glass Silica</i> .....	14
2.7. <i>Seaweed (Rumput Laut)</i> .....	15
2.8. <i>Red Seaweed</i> .....	17
2.9. <i>Polisakarida Red Seaweed</i> .....	19
2.10. <i>Aquades dan metanol sebagai pelarut polisakarida red seaweed</i> .....	22

2.11. <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> .....	24
2.12. Metode untuk pengamatan <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> .....	25
2.13. Kerangka Konsep .....	27
2.14. Hipotesis.....	28

## **BAB 3 METODE PENELITIAN**

3.1. Jenis Penelitian.....	29
3.2. Rancangan Penelitian.....	29
3.3. Tempat dan Waktu Penelitian .....	29
3.4. Variabel Penelitian.....	29
3.4.1. Variabel Bebas .....	29
3.4.2. Variabel Terikat.....	29
3.4.3. Variabel Kontrol.....	29
3.5. Definisi Operasional.....	30
3.6. Sampel Penelitian.....	31
3.6.1. Kriteria Sampel Penelitian.....	31
3.6.2. Besar Sampel .....	31
3.6.3. Pengelompokan Sampel Penelitian .....	32
3.7. Alat dan Bahan Penelitian.....	32
3.7.1. Alat .....	32
3.7.2. Bahan.....	33
3.8. Cara Kerja .....	34
3.8.1. Tahap Persiapan .....	34
3.8.2. Pembuatan <i>Bioactive Glass Nano Silica</i> Abu Ampas Tebu.....	34
3.8.3. Pembuatan Cairan Tubuh .....	36
3.8.4. Pengambilan Polisakarida <i>Red Seaweed</i> .....	36
3.8.5. Pembuatan Sampel <i>Bioactive Glass Nano Silica</i> Abu Ampas Tebu.....	37
3.8.6. Pengolahan Gambar SEM pada <i>Software ImageJ</i> .....	38
3.9. Analisis Data .....	41
3.10. Alur Penelitian .....	41

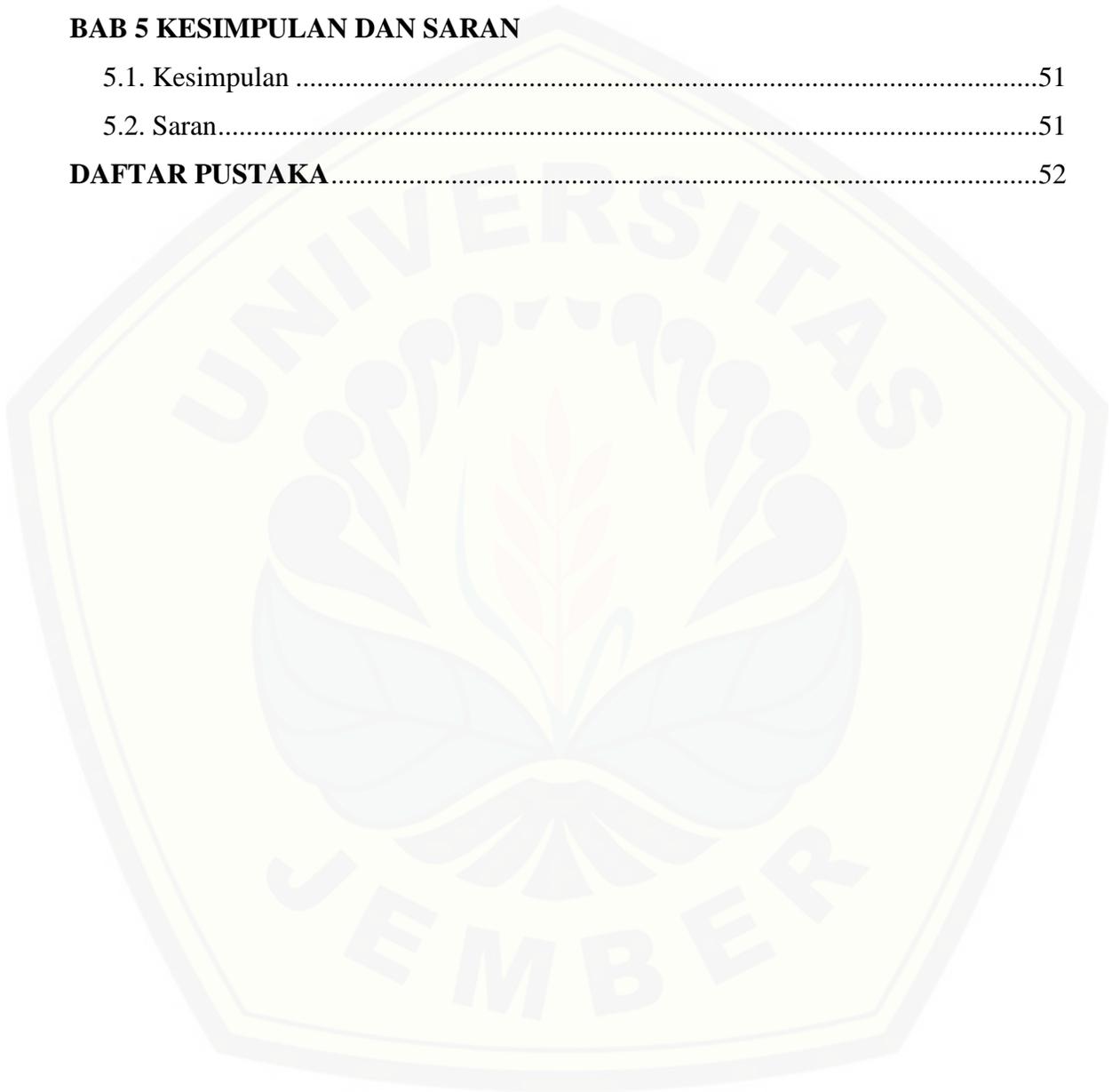
## **BAB 4 PEMBAHASAN**

4.1. Hasil Penelitian .....	42
4.2. Analisis Data .....	44
4.3. Pembahasan.....	45

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan .....	51
5.2. Saran.....	51

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>52</b>
----------------------------	-----------



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Penampilan tanaman tebu .....	4
2.2 Struktur silika tetrahedral.....	9
2.3 Penampilan <i>Eucheuma cottonii</i> .....	18
2.4 Struktur kimia dari polisakarida.....	20
2.5 Struktur kimia dari selulosa <i>red seaweed</i> .....	22
2.6 Bentuk molekul pelarut aquades .....	23
2.7 Bentuk molekul pada metanol.....	24
2.8 <i>Scanning electron microscope</i> dan skemanya .....	26
2.9 Kerangka konsep.....	27
3.1 Kriteria sampel penelitian .....	31
3.2 Cetakan <i>steinless steel</i> pada press PSI .....	37
3.3 Alur Penelitian .....	41
4.1 Histogram perbedaan pembentukan HCA .....	43
4.2 Luas area pembentukan HCA menggunakan <i>software imageJ 1.49V</i> .....	44
4.3 Struktur atom.....	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Hasil pengujian abu ampas tebu.....	7
2.2 Karakteristik <i>silica amorph</i> .....	8
2.3 Bentuk kristal utama silika.....	10
2.4 Karakteristik dari rumput laut.....	16
3.1 Pengelompokan sampel bahan <i>bioactive glass nano silica</i> abu ampas tebu dengan atau tanpa penambahan polisakarida <i>red seaweed</i> .....	32
4.1 Rata-rata jumlah pembentukan HCA.....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Surat izin penelitian.....	57
B. Surat identifikasi tanaman tebu.....	61
C. Surat identifikasi rumput laut.....	62
D. Hasil Penghitungan Jumlah Luas Area HCA.....	63
E. Analisis data penelitian	
E.1 Hasil uji normalitas menggunakan uji <i>Shapiro Wilk</i> .....	64
E.2 Hasil uji homogenitas menggunakan uji <i>Levene test</i> .....	64
E.3 Hasil uji <i>Two Way Anova</i> .....	65
E.4 Hasil uji <i>Tukey</i> .....	65
F. Hasil analisa <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dan <i>software ImageJ</i> .....	67
G. Alat dan bahan penelitian	
G.1 Alat penelitian .....	79
G.2 Bahan penelitian.....	83

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tanaman tebu menghasilkan produk sampingan berupa *bagasse* (ampas tebu) yang pemanfaatannya belum optimal. Apabila abu ampas tebu dibakar akan menghasilkan limbah anorganik berupa abu ampas tebu. Kandungan utama abu ampas tebu berupa  $\text{SiO}_2$  (*silica*) sebesar 64,65% sehingga berpotensi sebagai bahan *bioactive glass* alami yaitu *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu. Bahan ini memiliki keuntungan seperti harganya lebih murah dan mudah didapatkan dan apabila berkontak dengan cairan tubuh akan membentuk lapisan *hydroxycarbonate apatite* (Andaka, 2011; Hanafi dan Nandang, 2010).

*Hydroxycarbonate apatite* didapatkan dari bahan biokeramik yang dikembangkan menjadi material pilihan untuk penggunaan bahan pengganti struktur tulang. Penelitian Geros (1991) menyatakan bahwa komposisi mineral tulang 4-8% adalah karbonat yang terdapat pada struktur apatit tulang sehingga susunan inorganik komponen tulang harusnya dinamakan karbonat apatit ( $\text{CO}_3\text{Ap}$ ). Menurut penelitian Farooq (2012) bahwa *bioactive glass* sintesis dapat membentuk *hydroxycarbonate apatite* (HCA) dalam waktu kurang dari dua jam, sedangkan menurut penelitiannya Hidayat dan Adibah (2017) *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu mampu membentuk HCA lebih cepat yaitu dalam waktu lima menit. Bahan ini masih memiliki kekurangan berupa ikatan antar bahan *bioactive glass* yang masih lemah dan pembentukan HCA yang dirasa masih minimal. Polisakarida dapat menjadi salah satu bahan tambahan untuk memperkuat dan meningkatkan jumlah pembentukan HCA. Dikarenakan Polisakarida termasuk matriks polimer alami yang apabila digabungkan dengan bionanokomposit akan terjadi reaksi auto-organisasi rantai supra-molekul yang mengarah ke jaringan yang teratur sehingga dapat mengontrol pembentukan inti pada senyawa anorganik seperti *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu yang menyebabkan pembentukan HCA menjadi meningkat. Selain itu polisakarida dapat menjadi osteoinduktif karena mampu memberikan struktur helix seperti kolagen (Nogueira, 2015).

Polisakarida merupakan karbohidrat yang tersusun dari sepuluh satuan monosakarida dan dapat berantai lurus atau bercabang. Polisakarida dapat dihidrolisis oleh asam atau enzim tertentu yang kerjanya spesifik. Hidrolisis sebagian polisakarida menghasilkan oligosakarida dan dapat digunakan untuk menentukan struktur molekul. Polisakarida pada *red seaweed* bersifat biokompatibel karena telah diujikan baik pada hewan maupun pada manusia dan dapat dikelompokkan menjadi dua, yang pertama polisakarida larut air seperti karaginan, agar, dan alginat yang dapat diperoleh menggunakan pelarut aquades dan metanol, hal ini disebabkan karena pelarut aquades dan metanol memiliki gugus polar yang sama dengan polisakarida larut air, yang kedua polisakarida tidak larut air seperti Selulosa yang juga dapat diperoleh menggunakan pelarut metanol. Hal dikarenakan pelarut metanol selain memiliki gugus non polar, juga mempunyai gugus polar yang sama dengan polisakarida tidak larut air, dimana berat molekul yang rendah pada pelarut metanol mampu untuk membentuk ikatan hidrogen lebih banyak dan menarik analit-analit disekitarnya sehingga mampu untuk menghasilkan polisakarida terutama selulosa lebih banyak (Holdt dan Kraan, 2011; Lahaye, 1991; Dawczynski, dkk., 2007).

Selulosa terdiri atas polimer galakturonan yang saling berhubungan melalui ikatan hidrogen dan glikosidik, dengan demikian semakin panjang rantai polimer yang terbentuk maka semakin kuat gaya tarik menarik yang terjadi dengan bahan lain sehingga dapat berfungsi sebagai pengikat antar bahan agar menjadi lebih kuat dan bersifat sebagai bionanokomposit untuk meningkatkan pembentukan HCA. Sehingga bahan ini diharapkan akan lebih baik dan kuat apabila diaplikasikan sebagai bahan tambahan pada tumpatan maupun regeneratif pada tulang. (Abbsasi, 2015; Rahaman, dkk., 2011; Hardoko, dkk., 2015; Nogueira, 2015; dan Watt dkk, 2002).

## 1.2. Rumusan Masalah.

Bagaimana analisis pembentukan *hydroxycarbonate apatite* pada *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu yang ditambahkan polisakarida *red seaweed* yang diendapkan menggunakan pelarut metanol dan aquades dengan waktu perendaman pada cairan tubuh buatan yang berbeda?

### 1.3. Tujuan Penelitian.

Menganalisis pembentukan *hydroxycarbonate apatite* pada *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu yang ditambahkan polisakarida *red seaweed* yang diendapkan menggunakan pelarut metanol dan aquades dengan waktu perendaman pada cairan tubuh buatan yang berbeda.

### 1.4. Manfaat Penelitian.

#### 1.4.1. Manfaat secara teoritis

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pembentukan *hydroxycarbonate apatite* pada *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu yang ditambahkan polisakarida *red seaweed*.
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan pengembangan pada penelitian selanjutnya.

#### 1.4.2. Manfaat secara aplikatif

1. Meningkatkan nilai guna limbah abu ampas tebu dan *red seaweed* sehingga memiliki nilai jual tinggi serta bermanfaat dalam bidang kedokteran gigi biomedik maupun bidang konservasi gigi sebagai bahan tambahan tumpatan.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Tebu

Indonesia merupakan salah satu negara beriklim tropis yang selalu mendapat sinar matahari sepanjang tahun, sehingga berbagai jenis tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik salah satunya adalah *Saccharum officinarum* L (tanaman tebu). Tanaman tebu merupakan tanaman yang dapat tumbuh dan berkembang di daerah tropika dan sub tropika sampai batas garis isotherm  $20^{\circ}$  C yaitu antara  $19^{\circ}$  LU –  $35^{\circ}$  LS. Luas areal tanaman tebu di Indonesia mencapai 344 ribu hektar dengan kontribusi utama adalah di Jawa Timur (43,29%), Jawa Tengah (10,07%), Jawa Barat (5,87%), dan Lampung (25,71%). Pada lima tahun terakhir, areal tebu Indonesia secara keseluruhan mengalami stagnasi pada kisaran sekitar 340 ribu hektar (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007; Chandra, dkk., 2010).



Gambar 2.1. Penampilan tanaman tebu (koleksi pribadi, 2018 )

### 2.1.1 Klasifikasi tanaman tebu

Klasifikasi tanaman tebu adalah sebagai berikut :

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledone
Ordo	: Graminales
Famili	: Graminae
Genus	: Saccharum
Species	: Saccarum officinarum (Chandra, dkk., 2010).

### 2.1.2 Morfologi dan ciri tanaman tebu

#### a. Akar

Akar tanaman tebu merupakan akar serabut 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 (Chandra, 2010).

#### a. Batang

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

#### b. Daun

Daun pada tanaman tebu berbentuk busur panah seperti pita yang berseling kanan dan kiri, berpelepah seperti daun jagung, dan tak bertangkai. Tulang daun sejajar dan ditengah berlekuk. Tepi daun kadang-kadang bergelombang serta berbulu keras (Chandra, 2010).

#### c. Bunga

Bunga pada tanaman tebu berupa malai dengan panjang antara 50- 80 cm dimana cabang bunga pada tahap pertama berupa karangan bunga dan

pada tahap selanjutnya berupa tandan dengan dua bulir panjang 3-4 mm. Terdapat pula benangsari, putik dengan dua kepala putik dan bakal biji (Chandra, 2010).

d. Buah

Buah pada tanaman tebu seperti padi, memiliki satu biji dengan besar lembaga sepertiga panjang biji (Chandra, 2010).

## 2.2 Ampas Tebu

### 2.2.1 Definisi Ampas Tebu

Ampas tebu atau lazimnya disebut *bagasse* merupakan limbah organik yang banyak dihasilkan di pabrik-pabrik pengolahan gula tebu di Indonesia. Serat ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi selain merupakan hasil limbah pabrik gula tebu, serat ini juga mudah didapatkan, harganya murah, tidak membahayakan kesehatan, dan dapat terdegradasi secara alami (*biodegradability*) sehingga nantinya mampu mengatasi permasalahan lingkungan. Ampas tebu dapat diperoleh dari batang tebu yang telah dilakukan proses pengempaan dan pemerasan. Ampas tebu mengandung air sebesar 48-52%, gula sebesar 3,3%, dan serat sebesar 47,7%-53%. Dari satu pabrik gula dapat menghasilkan ampas tebu sekitar 35–40% dari berat tebu yang digiling. Biasanya ampas tebu yang diperoleh hanya dibuang begitu saja dan diperkirakan sebanyak 45% dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan dengan optimal. Selama ini ampas tebu hanya dimanfaatkan sebatas untuk makanan ternak, bahan baku pembuatan pupuk (kompos), *pulp*, *particle board*, dan untuk bahan bakar *boiler* di pabrik gula yang menghasilkan limbah berupa abu ampas tebu (Andaka, 2011; Hanafi dan Nandang, 2010; Husin, 2007; Yudo dan Sukanto, 2008).

### 2.2.2 Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu diperoleh dari hasil pembakaran ampas tebu yang digunakan sebagai bahan bakar untuk *boiler* dalam proses produksi pembuatan gula di Pabrik Gula. Proses terjadinya abu ampas tebu adalah

batang tebu yang telah ditebang kemudian diangkut ke pabrik gula dan dilakukan proses penggilingan untuk dikeluarkan air gulanya sehingga menyisakan ampas tebu dalam keadaan kering. Ampas tebu kering tersebut diangkut dengan menggunakan peralatan mekani ke dapur pembakaran *boiler* dan dilakukan pembakaran. Apabila ampas tebu tersebut sudah dalam keadaan terbakar halus maka kemudian dikeluarkan dari dapur pembakaran ke tempat pencampuran selanjutnya (Pandaleke, 2014).

Hasil analisa XRF terhadap abu ampas tebu yang telah didapatkan, diketahui bahwa dalam abu ampas tebu tersebut mengandung mineral-mineral yang berupa Si, K, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Cu, Zn dan P. Kandungan  $\text{SiO}_2$  (Silikon) merupakan kandungan yang paling banyak ditemukan berdasarkan hasil analisis rata-rata dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) adalah 64,65%. Dan apabila abu ampas tebu tersebut dilakukan pembakaran pada suhu  $600^0\text{ C}$  selama dua jam maka akan meningkatkan persentase  $\text{SiO}_2$  (Silikon) menjadi sebesar 71% (Affandi, 2009; Hanafi dan Nandang, 2010) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Hasil pengujian abu ampas tebu (Fauzi, dkk., 2014).

Senyawa Kimia	Persentase (%)
$\text{SiO}_2$	71
$\text{Al}_2\text{O}_3$	2,5
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	8,2
CaO	3,6
Lain-lain	14,7

## 2.3 Silika

### 2.3.1 Pengertian Silika

Silika adalah senyawa yang diperoleh dari hasil polimerisasi asam silikat, yang tersusun dari rantai satuan  $\text{SiO}_4$  tetrahedral dengan formula umum yaitu  $\text{SiO}_2$  (*silicon dioxida*). Di alam senyawa silika dapat ditemukan dalam beberapa bahan alam seperti pasir, kuarsa, gelas, dan sebagainya dengan bentuk strukturnya berupa kristalin. Selain terbentuk

secara alami, silika dengan struktur kristal tridimit dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada suhu 870°C dan apabila pemanasan dilanjutkan pada suhu 1470°C maka dapat diperoleh silika dengan struktur kristobalit. Silika juga dapat dibentuk dengan mereaksikan silikon dengan oksigen atau udara pada suhu tinggi (Bragmann and Goncalves, 2006; Sulastri dan Susila, 2010). Karakteristik silika amorf dapat dijelaskan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Karakteristik Silika *Amorph* (Surdia, dkk., 2000).

Nama lain	Silikon Dioksida
Rumus Molekul	SiO <sub>2</sub>
Berat Jenis (g/cm <sup>3</sup> )	2,6
Bentuk	Padat
Daya larut dalam air	Tidak larut
Titik cair (°C)	1610
Titik didih (°C)	2230
Kekerasan (Kg/mm <sup>2</sup> )	650
Kekuatan tekuk (Mpa)	70
Kekuatan tarik (Mpa)	110
Modulus elastisitas (Gpa)	73 - 75
Resistivitas (Ωm)	>10 <sup>14</sup>
Koordinasi geometri	Tetrahedral
Struktur kristal	Kristobalit, Tridimit, Kuarsa

Secara sintesis senyawa silika dapat dibuat dari larutan silikat atau dari pereaksi silan. Silika gel sebagai salah satu senyawa silika sintesis memiliki struktur berbentuk *amorph* atau mudah reaktif.

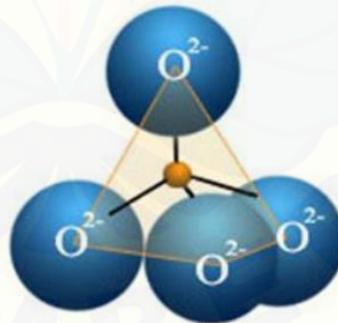
### 2.3.2 Sifat dan Klasifikasi Silika

Silika memiliki bentuk berupa suatu padatan yang berpori, struktur berpori pada silika ini berhubungan dengan luas permukaan dimana semakin kecil ukuran pori-pori silika dapat mengakibatkan luas permukaan semakin besar sehingga kemampuan adsorpsi bertambah. Selain itu, silika mempunyai sifat unik yang tidak dimiliki oleh senyawa anorganik lainnya, seperti sifat inert, sifat adsorpsi dan pertukaran ion yang baik, mudah dimodifikasi dengan senyawa kimia tertentu untuk meningkatkan kinerjanya, kestabilan mekanik dan kestabilan termal tinggi, serta dapat digunakan untuk prekonsentrasi atau pemisahan analit karena

proses pengikatan analit pada permukaan silika bersifat *reversible* (Hardyanti, 2017).

Silika murni memiliki dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silikon selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatan-ikatannya mempunyai sifat yang cukup ionik. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan. Dalam kuarsa terdapat *heliks* sehingga terbentuk kristal *enansiomorf*. Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan. Proses ini lambat karena dibutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan-ikatan dan energi pengaktifannya tinggi.

Silika relatif tidak reaktif terhadap  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2$ , asam-asam dan sebagian besar logam pada suhu  $25^\circ\text{C}$  atau pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dapat diserang oleh  $\text{F}_2$ , HF aqua, hidroksida alkali dan leburan-leburan karbonat. 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. Struktur silika tetrahedral dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur silika tetrahedral (Im, 2011)

Pada umumnya bentuk dari silika adalah amorf terhidrat, namun apabila pembakaran dilakukan secara terus-menerus pada suhu di atas  $650^\circ\text{C}$  maka tingkat kristalinitasnya akan cenderung naik dan akan terbentuk fasa *quartz*, *crystobalite*, dan *tridymite*. Bentuk struktur *quartz*, *crystobalite*, dan *tridymite* yang merupakan jenis kristal utama *silica*

memiliki stabilitas dan kerapatan yang berbeda serta mempunyai nilai densitas masing-masing sebesar  $2,65 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $2,27 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , dan  $2,23 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

Berdasarkan perlakuan termal, pada suhu  $< 570^\circ\text{C}$  terbentuk *low quartz*, untuk suhu  $570-870^\circ\text{C}$  terbentuk *high quartz* yang mengalami perubahan struktur menjadi *crystalobalite* dan *tridymite*, sedangkan pada suhu  $870-1470^\circ\text{C}$  terbentuk *high tridymite*, pada suhu  $> 1470^\circ\text{C}$  terbentuk *high crystalobalite*, dan pada suhu  $1723^\circ\text{C}$  terbentuk silika cair. Silika dapat ditemukan di alam dalam beberapa bentuk meliputi kuarsa dan opal, silika memiliki 17 bentuk kristal, dan memiliki tiga bentuk kristal utama yaitu kristobalit, tridimit, dan kuarsa seperti diperlihatkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Bentuk kristal utama silika (Smallman dan Bishop, 2000).

Bentuk	Rentang Stabilitas( $^\circ\text{C}$ )	Modifikasi
Kristobalit	1470-1723	$\beta$ -(kubik) $\alpha$ -(tetragonal)
Tridimit	870-1470	$\gamma$ -(?) $\beta$ -(heksagonal) $\alpha$ -(ortorombik)
Kuarsa	$< 870$	$\beta$ -(heksagonal) $\alpha$ -(trigonal)

### 2.3.3 Sumber Silika

Silika dapat ditemukan di alam dan secara kuantitatif memiliki jumlah yang melimpah. Silika berada didalam tanah berbentuk silika larut air ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ). Silika atau silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) adalah senyawa yang terbentuk dari atom silikon dan oksigen. Karena oksigen adalah unsur yang paling melimpah di kulit bumi, sementara silikon adalah unsur kedua terbanyak, maka bentuk silika merupakan bentuk yang sangat umum ditemukan di alam. Silika dapat diperoleh melalui proses penambangan yang dimulai dari menambang pasir kuarsa sebagai bahan baku. Pasir kuarsa tersebut kemudian dipisahkan dan dilakukan proses untuk membuang pengotor, pasir inilah yang kemudian dikenal dengan pasir silika.

Silika dapat terakumulasi di dalam makhluk hidup, baik hewan atau tumbuhan seperti pada cangkang keong mas sebesar 10,25%, serabut kelapa sawit sebesar 59,1%, dan pada cangkang kelapa sawit sebesar 61% memiliki bentuk *amorf*, berbeda dengan silika yang tidak berasal dari makhluk hidup seperti batuan dan debu yang memiliki struktur kristalin (Lubis, 2009). Ditinjau dari struktur atom penyusunnya, bahan padat dibedakan menjadi tiga yaitu kristal tunggal (*monocrystal*), polikristal (*polycrystal*), dan *amorf* (Smallman, 2000). Pada kristal tunggal, atom atau penyusunnya mempunyai struktur tetap karena atom-atom atau molekul-molekul penyusunnya tersusun secara teratur dalam pola tiga dimensi dan pola-pola ini berulang secara periodik dalam rentang yang panjang tak berhingga. Polikristal dapat didefinisikan sebagai kumpulan dari kristal-kristal tunggal yang memiliki ukuran sangat kecil dan saling menumpuk yang membentuk benda padat.

Struktur *amorf* menyerupai pola hampir sama dengan kristal, akan tetapi pola susunan atom-atom, ion-ion atau molekul-molekul yang dimiliki tidak teratur dengan jangka yang pendek. *Amorf* terbentuk karena proses pendinginan yang terlalu cepat sehingga atom-atom tidak dapat dengan tepat menempati lokasi kisinya. Bahan seperti gelas, nonkristalin ataupun vitrus yaitu memiliki struktur yang identik dengan *amorf*.

#### 2.3.4 Pemanfaatan Silika

Silika dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dengan berbagai ukuran tergantung dari aplikasi yang dibutuhkan seperti dalam industri ban, karet, semen, beton, gelas, tekstil, elektronik, pasta gigi, kertas, dan kosmetik. Untuk proses penghalusan atau memperkecil ukuran dari pasir silika umumnya digunakan metode milling atau penggerusan dengan alat tertentu dan *ball mill* untuk menghancurkan ukuran pasir silika yang besar-besar menjadi ukuran yang lebih halus. Pada dunia industri penggunaan silika gel sudah sangat luas, silika gel merupakan produk yang aman digunakan untuk menjaga kelembaban makanan, obat-obatan, bahan sensitif, elektronik dan film sekalipun. Produk anti lembab ini menyerap

lembab tanpa merubah kondisi zatnya. Dewasa ini salah satu material yang banyak diminati adalah komposit berbasis silika seperti komposit MgO-SiO<sub>2</sub> (Damiyanti,2012; Im, 2011).

#### 2.4 *Bioactive Glass*

*Bioactive glass* pertama kali ditemukan oleh Profesor Hench pada tahun 1969 yang merupakan seorang peneliti berasal dari Universitas Florida dan menghasilkan suatu penemuan mengenai bahan biokeramik baru. Bahan yang ditemukan ini tidak bersifat toksik dengan komposisi *silica* (gelas) sebagai bahan dasar yang bisa dikombinasikan dengan bahan-bahan lainnya seperti kalsium. *Bioactive glass* merupakan bahan biaoaktif anorganik yang mampu bereaksi dengan cairan fisiologis untuk membentuk ikatan yang kuat dengan tulang. Kemudian dilanjutkan membentuk ikatan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) dan interaksi biologis pada jaringan tubuh dengan permukaan bahan. *Bioactive glass* telah teruji aman dalam penggunaan klinis. Suatu bahan dikatakan *bioactive* apabila dapat memberikan hasil dan respon biologis dalam pembentukan ikatan antara bahan dan jaringan (Chen, dkk., 2008; Hench, 1993; Wilson, dkk., 1981).

Bahan ini telah dicoba dengan menanamkannya dalam fraktur tulang sehingga terjadi proses antara bahan ini dengan tulang dan membentuk suatu ikatan yang kuat kemudian oleh Profesor Hench bahan ini dinamakan *bioglass 45S5* yang merupakan *bioactive glass* sintesis. Bahan *bioglass 45S5* tersusun atas SiO<sub>2</sub> (*Silica*) sebesar 45%, Na<sub>2</sub>O (*Sodium Oxide*) sebesar 24,5%, CaO (*Calcium Oxide*) sebesar 24,5%, dan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (*Phosphorus Pentoxide*) sebesar 6%. *Bioglass 45S5* memiliki sifat biokompatibel terhadap tubuh akan tetapi bahan ini masih sulit untuk didapatkan di Indonesia karena harganya yang relatif mahal (Krishnan dan Lakshmi, 2013).

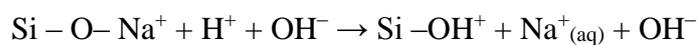
*Bioactive glass* telah banyak digunakan dalam bidang kesehatan termasuk kedokteran gigi yaitu dalam proses ekstraksi gigi dimana *bioactive* telah digunakan untuk mempertahankan ketinggian lingir

alveolar digunakan untuk fusi tulang belakang, untuk mengisi cacat tulang di sejumlah prosedur ortopedi, dan rekonstruksi krista tulang iliaka. Pada tahap awal aplikasi klinis ini mengkonfirmasi bahwa bahan ini sebagai implan yang sangat kompatibel. Aplikasi yang lebih baru dari bioactive glass adalah sebagai pelapis untuk implan logam ortopedi, pelapis trabekular, penggantian tulang, ilmu periodontal, ilmu endodontik, *scaffold* untuk teknik jaringan tulang dan pengobatan regeneratif. *Bioactive glass* memiliki beberapa jenis diantaranya adalah *bioactive glass silica*, *bioactive glass phosphate*, dan *bioactive glass borate*. *Bioactive glass phosphate* dan *bioactive glass borate* merupakan pengembangan dari *bioactive glass silica* dimana dalam masing-masing *bioactive glass* tersebut terdapat kandungan borat dan pospat dalam jumlah yang cukup besar sebagai pengganti silika (Abbasi, 2015; Rahaman, dkk., 2011).

## 2.5 *Bioactive Glass Silica*

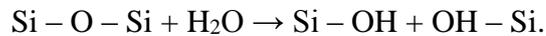
*Bioactive glass silica* merupakan jenis *bioactive glass* yang terdiri dari silika sebagai komposisi utamanya dan campuran bahan lainnya sebagai komposisi tambahan. *Bioactive glass silica* dapat dibagi menjadi dua macam yaitu *Bioactive glass silica* alami yang dapat diperoleh dari abu ampas tebu, abu cangkang keong mas, dan abu cangkang kelapa sawit. *Bioactive glass silica sintetis* salah satu contohnya adalah *bioglas 45S5*. Bahan ini memiliki sifat biokompatibel terhadap tubuh dan digunakan secara luas dalam dunia kedokteran, terutama dalam hal penyembuhan tulang. Mekanisme penyembuhan tulang oleh *bioactive glass silica* terdiri dari:

1. Ion  $\text{Na}^+$  dan/  $\text{Ca}^+$  yang berasal dari bahan *bioactive glass silica* bereaksi dengan ion  $\text{H}^+$  yang berasal air, saliva, atau cairan tubuh. Reaksi tersebut merupakan reaksi substitusi sehingga menghasilkan kelompok ikatan silanol ( $\text{Si} - \text{OH}$ ).



Reaksi di atas akan meningkatkan nilai pH lokal (peningkatan  $\text{OH}^-$ ).

2. Peningkatan pH akan menyebabkan silika  $\text{SiO}_2$  membentuk  $\text{Si}(\text{OH})_4$  sehingga pembentukan kelompok ikatan silanol ( $\text{Si} - \text{OH}$ ) akan terus berlanjut.



3. Kondensasi dan polimerisasi silika kemudian terjadi untuk membentuk lapisan silika gel.
4. Reaksi selanjutnya adalah terjadinya perpindahan ion – ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ke luar lapisan silika gel untuk membentuk lapisan kalsium fosfat.
5.  $(\text{OH})^-$  dan  $(\text{CO}_3)^{2-}$  dari cairan tubuh kemudian akan bergabung dengan lapisan kalsium, dan pada akhirnya akan terjadi kristalisasi menjadi *hydroxycarbonate apatite* (Rahaman, dkk., 2011).

## 2.6 Nano Partikel *Bioactive Glass Silica*

Nano teknologi sudah sangat berkembang pesat pada semua bidang seperti elektronik, farmasi, dan kedokteran. Hal ini berkaitan dengan sintesis, karakteristik, serta aplikasi material maupun peralatan dalam skala ukuran nanometer. Sifat fisika, kimia, dan biologis dari partikel nano berbeda dari atom dan molekul dalam material yang lebih besar dimana besar kecilnya ukuran dari suatu partikel dapat mempengaruhi kecepatan gerakannya dimana jika semakin kecil ukuran suatu partikel maka akan semakin cepat gerakannya. ukuran nanometer yang lebih kecil dapat mudah berkembang dan maju dalam memenuhi tuntutan aplikasi berteknologi tinggi (Rahman dan Padavettan, 2012; Sumardjo, 2009).

*Bioactive glass silica* yang berukuran nano partikel terbukti lebih cepat dalam membentuk lapisan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) dimana bahan ini dibuat dengan menggunakan metode *melt derived* (sol-gel). Metode sol-gel dilakukan dengan menggunakan reaktor bersuhu tinggi untuk meleburkan *silica*, *Phosphate*, *calcium carbonate*, dan *sodium karbonate* sehingga dapat bergabung menjadi *glass* dengan ukuran 20-80 nm. Sol-gel sering digunakan dalam memproduksi *silica* murni dikarenakan kemampuannya untuk mengontrol ukuran partikel lebih bagus

dibandingkan metode lainnya. Metode sol-gel juga dapat menaikkan konsentrasi silanol pada permukaan sampel yang dapat mempengaruhi pembentukan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) dan permukaan yang mikrostruktur pada *nanosilica* mempunyai volume porositas yang cukup tinggi dengan ukuran pori-pori kurang dari 2 nm, sehingga sesuai untuk menstimulasi pembentukan *hydroxyapatite*. Nanosilica bersifat biokompatibel, kestabilannya baik, dan mampu bekerja selaras dengan sistem kerja tubuh (Fernandez, 2012; Jones, 2013; Mabrouk, dkk., 2012; Rahman dan Padavettan, 2012).

## 2.7 Seaweed (Rumput Laut)

### 2.7.1 Persebaran Rumput Laut di Indonesia

Indonesia merupakan negara maritim dengan dua per tiga dari luas wilayah merupakan perairan. Luas perairan di Indonesia adalah 5,8 juta km<sup>2</sup> dan di dalamnya terdapat 27,2% dari seluruh spesies flora dan fauna di dunia dan salah satunya adalah rumput laut. Rumput laut atau lebih dikenal dengan sebutan *seaweed* merupakan salah satu sumber daya hayati yang sangat melimpahsekitar 8,6% dari total biota di laut (Dahuri, 1998).

Potensi rumput laut di Indonesia memiliki peran besar dalam peningkatan pendapatan masyarakat pesisir di beberapa daerah antara lain Riau, Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi dan Maluku meskipun masih dalam skala kecil. Kebutuhan rumput laut dari tahun ke tahun selalu meningkat disebabkan oleh adanya permintaan pasar dalam dan luar negeri. Apabila dilihat dari kenaikan nilai ekspor, pada tahun 1985 adalah sebanyak 5.445,678 ton dan pada tahun 1986 meningkat menjadi 6.560,770 ton. Produksi rumput laut meningkat lebih tinggi pada tahun 1990, yakni mencapai 119.276 ton dan pada tahun 1994 produksi rumput laut mengalami penurunan menjadi 110.462 ton. Luas wilayah yang menjadi habitat rumput laut di Indonesia mencapai 1,2 juta hektar atau terbesar di dunia (BPS 1994; Wawa, 2005).

### 2.7.2 Morfologi dan Jenis Rumput Laut

Rumput laut merupakan jenis ganggang yang berukuran besar (*macroalgae*) yang termasuk tanaman tingkat rendah dan termasuk divisi *thallophyta*. Rumput laut memiliki sifat morfologi yang hampir sama karena tidak memperlihatkan adanya perbedaan antara akar, batang dan daun walaupun sebenarnya berbeda. Bentuk - bentuk tersebut sebenarnya hanyalah thallus. Bentuk *thallus* rumput laut bermacam- macam antara lain, bulat seperti tabung, pipih, gepeng, dan bulat seperti kantong dan rambut dan sebagainya (Aslan, 2008).

Potensi rumput laut perlu terus digali, mengingat tingginya keanekaragaman rumput laut di perairan Indonesia yang memiliki kurang lebih 555 jenis dari 8.642 spesies rumput laut yang terdapat di dunia. Rumput laut dari kelas alga merah (*Rhodophyceae*) menempati urutan terbanyak dari jumlah jenis yang tumbuh di perairan laut Indonesia yaitu sekitar 452 jenis, setelah itu alga hijau (*Chlorophyceae*) sekitar 196 jenis dan alga coklat (*Phaeophyceae*) sekitar 134 (Winarno, 1996). Dari masing-masing kelas rumput laut tersebut terdapat karakteristik yang berbeda antara masing-masing jenis rumput laut seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Karakteristik dari rumput laut (Simpson, 2006)

Jenis rumput laut	Pigmen	Zat penyusun dinding sel	Habitat
Hijau (Chlorophyta)	Klorofil a, klorofil b dan karotenoid (siponaxantin, siponein, lutein, violaxantin, dan zeaxantin)	Selulosa	Air asin; air tawar
Merah (Rhodophyta)	Klorofil a, klorofil d dan	CaCO <sub>3</sub> (kalsium	Laut, sedikit di air tawar

	pikobiliprotein (pikoeretrin dan pikosianin)	karbonat), selulosa, dan produk fotosintetik berupa karaginan, agar, fulcellaran, dan porpiran	
Coklat (Phaeophyta)	Klorofil a, klorofil c (c <sub>1</sub> dan c <sub>2</sub> ) dan karotenoid (fukoxantin, violaxantin, zeasantin)	Asam <i>alginate</i>	Laut
Pirang (Chrysophyta)	Karoten; xantofil	Silikon	Laut; air tawar

## 2.8 Red Seaweed

*Red seaweed* (Rumput laut merah) disebut juga alga merah (*Rhodophyceae*) merupakan kelas dengan spesies yang bernilai ekonomis dan paling banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Tumbuhan jenis ini di dalam dasar laut sebagai fitobentos dengan menancapkan dirinya pada substrat lumpur, pasir, karang hidup, karang mati, cangkang moluska, batu vulkanik ataupun kayu. Habitat atau tempat hidup umum tumbuhan jenis ini adalah terumbu karang. Tumbuhan jenis ini hidup pada kedalaman mulai dari garis pasang surut terendah sampai sekitar 40 meter. alga merah atau rumput laut merah di Indonesia terdiri dari 17 marga dan 34 jenis serta 31 jenis diantaranya sudah banyak dimanfaatkan dan bernilai ekonomis.

Rumput laut merah ini di kenal sebagai penghasil karagenan dan agar. Karakteristik thalli mengandung pigmen *ficobilin* dari *ficoerithrin* yang berwarna merah dan bersifat adaptasi kromatik. Proporsi pigmen dapat menimbulkan bermacam-macam warna *thalli* seperti warna coklat, violet, merah tua, merah muda, dan hijau. Dinding sel terdapat *selulose*, agar, karagenan, profiran, dan furselaran. Persediaan makanan dalam *thalli* berupa kanji (*floridan starch*) yang dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Penampilan *Eucheuma cottonii* (Koleksi pribadi, 2018)

Rumput laut merah mempunyai kandungan koloid utama adalah karagenan dan agar. Karagenan diekstrak dari marga *Eucheuma*, *Gigartina*, *Rhodimenia* dan *Hypnea*. Koloid agar diekstrak dari *Gracilaria*, *Gelidium*, *Gelidiopsis* dan *Gelidiella*. Di dunia perdagangan rumput laut merah ada dua kelompok yakni karagenofit dan agarofit. Karagenan lebih dikenal sebagai asam karagenik. Koloid karagenan dalam bentuk derivat garam dinamakan karagenat terdiri dari potasium karagenat dan calcium karagenat. Rumput laut merah penghasil agar sering disebut sebagai asam sulfirik atau asam agarinik. Bentuk derivat garam berupa kalsium agarinat, magnesium agarinat, potasium agarinat dan sodium agarinat. Kedua jenis rumput laut merah tersebut dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti pertanian, industri makanan, dan kesehatan sebagai berikut :

1. Kelompok Agarofit yakni rumput laut merah penghasil koloid agar dan asam agarinik, diperoleh dari marga utama *Gracilaria*, *Ahnfeltis*, *Acanthopeltis*, *Gelidium*, *Gelidiopsis* dan *Gelidiella*. Di dunia industri kelompok ini dimanfaatkan sebagai bahan makanan. Di bidang

kedokteran, agar atau sering disebut juga dengan agar rose dapat digunakan untuk media biakan bakteri. Di sektor pertanian digunakan sebagai media tumbuh jaringan tanaman (*tissue-culture*), sedangkan di bidang kesehatan sebagai obat anti desentri/diare dan anti gondok.

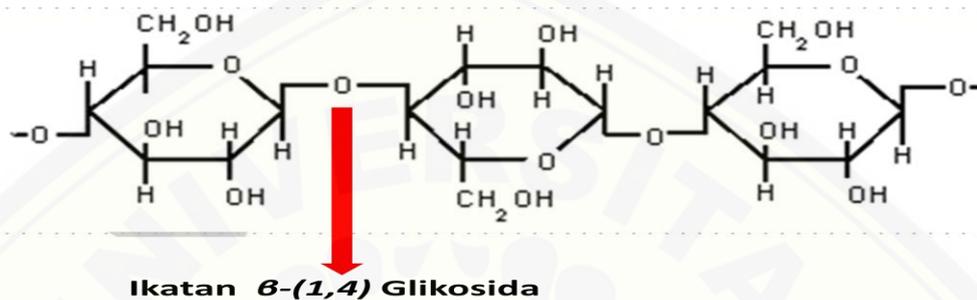
2. Kelompok Karagenofit yakni rumput laut merah penghasil koloid karagenan, asam karagenik dan garam karagenat. Koloid karagenan mempunyai fraksi iota dan kappa. Fraksi iota kandungan koloid karagenan larut dalam air dingin, dapat diperoleh dari jenis *Eucheuma spinosum*, *Eucheuma isiforme* dan *Eucheuma uncinatum*. Fraksi kappa kandungan koloid karagenan larut dalam air panas, dapat diperoleh dari jenis *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma edule* dan *Acanthophora*. Karagenan dari kelompok ini dimanfaatkan dalam industri makanan. Karagenin dapat dimanfaatkan seperti algin, sebagai bahan kosmetik, farmasi, pasta gigi dan salep. Khasiat lain dari marga *Acanthophora* dapat digunakan sebagai obat alami anti mikroba dan anti kesuburan (Kadi, 2004; Wahidulla, 1986).

## 2.9 Polisakarida *Red Seaweed*

Kandungan kimia rumput laut sangat bervariasi serta dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti musim, lokasi geografis tempat tumbuh, jenis spesies, umur panen, kondisi lingkungan. Beberapa jenis rumput laut tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pengolahan industri maupun untuk bahan makanan, namun pemanfaatan rumput laut merah sebagai sumber polisakarida *bioactive* dalam dunia kedokteran masih belum banyak informasi yang tersedia. Rumput laut dapat digunakan dalam dunia industri farmasi dengan mengambil bahan aktif yang terdapat pada *thallus* nya (Dennis, 2010; Ortiz, 2006; Kaehler dan Kennish, 1996; Holdt dan Kraan, 2011).

Rumput laut dikenal sebagai penghasil mineral yang tinggi dan memiliki banyak substansi *bioactive* seperti polisakarida, protein, lipid, dan fenol yang berfungsi sebagai anti-bakteria, anti-virus, dan anti-jamur. Substansi yang ada pada *bioactive* rumput laut dapat dikelompokkan

menjadi dua macam berdasarkan mekanismenya yaitu material yang tidak diserap seperti serat makanan dan material yang dapat diserap serta memberikan pengaruh homeostasis pada manusia secara langsung. Salah satu substansi *bioactive* yang dapat digunakan sebagai substrat dan sering dimanfaatkan dalam bidang medis adalah polisakarida (Kumar, dkk., 2008; Murata dan Nakazoe, 2001).



Gambar 2.4 Struktur kimia dari polisakarida (Poedjiadi dan Supriyanti, 2009)

Polisakarida merupakan Karbohidrat yang tersusun dari sepuluh satuan monosakarida dan dapat berantai lurus atau bercabang. Polisakarida dapat dihidrolisis oleh asam atau enzim tertentu yang kerjanya spesifik. Hidrolisis sebagian polisakarida menghasilkan oligosakarida dan dapat digunakan untuk menentukan struktur molekul polisakarida. Contoh: amilum, glikogen, dekstrin, dan selulosa. Polisakarida pada rumput laut bersifat biokompatibel karena telah diujikan baik pada hewan maupun pada manusia. Polisakarida pada rumput laut dapat dikelompokkan menjadi dua tipe yaitu tipe tidak larut air (*water-soluble*) contohnya adalah manan, xylan, dan selulosa serta tipe larut air (*insoluble*) contohnya adalah karaginan, porphyran, agar, asam alginat, furonan, dan laminarin yang dicirikan dengan kandungan koloid karaginan, asam karagenik, dan garam karagenat dari kelompok ini dimanfaatkan dalam industri makanan, kosmetik, farmasi, pasta gigi, dan salep (Holdt dan Kraan, 2011; Lahaye, 1991; Dawczynski, dkk., 2007).

Tipe tidak larut air (*water-soluble*) pada rumput laut merah adalah selulosa sebesar 22,47% substansi ini mempunyai karakteristik tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia dan dapat digunakan sebagai penyusun

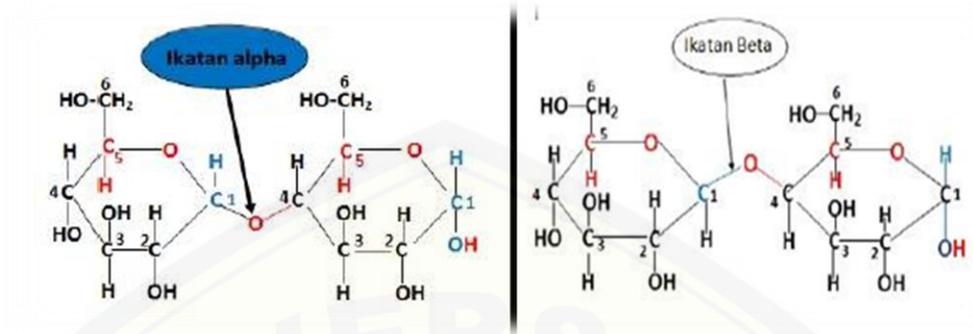
komponen karbohidrat pada rumput laut merah yang tersusun atas polimer galakturonan dan saling berhubungan melalui ikatan hidrogen dan glikosidik, semakin panjang rantai polimer yang terbentuk maka akan semakin kuat gaya tarik menarik yang terjadi serta semakin sulit untuk larut. Tipe larut air (*insoluble*) pada rumput laut merah adalah agar sebesar 5,91% dimana substansi ini memiliki kemampuan untuk membentuk lapisan gel atau film, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengemulsi, penstabil, pembentuk gel, pensuspensi, pelapis, dan inhibitor (Dobbins 1973; Hardoko, dkk., 2015; Zecher dan Gerrish, 1999).

Selulosa menjadi konstituen utama dari berbagai serat alam yang terjadi sebagai rambut-rambut biji yang mengelilingi biji-bijian dari beberapa jenis tumbuhan misalnya kapas, sebagai kulit bagian dalam kayu yang berserat, batang, dan konstituen-konstituen berserat dari beberapa tangkai daun (serat-serat daun). Jumlah selulosa dalam serat bervariasi menurut sumbernya dan biasanya berkaitan dengan bahan-bahan seperti air, lilin, pektin, protein, lignin dan substansi-substansi mineral. Derajat polimerisasi dari selulosa kapas berkisar 15.000, dibandingkan dengan sekitar 10.000 untuk selulosa kayu. Pemisahan selulosa kayu dari lignin menyebabkan penurunan DP ke sekitar 2600 (Stevens, 2001).

Selulosa merupakan homopolisakarida yang tersusun atas unit – unit  $\beta$ -Dglukopiranososa yang terikat satu sama lain dengan ikatan – ikatan glikosida (1 $\rightarrow$ 4). Berdasarkan derajat polimerisasi dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida 17,5%, selulosa dapat dibedakan atas tiga jenis yaitu :

- 1 Selulosa  $\alpha$  (Alpha Cellulose) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan derajat polimerisasi 600 –1500.
- 2 Selulosa  $\beta$  (Beta Cellulose) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5 % atau basa kuat dengan derajat polimerisasi 15 – 90, dapat mengendap bila dinetralkan.

- 3 Selulosa  $\gamma$  (Gamma Cellulose) adalah sama dengan selulosa  $\beta$ , tetapi derajat polimerisasinya kurang dari 15. Struktur kimia dari selulosa dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Struktur kimia dari selulosa *red seaweed* (Soegiarto, dkk., 1978)

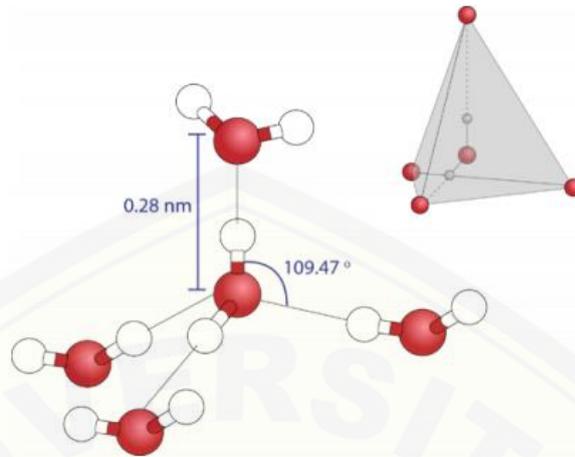
## 2.10 Aquades dan Metanol sebagai Pelarut Polisakarida *Red Seaweed*

### 2.10.1 Pelarut Aquades

Kelarutan zat dalam pelarut dipengaruhi oleh ikatan polar dan non polar. Zat yang polar hanya larut dalam pelarut polar, sedangkan zat non polar hanya larut dalam pelarut non polar. Aquades merupakan air murni atau disebut juga sebagai pelarut murni, memiliki bentuk molekul polar dimana hanya berisi molekul – molekul  $H_2O$  dengan gaya dipol-dipol tanpa adanya penambahan unsur lain seperti ion.

Pelarut ini berperan penting penting dan memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik sehingga aquades disebut sebagai pelarut universal. Aquades berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, aquades dapat dideskripsikan sebagai asosiasi ikatan antara sebuah ion hidrogen  $H^+$  dengan sebuah ion hidroksida  $OH^-$  (Suryana, 2013). Rumondor dan Porotu'o (2014) mengemukakan bahwa aquades merupakan air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan aman bagi kesehatan apabila telah memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan

radioaktif. Aquades memiliki bentuk molekul pada gambar 2.6 sebagai berikut.



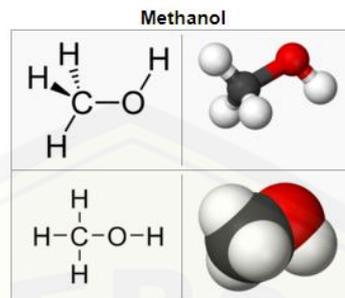
Gambar 2.6 Bentuk molekul pelarut aquades (Petrucci, 2008)

Penelitian Petrucci (2008) dikatakan bahwa aquadestilata aquades adalah air dari hasil penyulingan diuapkan dan disejukan kembali dan memiliki kandungan murni  $H_2O$ . Aquades juga memiliki rumus kimia yaitu  $H_2O$  yang berarti dalam 1 molekul terdapat 2 atom hidrogen kovalen dan atom oksigen tunggal. Aquades bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar yaitu pada tekanan 100 kPa 1 bar, temperatur 273,15 K  $0^{\circ}C$ , viskositas yaitu 1.002 *centipoise* pada  $20^{\circ}C$ .

### 2.10.2 Pelarut Metanol

Metanol sering disebut metil alkohol, mempunyai rumus kimia  $CH_3OH$  dan merupakan pelarut yang tak berwarna. Menurut sejarahnya, metanol disebut alkohol kayu. Metanol mempunyai berat molekul 32,043 g/mol dan berwujud cair pada suhu lingkungan dan tekanan atmosferis. Titik didih metanol sebesar  $64,7^{\circ}C$  dan titik leburnya sebesar  $-98,68^{\circ}C$ . Metanol mempunyai sifat mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas. Metanol merupakan bahan kimia dasar yang banyak digunakan dalam berbagai industri sebagai senyawa intermediet yang menjadi bahan baku berbagai industri antara lain: industri asam asetat, formaldehid, MTBE, polyvinyl, polyester,

rubber, resin sintetis, farmasi, DME, dan lain sebagainya (Fessenden dan Fessenden, 1997). Metanol memiliki bentuk molekul pada gambar 2.7 sebagai berikut.



Gambar 2.7 Bentuk molekul pada metanol (Nonam Park, dkk., 2014)

Pembeli metanol di Indonesia hampir 80% adalah industri formaldehid yang menghasilkan adhesives untuk plywood dan industri *wood processing* lainnya. Metanol juga diproyeksikan sebagai bahan bakar alternatif masa depan karena memiliki bilangan oktan yang tinggi dengan pembakaran yang lebih sempurna sehingga gas karbonmonoksida sebagai hasil samping reaksi utama yang dihasilkan semakin sedikit. Selain dapat digunakan sebagai bahan bakar langsung, metanol dapat dikonversikan menjadi etilen atau propilen pada proses MTO (*methyl-to-olefins*) yang dapat menghasilkan *hydrocarbon fuels*. (Indonesian Commercial Newsletter, 2010; Nonam Park et al., 2014).

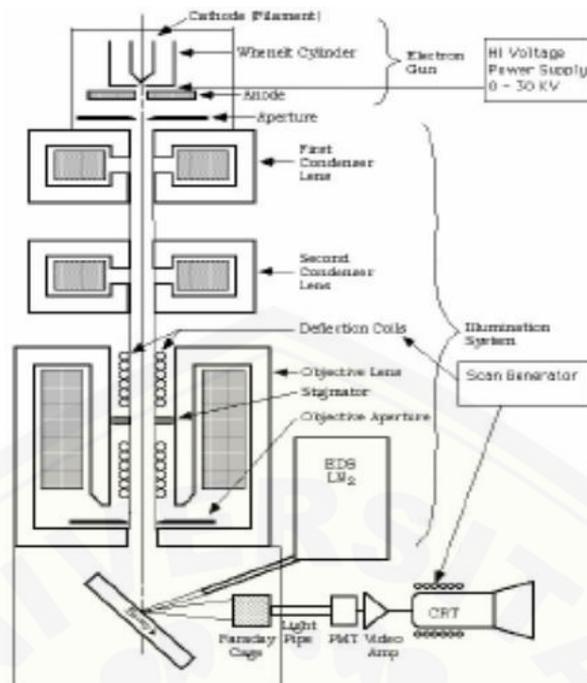
### 2.11 Hydroxycarbonate Apatite

*Hydroxycarbonate Apatite* adalah sebuah lapisan yang dapat terbentuk dari bahan *bioaktive glass*. Bahan ini dapat terbentuk apabila telah berkontak dengan cairan tubuh melalui mekanisme masuknya ion  $\text{OH}^-$  dan  $\text{CO}_3^{2-}$  ke dalam cairan tubuh tersebut. *Hydroxycarbonate apatite* dapat meningkatkan respon sel, sifat osteokonduktifitas dan menurunkan ion-ion logam ketika digunakan sebagai bahan pelapis implan (Landi, dkk., 2003). Struktur dari *Hydroxycarbonate apatite* berupa ion *carbonate* yang bergabung didalam apatit dengan prinsip ion *carbonate* mengganti struktur apatit di daerah OH dan di daerah  $\text{PO}_4$ . Struktur ini dapat terbentuk karena

adanya bahan *bioactive glass* yang terpapar cairan tubuh, kemudian ion-ion alkalinya akan terlepas dan diganti kation  $H^+$  atau  $H_3O^+$  dari cairan tubuh kemudian diikuti peningkatan pH lokal yang menyebabkan kerusakan ikatan Si-O-Si dan pelepasan silikon sehingga terbentuk golongan silanol. Jika pH lokal kurang dari 9.5, kelompok silanol berpolimerisasi dan berkondensasi pada permukaan *bioactive glass* dan membentuk lapisan *gel silica* dan struktur *silica* ini akan terus mengalami pertukaran ion. Ion kalsium, ion pospat, dan ion pada tubuh akan bermigrasi melalui lapisan gel silica dan membentuk lapisan amorphous calcium phosphate diatas lapisan gel silica tersebut. Setelah pertumbuhan gel silica dan lapisan kalsium pospat dilanjutkan penggabungan  $OH^-$  dan  $CO_3^{2-}$  yang menyebabkan kristalisasi *Hydroxycarbonate apatite* yang akan aktif secara biologis dan penting dalam ikatan untuk jaringan hidup. Jika *Hydroxycarbonate apatite* terpapar dengan cairan tubuh, akan memungkinkan interaksi dengan gugus biologis seperti serat kolagen, protein plasma, darah, fibroblas, fibronectin, dan osteoblas yang akan berikatan kuat antara biomaterial tersebut dengan lingkungan fisiologisnya (Jones, 2013).

### 2.12 Metode untuk Pengamatan *Hydroxycarbonate Apatite*

Metode yang digunakan dalam pengamatan *hydroxycarbonate apatite* adalah dengan menggunakan *scanning electron microscope*. *Scanning electron microscope* adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. Mikroskop ini memiliki perbesaran yang tinggi yaitu 10 – 3000000x, *depth of field* yang besar sekitar 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm selain itu mikroskop ini memiliki kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi sehingga banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri. *Scanning electron microscope* mempunyai bagian-bagian seperti pada skema yang tergambar pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Scanning electron microscope* dan skemanya (Khan, 2002).

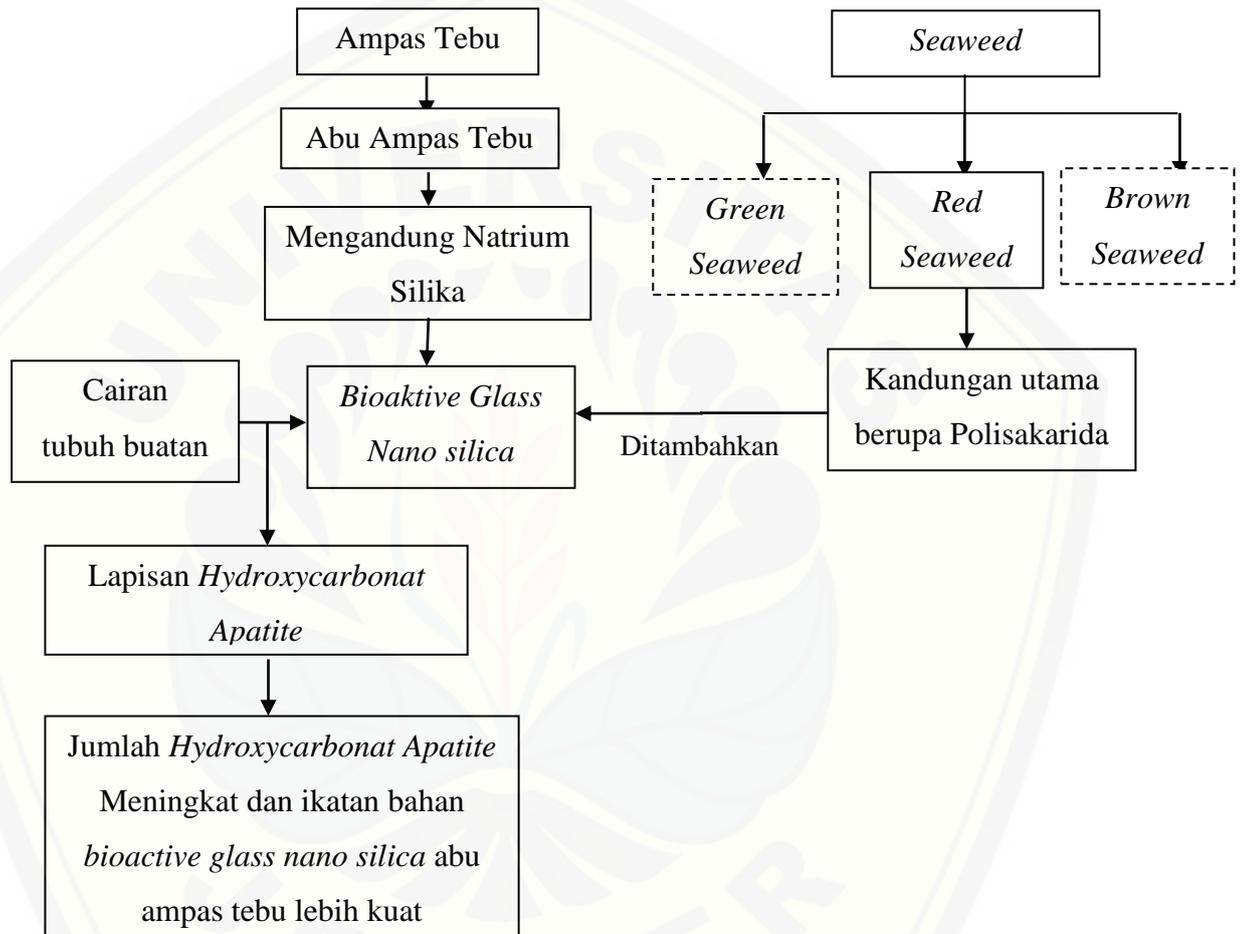
Komponen utama alat *Scanning electron microscope* ini adalah

1. Tiga pasang lensa-lensa elektromagnetik yang berfungsi memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil, lalu oleh dua pasang *scan coil* discan-kan dengan frekuensi variabel pada permukaan sampel. Semakin kecil berkas difokuskan semakin besar resolusi lateral yang dicapai. Kesalahan fisika pada lensa-lensa elektromagnetik berupa astigmatismus dikoreksi oleh perangkat stigmator. SEM tidak memiliki sistem koreksi untuk kesalahan aberasi lainnya.
2. Sumber elektron, biasanya berupa filamen dari bahan kawat tungsten atau berupa jarum dari paduan *Lantanum Hexaboride LaB6* atau *Cerium Hexaboride CeB6*, yang dapat menyediakan berkas elektron yang teoretis memiliki energi tunggal (monokromatik).
3. *Imaging detector*, yang berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar/ *image* (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).

### 2.13 Kerangka Konsep



Keterangan :

□ = Diteliti

□ (dashed) = Tidak diteliti

Gambar 2.9 Kerangka konsep

#### 2.14 Hipotesis

Penambahan polisakarida *red seaweed* yang diendapkan menggunakan pelarut metanol pada bahan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu yang direndam pada cairan tubuh buatan selama 24 jam dapat meningkatkan pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA) dan memperkuat ikatan bahan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu.



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental laboratoris *in vitro*.

### 3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian tipe *the post test with control group design*, yaitu melakukan pengamatan atau pengukuran setelah perlakuan lalu hasilnya dibandingkan dengan kontrol.

### 3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Engineering Hasil Pertanian (EHP) Fakultas Teknologi Pertanian, Laboratorium Biologi Farmasi Fakultas Farmasi, Laboratorium Farmasetika Fakultas Farmasi dan Laboratorium *Bioscience* Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember pada bulan September-Desember 2018.

### 3.4 Variabel Penelitian

#### 3.4.1 Variabel Bebas

- a. Bahan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu yang ditambahkan polisakarida *red seaweed* yang dilarutkan menggunakan pelarut aquades dan metanol.
- b. Lama perendaman *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu yang ditambahkan polisakarida *red seaweed*.

#### 3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah Pembentukan *Hydroxycarbonate apatite* (HCA) pada bahan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu.

#### 3.4.3 Variabel Terkontrol

- a. Operator yang mencampurkan bahan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu dengan polisakarida *red seaweed*.

### 3.5 Devinisi Operasional

a. Abu ampas tebu

Merupakan limbah dari pembakaran ampas tebu yang berwarna coklat kehitaman yang memiliki kandungan utama berupa silika.

b. *Bioactive glass nano silica* abu ampas tebu

Merupakan bahan dasar berupa silika (*glass*) dari *natrium silica* abu ampas tebu dengan sediaannya berupa powder yang didapatkan melalui proses pembakaran menggunakan *furnace* dengan suhu  $1000^{\circ}\text{C}$  dan diayak menggunakan pengayak 200 mesh dan teknik sol-gel untuk menghasilkan partikel berukuran nanometer.

c. Polisakarida *red seaweed*

Merupakan proses pemisahan senyawa polisakarida dari kandungan lain pada *red seaweed* dengan cara mengeringkan menggunakan oven suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam kemudian dilakukan pengayakan menggunakan ayakan 40 mesh sehingga didapatkan sediaan berupa tepung dan diberi pelarut berupa air kemudian dilakukan perendaman kembali, disaring, dan diambil filtratnya lalu diendapkan sehingga didapatkan sediaan berupa powder.

d. Lapisan *Hydroxycarbonate apatite*

Merupakan ion karbonat yang bergabung didalam apatit. Prinsip ion *carbonate* adalah mengganti struktur apatit di daerah OH dan didaerah  $\text{PO}_4^-$  Secara umum  $\text{CO}_3^{2-}$  dominan mengganti  $\text{PO}_3^{2-}$ . Setelah bereaksi dengan cairan tubuh akan terbentuk struktur mineral tulang pada permukaan lapisan yang terlihat pada hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM).

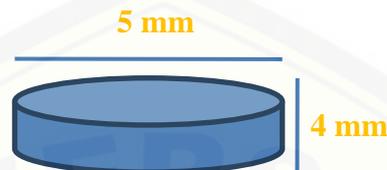
e. *Software image J*

Merupakan pengukuran dalam bentuk persen untuk melihat luas area pembentukan *hydrocarbonat apatit* (HCA) dari gambar foto *Screeaning Electron Microscoppy* (SEM).

### 3.6 Sampel Penelitian

#### 3.6.1 Kriteria Sampel Penelitian

- Sampel berasal dari campuran bubuk *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu dengan penambahan polisakarida *red seaweed*.
- Sampel dalam bentuk silinder padatan dengan diameter 5 mm dan tinggi 4 mm



Gambar 3.1 Kriteria sampel penelitian (Koleksi Pribadi, 2018)

#### 3.6.2 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

$\sigma$  = Standart deviasi sampel

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

z = Konstanta pada tingkat kesalahan tertentu, jika  $\alpha = 0,05$  maka  $z = 1,96$  (Budiarto, 2002).

### 3.6.3 Pengelompokan Sampel Penelitian

Sampel *Bioactive glass nano silica* abu ampas tebu (BAG) dikelompokkan menjadi empat kelompok kontrol dan delapan kelompok perlakuan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Pengelompokan sampel bahan *bioactive glass nano silica* dari abu ampas tebu dengan atau tanpa penambahan polisakarida red seaweed

Kelompok Kontrol	Kelompok perlakuan 1	Kelompok perlakuan 2
BAG + cairan tubuh buatan 0 jam	BAG + polisakarida (Aquades) + cairan tubuh buatan 0 jam	BAG + polisakarida (Metanol) + cairan tubuh buatan 0 jam
BAG + cairan tubuh buatan 2 jam	BAG + polisakarida (Aquades) + cairan tubuh buatan 2 jam	BAG + polisakarida (Metanol) + cairan tubuh buatan 2 jam
BAG + cairan tubuh buatan 12 jam	BAG + polisakarida (Aquades) + cairan tubuh buatan 12 jam	BAG + polisakarida (Metanol) + cairan tubuh buatan 12 jam
BAG + cairan tubuh buatan 24 jam	BAG + polisakarida (Aquades) + cairan tubuh buatan 24 jam	BAG + polisakarida (Metanol) + cairan tubuh buatan 24 jam

## 3.7 Alat dan Bahan Penelitian

### 3.7.1 Alat :

- a. Oven
- b. *Muffle Furnace*
- c. Saringan 40 mesh
- d. Saringan 200 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. Cawan Porselin
- l. Corong
- m. *Falcon tube*
- n. Cetakan *stainless stell*
- o. Press Hidrolik
- p. SEM (*Scanning Electron Microscope*)
- q. *Softwere Image J*

### 3.7.2 Bahan :

- a. Abu ampas tebu
- b. HCl 0.1 M
- c. NaOH 2 N
- d. Metanol 32%
- e. Etanol 96%
- f. HNO<sub>3</sub> 2M
- g. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- h. Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 4 H<sub>2</sub>O
- i. Aquades
- j. *Simulated Body Fluid (SBF)*
- k. (CaOH)<sub>2</sub>
- l. Alkohol 70%
- m. NaCl
- n. NaHCO<sub>3</sub>
- o. KCl
- p. K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.3H<sub>2</sub>O
- q. MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O
- r. CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O
- s. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- t. (HOCH<sub>2</sub>)CNH<sub>3</sub>

- u. Aluminium Foil
- v. *Red Seaweed* kering

### 3.8 Cara kerja

#### 3.8.1 Tahap persiapan

- a. Uji identifikasi tanaman tebu

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

- b. Uji identifikasi *red seaweed*

Identifikasi *red seaweed* dilakukan di Laboratorium Botani dan Kultur Jaringan, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Jember.

- c. Sterilisasi alat

Alat-alat yang terbuat dari plastik dicuci bersih, dikeringkan kemudian direndam alkohol 70% selama 15 menit dan alat-alat yang terbuat dari logam yang akan digunakan dicuci bersih dan disterilkan dengan *autoclave* selama 15 menit dengan suhu 121<sup>0</sup>C (Lugito, 2013).

#### 3.8.2. Pembuatan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu

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 dalam alat *furnace* bersuhu 1000<sup>0</sup>C selama 4 jam 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  $110^{\circ}\text{C}$  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. Hasil dari penyaringan ini adalah ampas berupa natrium silika basah.
9. Mengeringkan natrium silika dengan oven bersuhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam sehingga terbentuk natrium silika kering yang siap digunakan sebagai prekursor silika dalam pembuatan *bioactive glass nano silica*.

Prosedur selanjutnya adalah membuat *bioactive glass nano silica* dari natrium silika. Prosedur pembuatan *bioactive glass nano silica* dari natrium silika sebagai berikut (adams, dkk., 2013: 12) :

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.  $\text{HNO}_3$  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  $\text{P}_2\text{O}_5$  (*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 sampai terbentuk gel dan kemudian didiamkan selama 5 hari dalam temperatur ruang.
7. Gel tersebut dikeringkan dalam oven bersuhu  $60^\circ\text{C}$  selama 72 jam. Pengeringan akhir dilakukan menggunakan alat *furnace* dengan suhu  $700^\circ\text{C}$  selama 5 jam.
8. Hasil akhir proses ini disebut *powder bioactive glass nano silica*.
9. Hasil endapan berupa *powder* digunakan sebagai sampel penelitian

### 3.8.3 Pembuatan Cairan Tubuh Buatan (Purnama, 2016).

1. Cairan tubuh buatan ini disusun dengan menggunakan reagen yang terdiri dari NaCl 7.996 gram,  $\text{NaHCO}_3$  0.350 gram, KCl 0.224 gram,  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  0.228 gram,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.305 gram, HCl 1 M 40 ml,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.278 gram,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0.071 gram,  $(\text{HOCH}_2)\text{CNH}_3$  6,057 gram.
2. Reagen ditambahkan ke satu liter air pada temperature  $36,5^\circ\text{C}$ , kemudian *distir* menggunakan *magnetic stirrer*.
3. pH diatur sehingga menjadi 7,4 dengan cara melarutkan HCL sedikit demi sedikit untuk menambah kadar asam.
4. Suhu larutan dipertahankan pada  $37^\circ\text{C}$

### 3.8.4 Pengambilan polisakarida *red seaweed* (Triwisari, 2010).

1. Mempersiapkan *red seaweed*.
2. Melakukan pengeringan *red seaweed* dibawah sinar matahari selama lebih kurang 5 hari.
3. Melakukan pengovenan pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 3 jam.
4. Kemudian dilakukan pengayakan 40 mesh sehingga didapatkan sediaan dalam bentuk tepung *red seaweed*.
5. Melakukan ekstraksi polisakarida dengan mencampurkan tepung *red seaweed* sebanyak 1-2 gram dengan menggunakan pelarut berupa air sebanyak 100 ml.

6. Kemudian dilakukan perendaman kembali selama 1 jam pada suhu 30<sup>0</sup>C. Dan dilakukan kembali penyaringan sehingga didapatkan hasil berupa ampas dan filtrat.
7. Kemudian ampas dibuang dan diambil filtratnya.
8. Mengambil filtrat sebanyak 5 ml kemudian dilakukan pengendapan dengan aquades selama 24 jam. Kemudian dikeringkan hingga mendapatkan powder polisakarida *red seaweed* sebagai perlakuan 1.
9. Mengambil filtrat sebanyak 5 ml kemudian dilakukan pencampuran dengan menggunakan metanol 38% sebanyak 100 ml dan dilakukan pengendapan selama 24 jam. Kemudian dikeringkan hingga mendapatkan powder polisakarida *red seaweed* digunakan sebagai perlakuan 2.
10. Hasil endapan berupa *powder* digunakan sebagai sampel penelitian.

#### 3.8.5 Pembuatan sampel cetakan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu dengan pencampuran polisakarida *red seaweed*

1. Sampel dibuat dengan mencampurkan powder *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu dengan powder polisakarida *red seaweed*
2. Masukkan adonan kedalam cetakan berupa cetakan *stainless steel* dengan diameter 5 mm dan tinggi 4 mm menggunakan spatula agate
3. Kemudian tutup dengan penutup cetakan *stainless steel*
4. Memadatkan sampel menggunakan press hidrolik

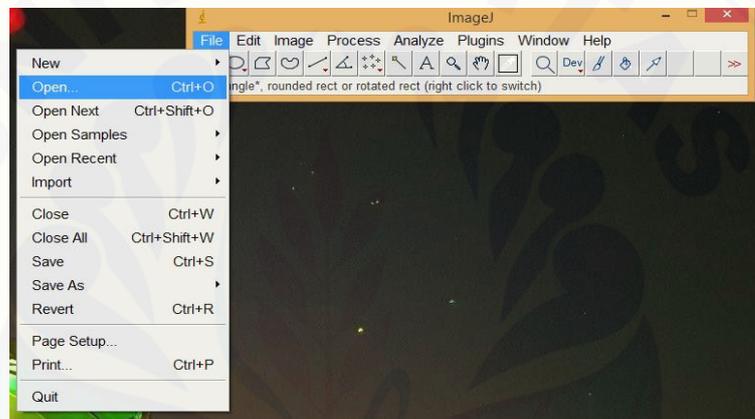


Gambar 3.2 Cetakan Stainless steel pada Press hidrolik (Dokumen Pribadi, 2018)

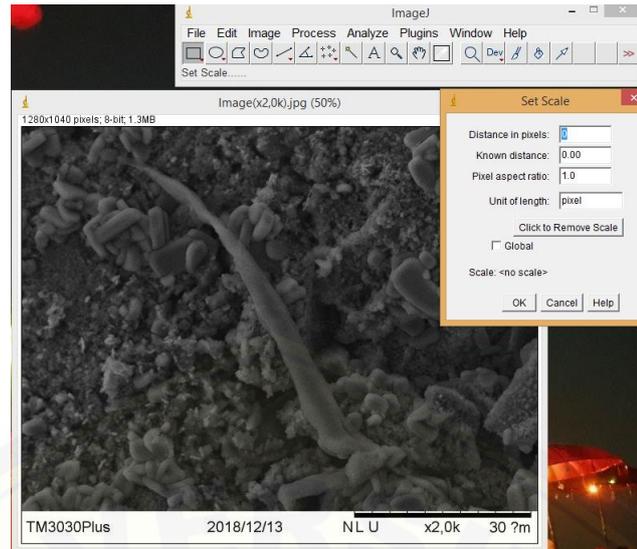
5. Ditunggu selama 15 menit dengan spectrometer sebesar 4000 psi
6. Sampel dilepas dari cetakan
7. Selanjutnya diamati dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengamati struktur pembentukan HCA
8. Pengukuran luas area pembentukan HCA dengan *software image J*

### 3.8.6 Pengolahan Gambar SEM pada software *Image J*

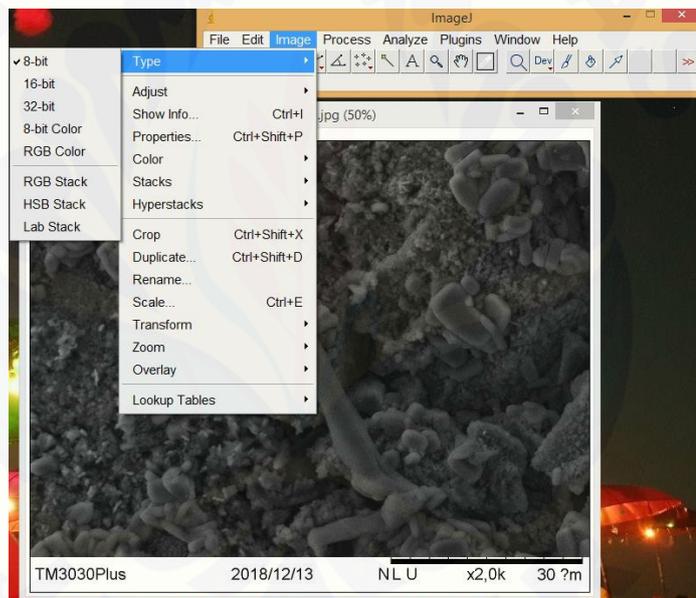
1. Pengolahan gambar yang didapat dengan menggunakan software *Image J*
2. Buka aplikasi software *Image J* lalu klik *File* pada *Toolbar*, kemudian *Open* dan pilih gambar yang akan diolah



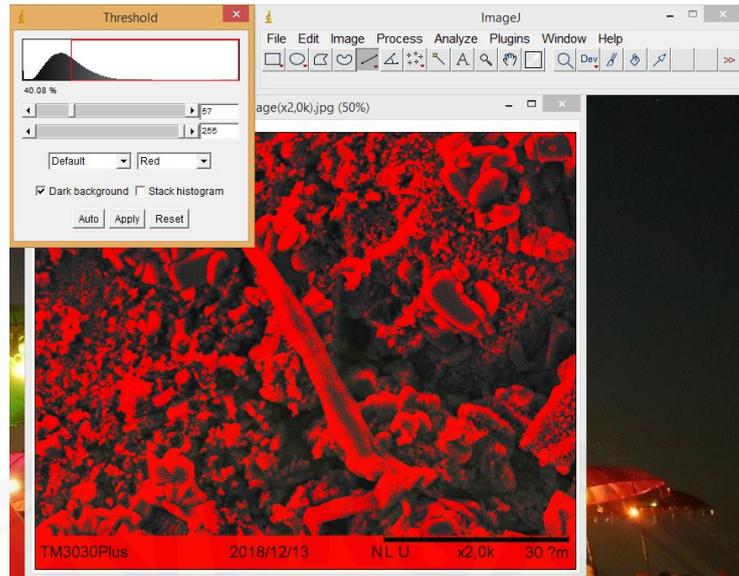
3. Langkah pertama untuk menggunakan *Image J*, hal yang harus dilakukan untuk menganalisis ukuran area pembentukan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) dari gambar sampel dengan mengkalibrasi ukuran pixel gambar SEM berupa garis dengan skala untuk menunjukkan tingkat perbesaran yang dilakukan. Kalibrasi 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 *et al.*, 2011)



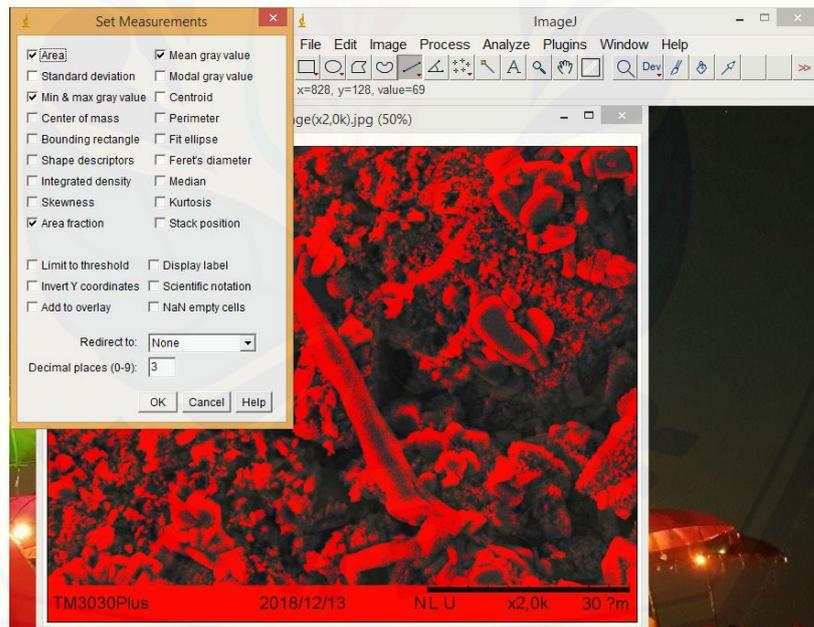
4. Tahap selanjutnya menyesuaikan tipe gambar dengan memilih menu *Image>Type>8-bit*



5. Untuk menganalisa luas pembentukan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) digunakan menu *Image > Adjust > Threshold*. Terlihat luas pembentukan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) akan ditandai dengan warna merah pada gambar. Kemudian klik *Apply*



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



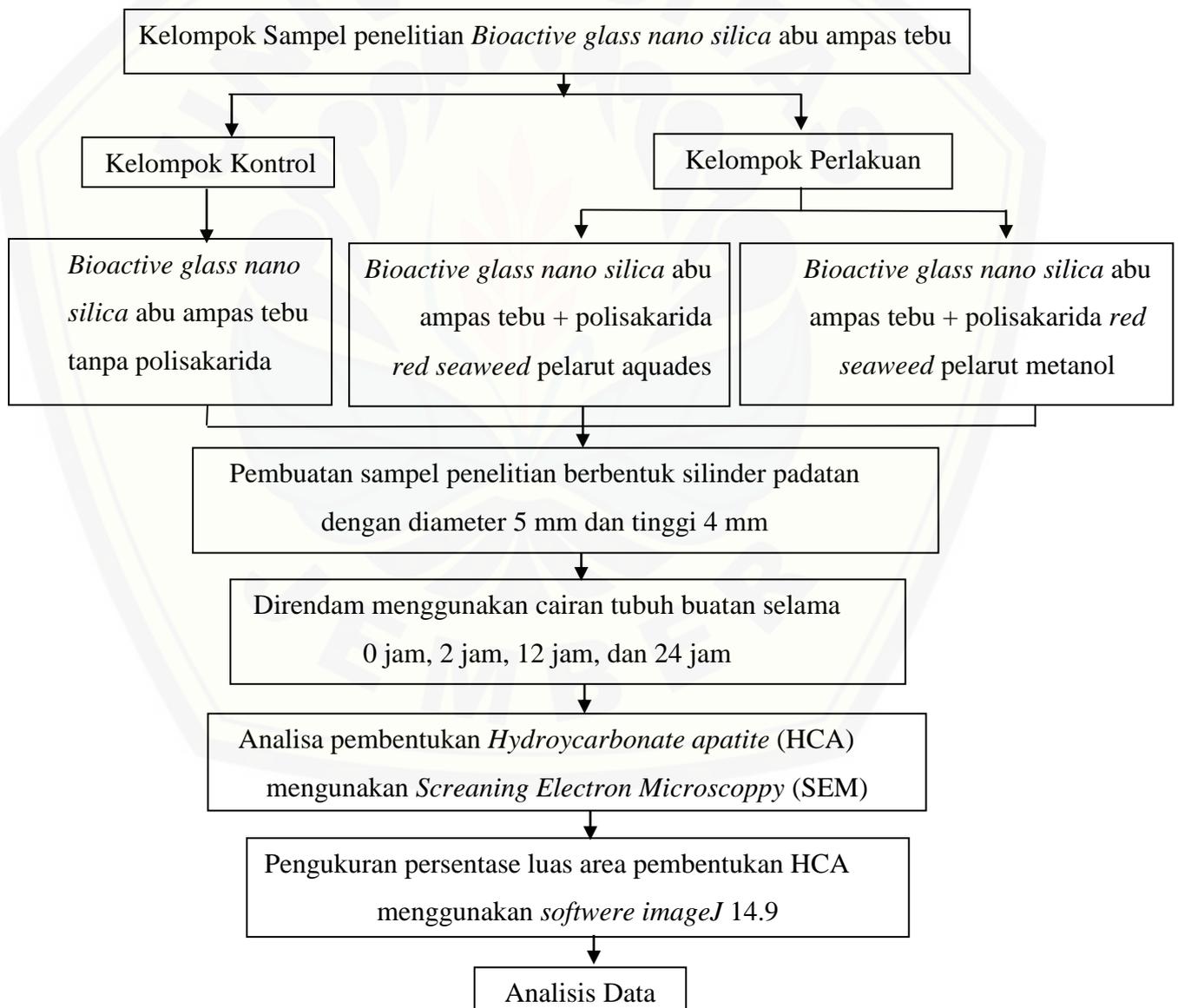
7. Kemudian untuk mengeluarkan hasil perhitungan klik Analyze > Measurement dan hasil akan keluar melalui tabel (Kurniawan *et al.*, 2011)

Area	Mean	Min	Max	%Area	
1	1331200	64.893	0	255	40.084

### 3.9 Analisis Data

Data yang diperoleh ditabulasi kemudian dilakukan uji normalitas menggunakan uji *Shapiro Wilk* dan uji homogenitas menggunakan *Levene* yang dilakukan dengan bantuan SPSS. Kedua uji tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah data terdistribusi normal dan homogen ( $p > 0,05$ ). Hasil yang didapatkan adalah data terdistribusi normal dan homogen yang selanjutnya dilakukan uji statistik parametrik menggunakan uji *Two Way Anova* dan untuk uji lanjutan dapat menggunakan uji Tukey untuk menguji perbedaan antar kelompok.

### 3.10 Alur Penelitian



Gambar 3.3 Alur Penelitian

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan polisakarida *red seaweed* yang diendapkan menggunakan pelarut metanol pada *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu yang direndam selama 24 jam dapat meningkatkan pembentukan *hydroxycarbonate apatite* (HCA) dan memperkuat ikatan bahan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu.

### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Perlu adanya bahan tambahan lain untuk memurnikan kandungan silika pada bahan *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kandungan spesifik yang terdapat pada polisakarida serta pemurnian polisakarida *red seaweed* yang dapat mendukung pembentukan HCA.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang takaran pencampuran bahan saat dicetak, waktu, dan tekanan yang optimal saat dilakukan pencetakan sampel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, Z., M.E.Bahrololoom., M. H. Shariat., R. Bagheri. 2015. Bioactive Glasses in Dentistry : A Review. *Journal of Dental Biomaterials*. 2(1). Shiraz University of Medical Sciences, Iran.
- Adibah, F. 2017. *Skripsi Analisis Kelarutan Silika Bahan Bioactive Glass Nano Silica dari Abu Ampas Tebu yang Direndam pada Cairan Tubuh Buatan*. Jember : Universitas Jember.
- Affandi, S., H. Setyawan., S. Winardi, A. Purwanto., R. Balgis. 2009. "A Facile Method for Production of High Purity Silica Xerogel from Bagasse Ash", *Advanced Powder Technology*.
- Andaka G. 2011. Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural Dengan Katalisator Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi*. Volume 4 (2): 180-188.
- Astarina, N.W.G., Astuti, K.W., dan Warditiani, N.K. 2013. Skrining fitokimia ekstrak metanol rimpang bangle. *Jurnal Farmasi Udayana* 2(4): 1-6. ISSN: 2301-7716.
- Badan Litbang Pertanian. 2007. *Petunjuk Teknis Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) Padi Sawah Irigasi*. Jakarta: Departemen Pertanian.
- Bragmann, C.P dan M.R.F. Goncalves. 2006. *Thermal Insulators Made With Rice Husk Ashes: Production and Correlation Between Properties and Microstructure*. Department of materials, school of engeneering, federal university of rio grande do sul, Brazil.
- Carvalho, S.M., A.A.R. Oliveira, M.F.L. Elke. 2013. *Bioactive Glass Nanoparticles for Periodontal Regeneration and Application in Dentistry*; Federal University of Minas Gerais, Brazil.
- Chandra, Indrawanto., Purwono., Siswanto., Syakir, M., Widi Rumini, MS. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*.
- Chen, Q., Roether J. A., Boccaccini A. R. 2008. Tissue Engineering Scaffolds from Bioactive Glass and Composite Material. *Topics in Tissue Engineering*. Vol. 4: 1-27.
- DawczynskiC., R Schubert, & G lahreis. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chern* 103: 891-899.
- Dobbins RJ. 1973. *Solute-sovent interaction in polysaccharide system*. Whistler RL, BeMiller JN (eds). London: Academic Press.

- FAO. 2006. *Major Food and Agricultural Commodities and Producers: Sugar Cane 2006*. [Http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html](http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html)
- Farooq, I., Imran Z., Farooq U., Leghari A., Ali H. 2012. *Bioactive Glass : A Material for the Future*. Word Journal of Dentistry. 3(2) : 199-201.
- Fauzi, Ega Pratida., Nasir W. S., Remba Y. E. 2014. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Alternatif Pendukung Pembuatan Paving Block Dengan Metode Multi Respon Taguchi*. Studi Kasus di CV. Kali Ampo Malang : 1088-1089.
- Fernandez, Benny Rio. 2012. *Sintesis Nanopartikel SiO<sub>2</sub> Menggunakan Metoda Sol-gel Dan Aplikasinya Terhadap Aktifitas Sitotoksik Sel Dalam Review Jurnal Nanoteknologi*. Review Jurnal Nanoteknologi. Padang: Jurusan Kimia, Program Pascasarjana Universitas Andalas.
- Guenther, E. 1987. *Minyak Atsiri*. UI Press. Jakarta: Jilid 1
- Hanafi, A.S., dan A.R. Nandang. 2010. *Studi Pengaruh Bentuk Silika dari Abu Ampas Tebu terhadap Kekuatan Produk Keramik*. Jurnal Kimia Indonesia. Vol. 5(1) : 35-38.
- Hardoko.dkk. 2017. Edema-reducing activity of Sargassum crassifolium  $\beta$ -glucan (Laminaran) on edema-induced Rattus norvegicus. *Jurnal asian journal of pharmaceutical and clinical research*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Hardyanti. 2017. *Pemanfaatan Silika (SiO<sub>2</sub>) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik*.
- Hench, LL., dan Wilson J. 1993. *An introduction to bioceramics*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Hidayat, W. 2017. *Skripsi Analisis Pembentukan Hydroxycarbonat Apatit pada Bubuk Glass Ionomer Tipe II dengan Penambahan Bioactive Glass Nano Silica Abu Ampas Tebu yang Direndam Cairan Tubuh Buatan*. Jember : Universitas Jember.
- Im, M. 2011. *Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Membran Peek silika/ Clay Untuk Aplikasi Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)*. (Tesis). Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Indrawanto, Chandra. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*. Jakarta: ESKA Media.
- Jones, J.R., D.S. Brauer, L. Hupa, D.C. Greenspan. 2016. Bioglass and Bioactive Glasses and Their Impact on Hralthcare. *International Journal of Applied Glass Science*. 7(4): 423-434.

- Junk, W. R. dan H. M. Pancoast. 1980. *Handbook of Sugar*. Westport-Connecticut: The Avi Publishing Company.
- Kadi, A. (2004). *Potensi Rumput Laut di beberapa Perairan Pantai Indonesia*. Oseana. XXIX (4): 25-36.
- Kaehler, S., Kennish R. 1996. *Summer and winter comparisons in the nutritional value of marine macroalgae from Hong Kong*. Botanica Marina. 39, 11-17.
- Krishnan, V. dan Lakshmi T. 2013. Bioglass :A Novel Biocompatible Innovator. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*. 4(2): 78 – 83.
- Kristianingrum, S., D. S. Endang., F. Annisa. 2011. Pengaruh Jenis Asam pada Sintesis Silika Gel dari Abu Bagasse dan Uji Sifat Adsorptifnya terhadap Ion Logam Tembaga (II). *Prosiding Seminar Nasional Kimia*: 281 – 291.
- Kumar C.S., P. Ganesan, P.v. Suresh, & N. Bhaskar. 2008. Seaweeds as a source of nutritionally beneficial compounds. *J FoodSci Technol* 45: 1-13.
- Lahaye, M. 1991. Marine algae as source of fiber: determination of soluble and insoluble dietary fiber fibers content in some sea vegetables. *J. Sci. Food Agri*. 54, p: 587-594.
- Landi, E., Celotti, G. Logroscino, A. Tampieri. 2003. Carbonated Hydroxyapatite as bone substitute. *Journal of the European Ceramic Society* 23: 2931-2937.
- Loganandhan N, B. Gujja, V. VinadGoud, dan U. S. Natarajan. 2012. *Sustainable Sugarcane Initiative (SSI): A Methodology of More Mith Less*. Sugar Tech.
- Lubis, M.M.R., L. Mawarni, Y. Husni. 2015. Respons Pertumbuhan Tebu (*Sacharum officinarum* L.) terhadap Pengolahan Tanah pada Dua Kondisi Drainase Respons growth of sugar cane (*Sacharum officinarum* L.) to land cultivation on two drainage condition. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 3(1): 214 – 220.
- Lugito, M.D.H. 2013. Kontrol Infeksi dan Keselamatan Kerja dalam Praktek Kedokteran Gigi. *Jurnal PDGI*. 62(1): 24-30.
- Luthfiyana N, Nurjanah, Nurilmala M, Anwar E, Hidayat T. 2016. Rasiobubur Rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum* sp. sebagai formula krimtabir surya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 19(3): 183-195.

- Ma'ruf W. F., Ratna I, Eko ND, Eko S, Ulfah A. 2013. Profil Rumput Laut *Caulerpa racemosa* dan *Gracilaria verrucosa* sebagai Edible Food. *Jurnal Saintek Perikanan*. 9(1): 68-74.
- Mahendran, S. 2006. *Drip fertigation in pit planting increases sugarcane yield*. Water Management Scheme. Department of Agronomy, Agricultural Collage & Research Institute, TNAU.
- Nogueira, Lucas Bahia., D.R. Tapia Blacido., Bianca C. Maniglia., Ana Ramos. 2016. Formation of carrageenan-CaCO<sub>3</sub> bioactive membranes. *Journal in materials science and engineering*. 58: 1-6.
- Nurmawati, Ida. 2004. *Pemanfaatan Limbah Industri Penggajian Kayu Untuk Pembuatan Paving Block*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Ortiz, J., N Romero., P Robert., J Araya., J Lopez-Hernandez., C Bozzo., E Navarrete., A Osorio., A Rios. 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocophero contents of the edible seaweeds *ulva lactuca* and *durvillaea antarctica*. *Food chemistry*. 99: 98-104.
- Pandeleke, R. E. 2014. Kajian Experimental Sifat Karakteristik Mortar Yang Menggunakan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Tekno Sipil*. Vol. 12, No. 60.
- Poedjiadi, A. dan Supriyanti, T. 2009. *Dasar – Dasar Biokimia*. Edisi Revisi. UI. Press. Jakarta.
- Polini A., B. Hao, P.T. Antoni. *Dental Application of Nanostructured Bioactive Glass and its Composites*. Wiley Periodicals.
- Pyrzynska, K., Wierzbicki, T. 2005. *Analytical Sciences*. 21: 951-954.
- Rahaman, M.N.; Day, D.E.; Bal, B.S.; Fu, Q.; Jung, S.B.; Bonewald, L.F.; Tomsia, A.P. 2011. *Bioactive glass in tissue engineering*. *Acta Biomater*. 7, 2355–2373.
- Rahman, I.A. and Padavettan, V. 2012. Synthesis of Silica Nanoparticles by Sol-Gel: Size-Dependent Properties, Surface Modification, and Applications in Silica-Polymer Nanocomposites—A Review. *Journal of Nanomaterials*, 1-15.
- Respati, S. 2008. *Macam – Macam Mikroskop dan Cara Penggunaan*. Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Sato, G. Takeshi, N. Sugiharto Hartanto. 1981. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. PT. Pradnya Paramita : Jakarta.

- Smallman, R. E. dan Bishop, R. J., 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta.
- Sulastri, Siti., Kristianingrum, Susila. 2010. *Berbagai Macam Senyawa Silika: Sintesis, Karakterisasi dan Pemanfaatan*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian FMIPA UNY.
- Sumardjo, D. 2009. *Pengantar Kimia Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata 1 Fakultas Bioeksakta*. Jakarta: EGC.
- Supiyanti W., Wulansari ED. dan Kusmita L. 2010. *Uji aktivitas antioksidan dan penentuan kandungan antosianin total kulit buah manggis (Garcinia mangostana L)*. *Farmasi*. 15(2) 64-70.
- Urpo, H.Y.; Lippo V.J.L.; Timo N. 2005. *Compressive strength and surface characterization of glass ionomer cements modified by particles of bioactive glass*. Institute of Dentistry, University of Turku, Finlandia.
- Wilson, R. P.; Robinson, E. H.; Poe, W. E., 1981. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish. *J. Nutrition*, 111: 923–929
- Winarno, F. G. 1996. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta. 107 Hlm.
- Zecher D, Gerrish T. 1999. *Cellulose Derivates*. United State: Aspen Publisher Inc.

## LAMPIRAN

## A. Surat Izin Penelitian

A.1 Surat izin penelitian peminjaman alat pembakaran *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu di fakultas teknologi pertanian



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

---

Nomor : 3469 /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	: Bimo Yensya
2	NIM	: 151610101114
3	Semester/Tahun	: 2017/2018
4	Fakultas	: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
5	Alamat	: Jl. Baturaden IV Jember
6	Judul Penelitian	: Analisis Pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> pada <i>Bioactive Glass Nano Silica</i> Tebu dengan Penambahan Polisakarida <i>Red Seaweed</i>
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%, H NO <sub>3</sub> 2N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O, furnace 1000 °C
9	Waktu	: September 2018 s/d Selesai
10	Tujuan Penelitian	: Untuk menganalisis pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> pada <i>bioactive glass nano silica</i> tebu dengan penambahan polisakarida <i>red seaweed</i>
11	Dosen Pembimbing	: 1. drg. Izzata Barid, M.Kes. 2. Dr. drg. IDA Susilawati, 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

**A.2 Surat izin penelitian peminjaman alat cetak untuk pembuatan sampel pencampuran *bioactive glass nano silica* abu ampas tebu dan polisakarida *red seaweed* di fakultas kedokteran gigi**



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

---

Nomor : 3300 /UN25.8.TL/2018  
Perihal : Izin penelitian

**05 SEP 2018**

Kepada Yth  
Direktur RSGM 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	: Bimo Yensya
2	NIM	: 151610101114
3	Semester/Tahun	: 2017/2018
4	Fakultas	: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
5	Alamat	: Jl. Baturaden IV Jember
6	Judul Penelitian	: Analisis Pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> pada <i>Bioactive Glass Nano Silica</i> Tebu dengan Penambahan Polisakarida <i>Red Seaweed</i>
7	Lokasi Penelitian	: Laboratorium Biosains FKG Universitas Jember
8	Data/alat yang dipinjam	: Cetakan dan Alat Press
9	Waktu	: September 2018 s/d Selesai
10	Tujuan Penelitian	: Untuk menganalisis pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> pada <i>bioactive glass nano silica</i> tebu dengan penambahan polisakarida <i>red seaweed</i>
11	Dosen Pembimbing	: 1.drg. Izzata Barid, M.Kes. 2.Dr. drg. IDA Susilawati, 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

### A.3 Surat izin penelitian penggunaan laboratorium dan penggunaan alat di laboratorium farmasetika fakultas farmasi



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

---

Nomor : ~~4607~~ /UN25.8.TL/2018  
Perihal : Izin Penelitian

26 NOV 2018

Kepada Yth  
Kepala Laboratorium Farmasetika  
Fakultas Farmasi Universitas Jember  
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 :

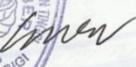
1	Nama	: Bimo Yensya
2	NIM	: 151610101114
3	Semester/Tahun	: 7/2018
4	Fakultas	: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
5	Alamat	: Jl. Batu Raden 4, Jember
6	Judul Penelitian	: Analisis Pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite Bioactive Glass Nano Silika Abu Ampas Tebu</i> dengan Penambahan Polisakarida Red Seaweed
7	Lokasi Penelitian	: Laboratorium Farmasetika
8	Data/Alat yang dipinjam	: SEM
9	Waktu	: September 2018 s/d Selesai
10	Tujuan Penelitian	: Mengetahui adanya pembentukan <i>hydroxycarbonate apatite (HCA)</i> dari <i>bioactive glass nano silika abu ampas tebu</i> yang ditambahkan dengan polisakarida red seaweed
11	Dosen Pembimbing	: 1. drg. Izzata Barid, M.Kes. : 2. Dr. drg. I Dewa Ayu Susilawati, M.Kes.

Demikian atas perkenan dan kerja sama yang baik disampaikan terimakasih



an, Dekan  
Pembantu Dekan I,  
**Dr. drg. I Dewa Ayu Susilawati, M.Kes**  
NIP.196109031986022001

#### A.4 Surat izin penelitian penggunaan alat sem untuk melakukan pengamatan persenan luas area pembentukan HCA di laboratorium biosains politeknik negeri jember

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS JEMBER FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI Jl. Kalimantan No. 37 Jember ☎(0331) 333536, Fak. 331991
Nomor : 330 <sup>D</sup> /UN25.8.TL/2018	05 SEP 2018
Perihal : Izin Penelitian	
Kepada Yth Kepala Laboratorium Biosains Politeknik Negeri 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	: Bimo Yensya
2 NIM	: 151610101114
3 Semester/Tahun	: 2017/2018
4 Fakultas	: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
5 Alamat	: Jl. Baturaden IV Jember
6 Judul Penelitian	: Analisis Pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> pada <i>Bioactive Glass Nano Silica</i> Tebu dengan Penambahan Polisakarida <i>Red Seaweed</i>
7 Lokasi Penelitian	: Laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember
8 Data/alat yang dipinjam	: <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i> , <i>Furnace 900°C</i>
9 Waktu	: September 2018 s/d Selesai
10 Tujuan Penelitian	: Untuk menganalisis pembentukan <i>Hydroxycarbonate Apatite</i> pada <i>bioactive glass nano silica</i> tebu dengan penambahan polisakarida <i>red seaweed</i>
11 Dosen Pembimbing	: 1. drg. Izzata Barid, M.Kes. 2. Dr. drg. IDA Susilawati, M.Kes.
Demikian atas perkenan dan kerja sama yang baik disampaikan terima kasih	
 an, Dekan Pembantu Dekan I,  <b>Dr. drg. IDA Susilawati, M.Kes</b> NIP.196109031986022001	

## B. Surat Identifikasi Tanaman Tebu



**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: 1142/IPH.06/HM/VIII/2018

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

Nama : Bimo Yensya  
 NIM : 151610101114  
 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

An. Kepala

Seksi Eksplorasi dan Koleksi Tumbuhan



Budi Harta, M.Sc

## C. Surat Identifikasi Rumput Laut



**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 2. Mohammad Hilmy W 3. Bimo Yensya 4. Laila Fakhriyah D. W. 5. Arifah Khoirianti 6. Magdaleni Hasna Nursetya	NIM 15161010113 NIM 15161010115 NIM 15161010114 NIM 15161010116 NIM 15161010124 NIM 15161010125
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:

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

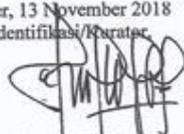
Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui Wakil Dekan I,  Dr. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D. NIP 195910091986021001	Jember, 26 November 2018 Ketua Laboratorium Ekologi  Dra. Hari-Sulisihyowati, 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/Kurater  
  
 Dr. Dra. Retno Wimbaningrum, M.Si.  
 NIP: 196605171993022001

**D. Hasil Perhitungan Jumlah Persenan Luas Area Pembentukan HCA dari *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu Menggunakan *Software ImageJ***

No	Kelompok	Luas area HCA (%)	Rata-rata Luas Area HCA (%)
1	BAGK1	32,501	32,336
2		32,141	
3		33,012	
4		31,692	
5	BAGK2	33,551	33,277
6		32,847	
7		32,155	
8		34,556	
9	BAGK3	33,529	34,188
10		34,266	
11		34,677	
12		34,279	
13	BAGK4	35,114	35,366
14		34,763	
15		36,205	
16		35,382	
17	BAGA1	40,418	37,374
18		36,613	
19		38,767	
20		33,700	
21	BAGA2	40,543	39,566
22		38,051	
23		42,144	
24		37,526	
25	BAGA3	37,146	39,847
26		42,369	
27		37,731	

28		42,143	
29	BAGA4	40,576	41,369
30		42,051	
31		39,562	
32		43,289	
33		41,816	
34	BAGM1	47,313	40,503
35		33,876	
36		39,010	
37		40,807	
38	BAGM2	43,647	42,136
39		39,093	
40		44,999	
41		40,992	
42	BAGM3	36,339	42,357
43		44,715	
44		47,383	
45	BAGM4	42,676	45,979
46		44,248	
47		47,973	
48		49,020	

## E. Analisis Data Hasil Penelitian

### E.1 Hasil Uji Normalitas Menggunakan Uji *Shapiro-Wilk*

#### A. Uji Normalitas Terhadap Waktu

Tests of Normality

	Waktu	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Area	0 Jam	.182	12	.200	.912	12	.224
	2 Jam	.239	12	.058	.893	12	.129
	12 Jam	.206	12	.170	.871	12	.067
	24 Jam	.203	12	.187	.876	12	.079

a. Lilliefors Significance Correction

## Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Area	0 Jam	.182	12	.200*	.912	12	.224
	2 Jam	.239	12	.058	.893	12	.129
	12 Jam	.206	12	.170	.871	12	.067
	24 Jam	.203	12	.187	.876	12	.079

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

## B. Uji Normalitas Terhadap Perlakuan

## Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Area	Kontrol	.143	16	.200*	.948	16	.464
	Aquades	.130	16	.200*	.947	16	.443
	Metanol	.128	16	.200*	.954	16	.556

a. Lilliefors Significance Correction

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

E.2 Hasil Uji Homogenitas Menggunakan Uji *Levene test*Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup>

Dependent Variable:Area

F	df1	df2	Sig.
1.877	11	36	.076

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

a. Design: Intercept + Perlakuan + Waktu + Perlakuan \* Waktu

### E.3 Hasil Uji Two Way Anova

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Area

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	775.003 <sup>a</sup>	11	70.455	98.588	.000
Intercept	71858.628	1	71858.628	1.006E5	.000
Perlakuan	658.390	2	329.195	460.645	.000
Waktu	106.305	3	35.435	49.585	.000
Perlakuan * Waktu	10.308	6	1.718	2.404	.047
Error	25.727	36	.715		
Total	72659.358	48			
Corrected Total	800.730	47			

a. R Squared = ,968 (Adjusted R Squared = ,958)

### E.4 Hasil Uji Lanjutan Tukey

#### A. Uji Lanjutan Tukey terhadap Perlakuan

##### Multiple Comparisons

Area

Tukey HSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	Aquades	-5.74744 <sup>*</sup>	.298881	.000	-6.47799	-5.01688
	Metanol	-8.95231 <sup>*</sup>	.298881	.000	-9.68287	-8.22176
Aquades	Kontrol	5.74744 <sup>*</sup>	.298881	.000	5.01688	6.47799
	Metanol	-3.20488 <sup>*</sup>	.298881	.000	-3.93543	-2.47432
Metanol	Kontrol	8.95231 <sup>*</sup>	.298881	.000	8.22176	9.68287
	Aquades	3.20488 <sup>*</sup>	.298881	.000	2.47432	3.93543

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,715.

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

**B. Uji Lanjutan Tukey terhadap Waktu****Multiple Comparisons**

Area

Tukey HSD

(I) Waktu	(J) Waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0 Jam	2 Jam	-1.58833*	.345118	.000	-2.51781	-.65885
	12 Jam	-2.05917*	.345118	.000	-2.98865	-1.12969
	24 Jam	-4.16667*	.345118	.000	-5.09615	-3.23719
2 Jam	0 Jam	1.58833*	.345118	.000	.65885	2.51781
	12 Jam	-.47083	.345118	.529	-1.40031	.45865
	24 Jam	-2.57833*	.345118	.000	-3.50781	-1.64885
12 Jam	0 Jam	2.05917*	.345118	.000	1.12969	2.98865
	2 Jam	.47083	.345118	.529	-.45865	1.40031
	24 Jam	-2.10750*	.345118	.000	-3.03698	-1.17802
24 Jam	0 Jam	4.16667*	.345118	.000	3.23719	5.09615
	2 Jam	2.57833*	.345118	.000	1.64885	3.50781
	12 Jam	2.10750*	.345118	.000	1.17802	3.03698

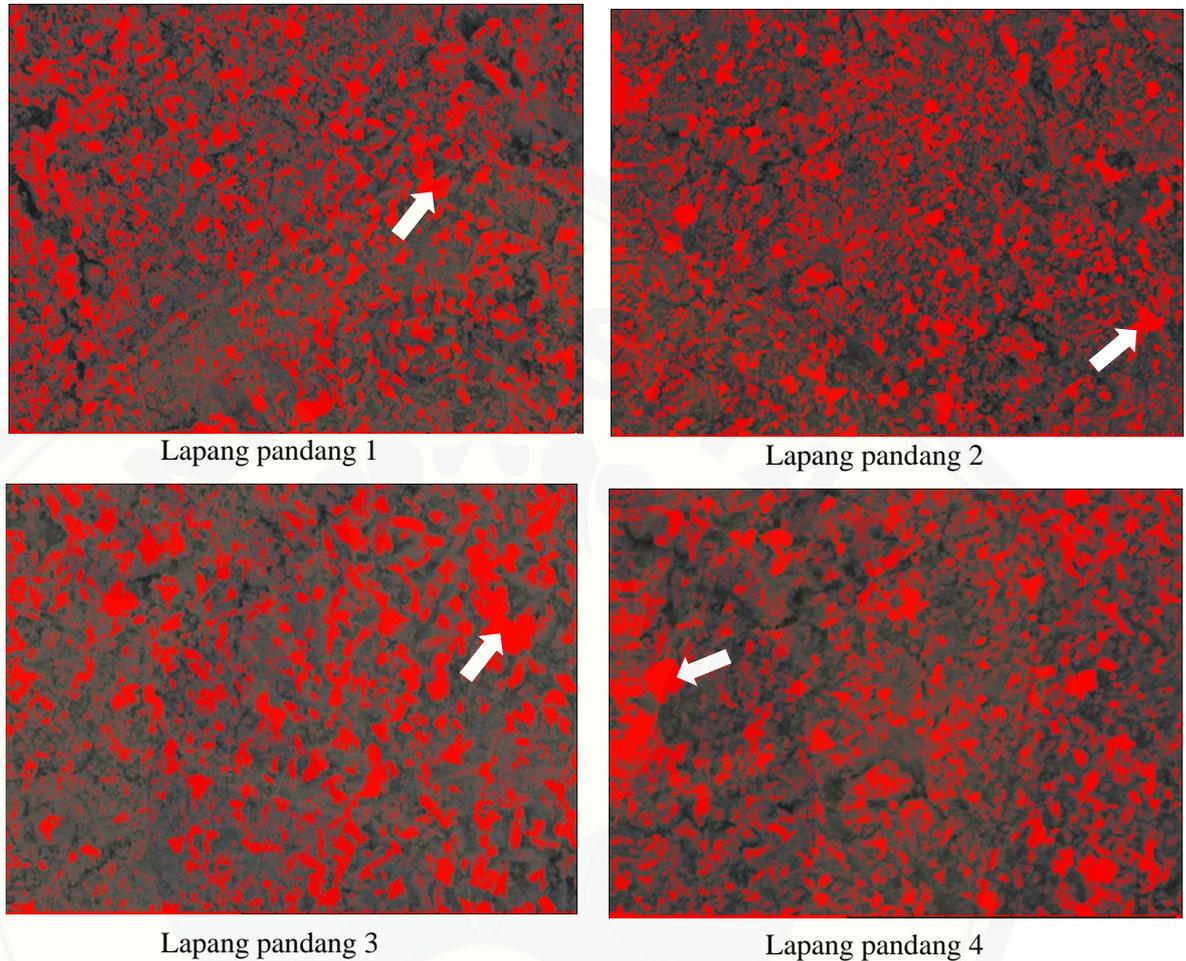
Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,715.

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

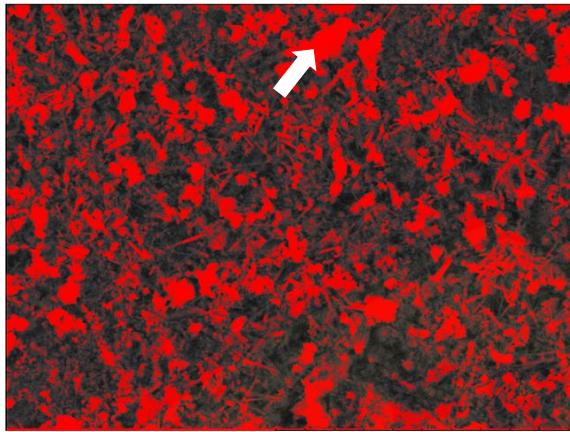
**F. Hasil Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan Analisa *Software ImageJ***

**F.1 Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu dengan perendaman 0 jam**

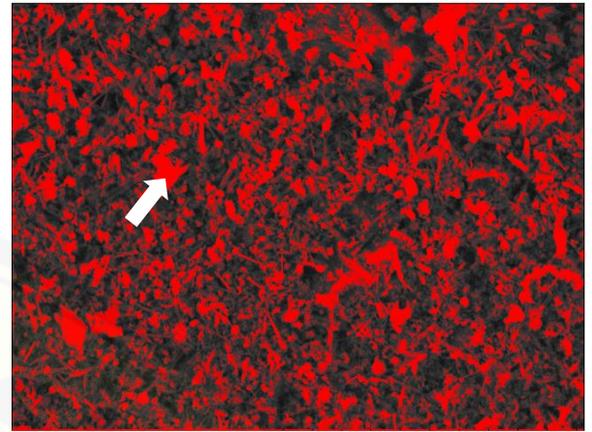


Gambar F.1 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukkan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

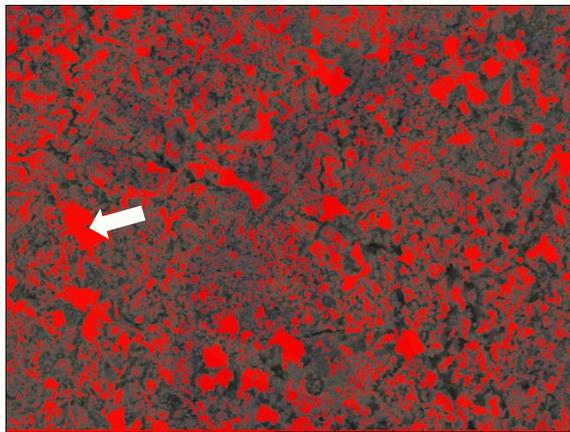
## F.2 Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu dengan perendaman 2 jam



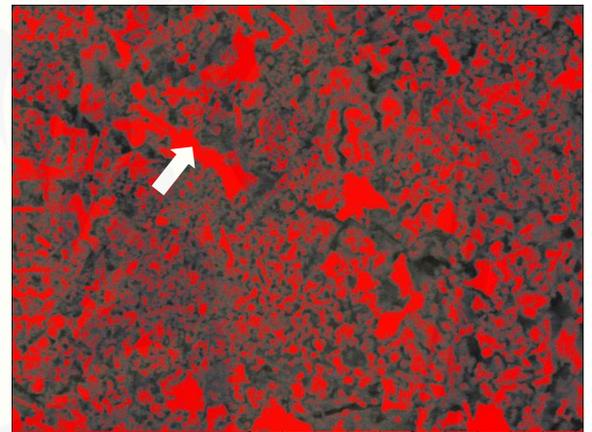
Lapang pandang 1



Lapang pandang 2



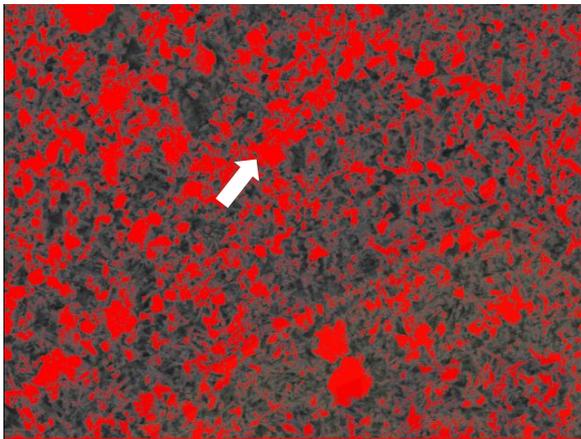
Lapang pandang 3



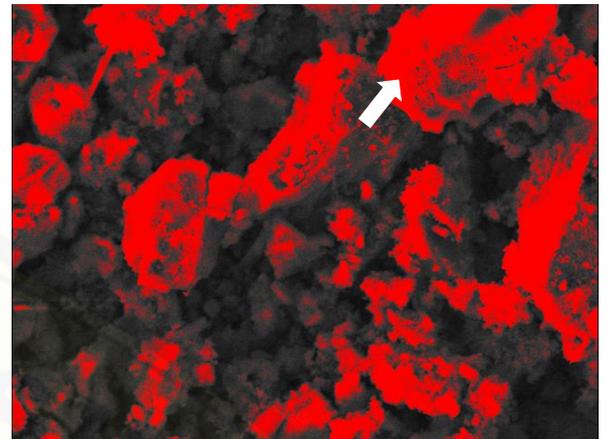
Lapang pandang 4

Gambar F.2 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukkan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

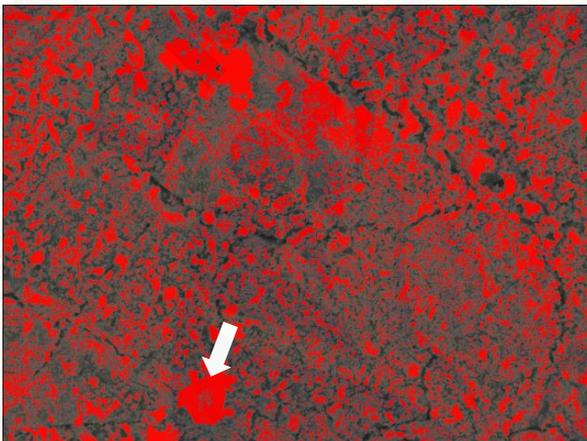
### F.3 Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu dengan perendaman 12 jam



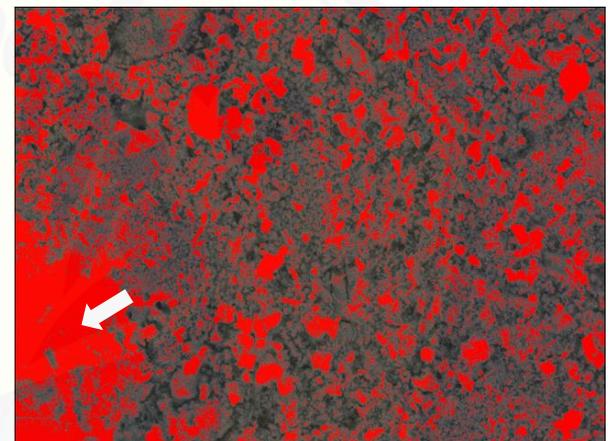
Lapang pandang 1



Lapang pandang 2



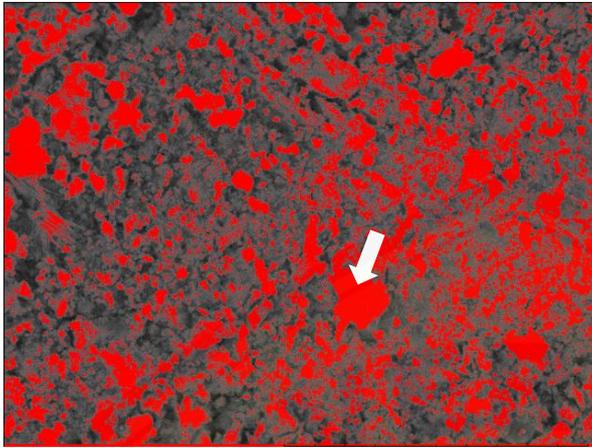
Lapang pandang 3



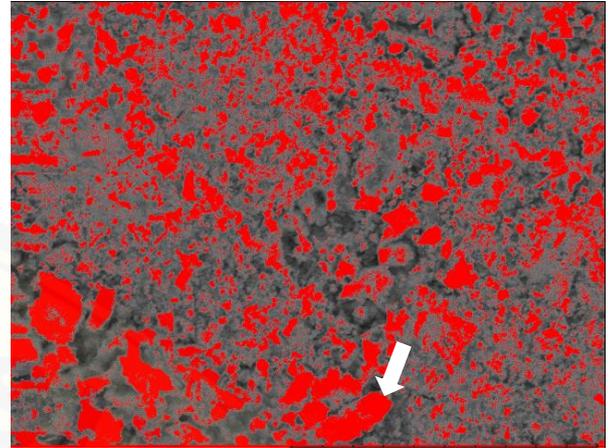
Lapang pandang 4

Gambar F.3 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukkan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

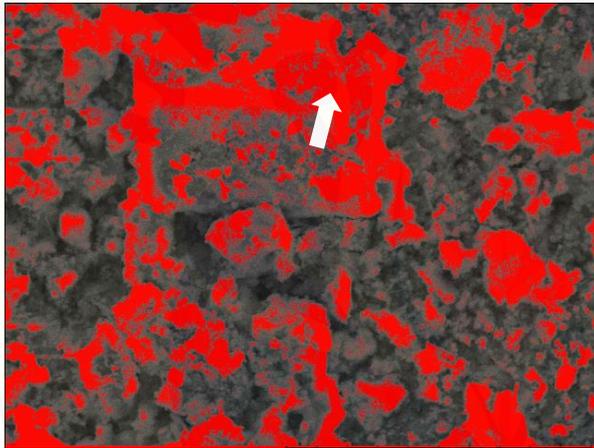
#### F.4 Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu dengan perendaman 24 jam



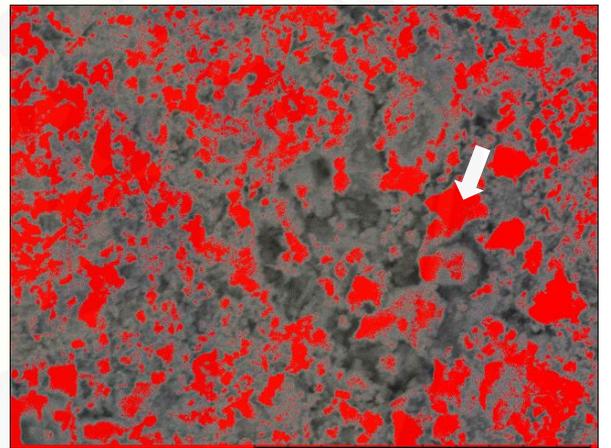
Lapang pandang 1



Lapang pandang 2



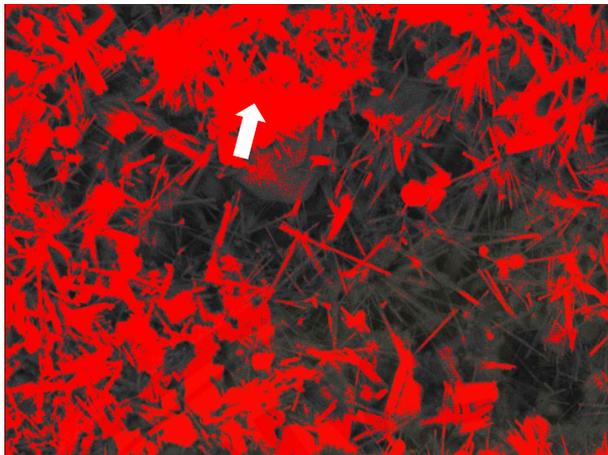
Lapang pandang 3



Lapang pandang 4

Gambar F.4 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukkan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

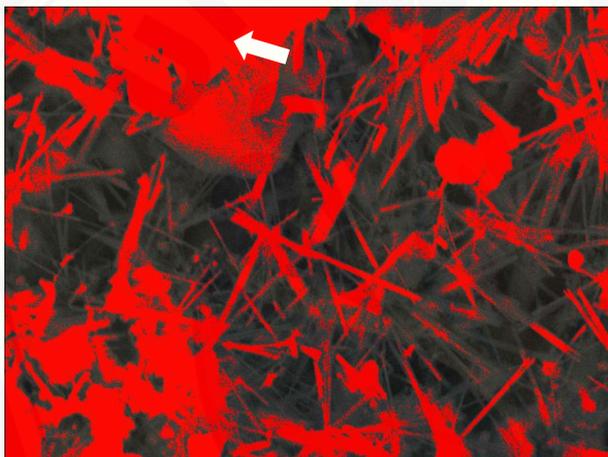
**F.5 Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida *Red Seaweed* kemudian diendapkan dengan aquades dan direndam selama 0 jam**



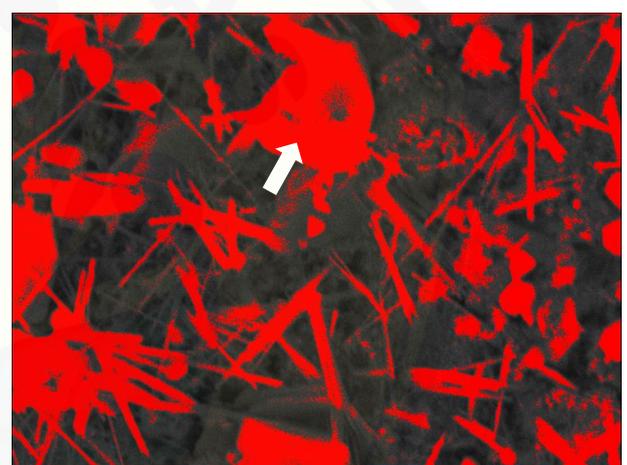
Lapang pandang 1



Lapang pandang 2



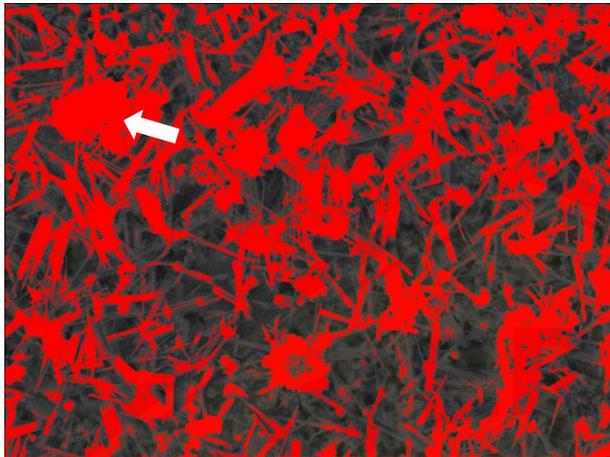
Lapang pandang 3



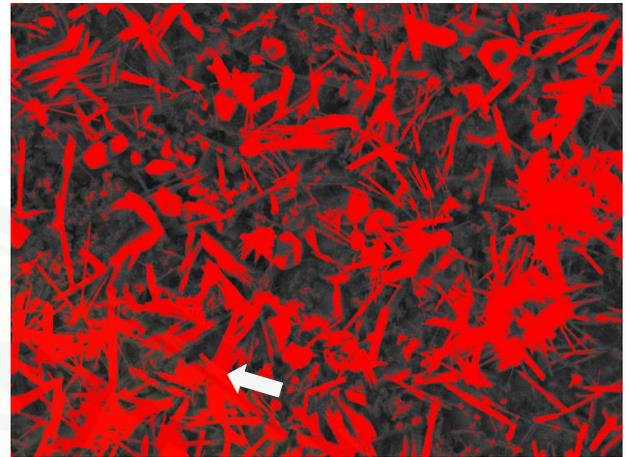
Lapang pandang 4

Gambar F.5 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukkan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

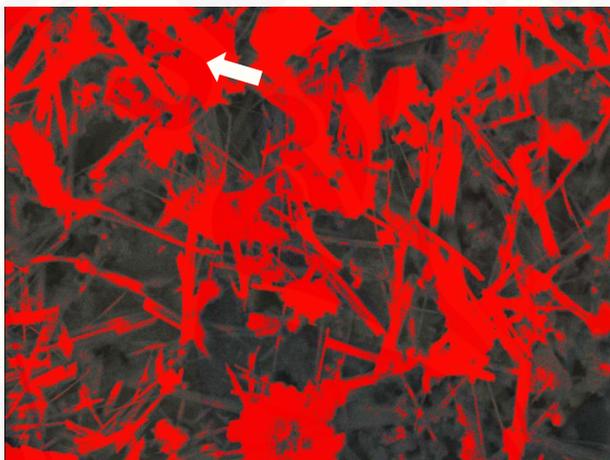
**F.6 Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida *Red Seaweed* kemudian diendapkan dengan aquades dan direndam selama 2 jam**



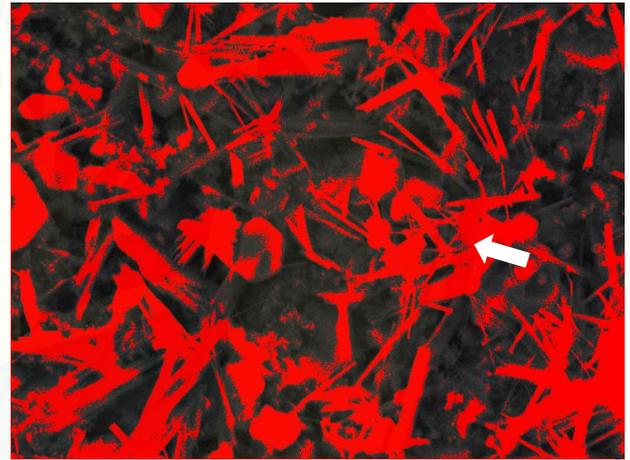
Lapang pandang 1



Lapang pandang 2



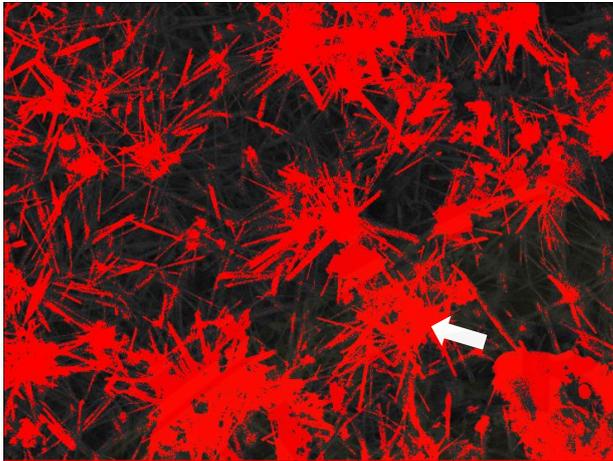
Lapang pandang 3



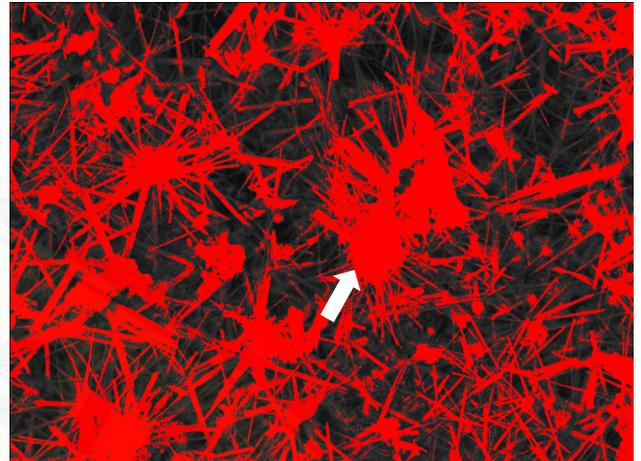
Lapang pandang 4

Gambar F.6 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

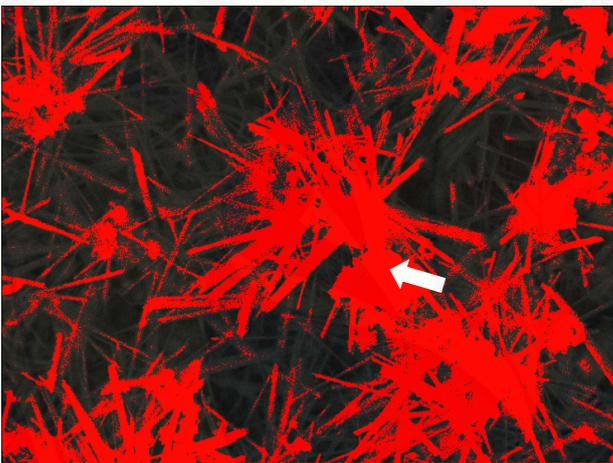
**F.7 Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida *Red Seaweed* kemudian diendapkan dengan aquades dan direndam selama 12 jam**



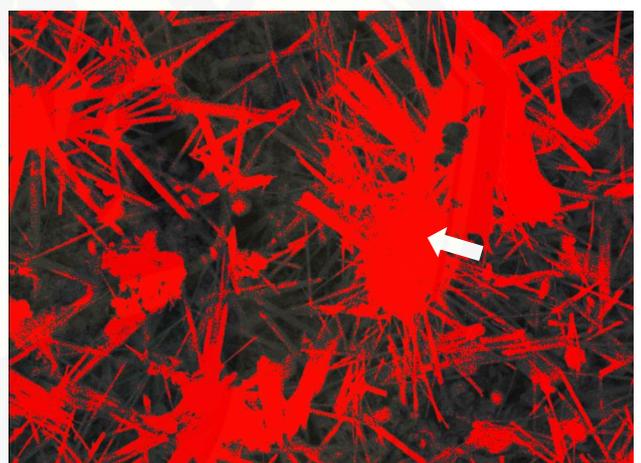
Lapang pandang 1



Lapang pandang 2



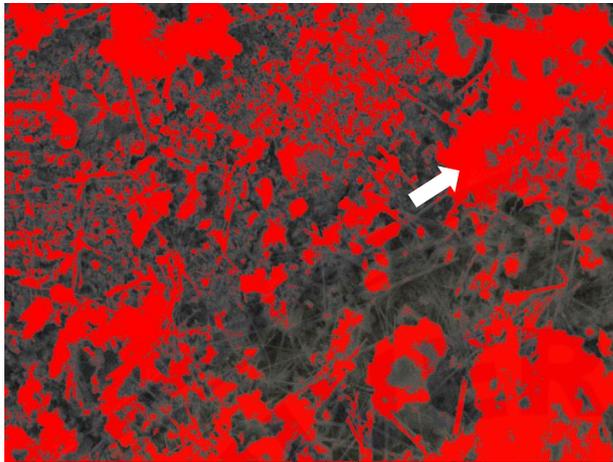
Lapang pandang 3



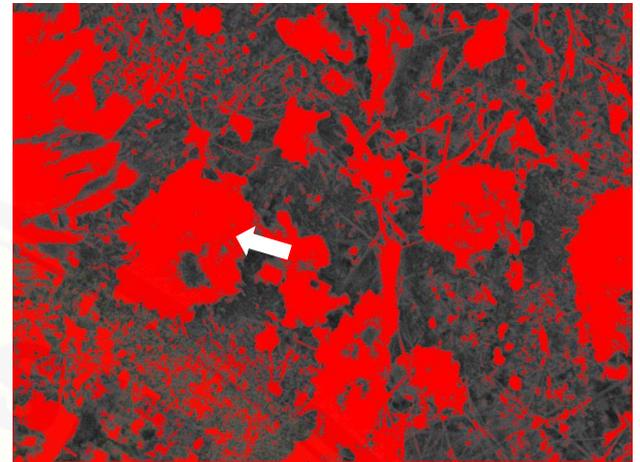
Lapang pandang 4

Gambar F.7 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukkan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

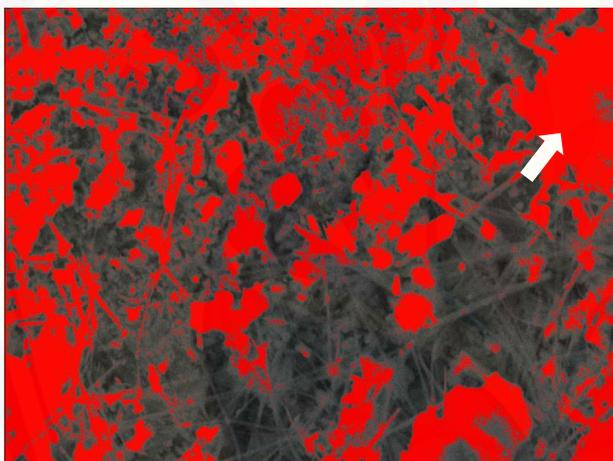
**F.8 Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida *Red Seaweed* kemudian diendapkan dengan aquades dan direndam selama 24 jam**



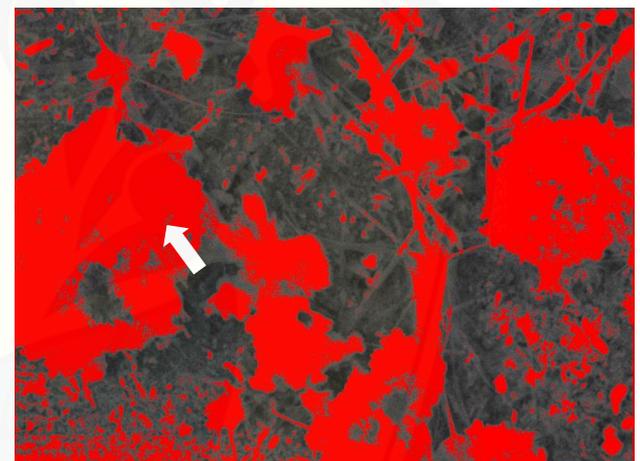
Lapang pandang 1



Lapang pandang 2



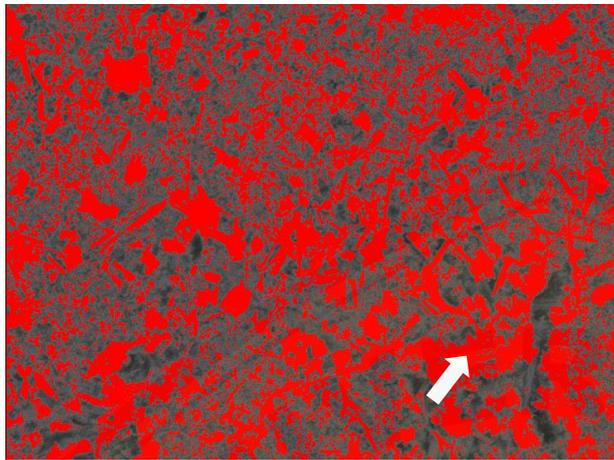
Lapang pandang 3



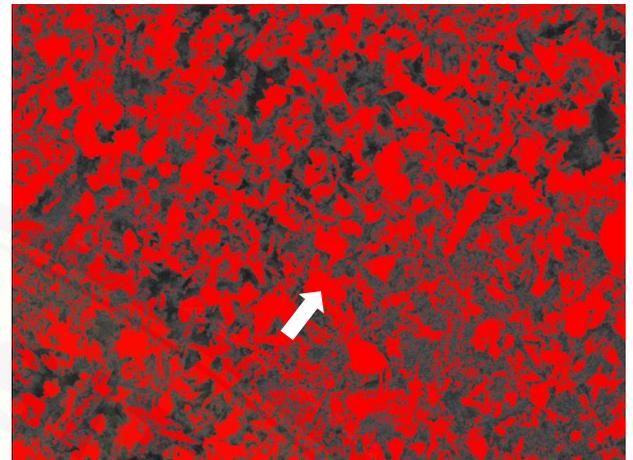
Lapang pandang 4

Gambar F.8 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukkan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

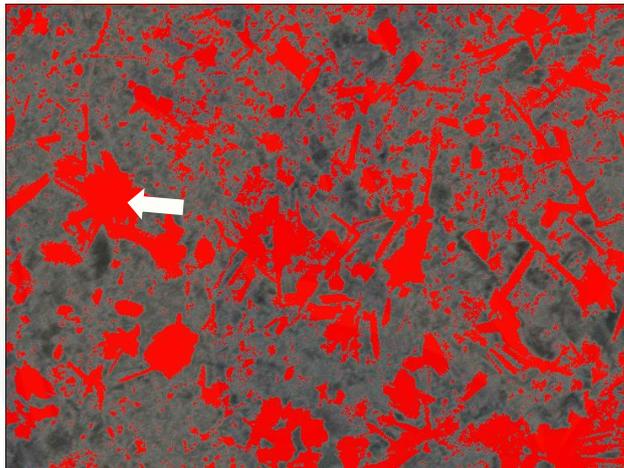
**F.9 Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida *Red Seaweed* kemudian diendapkan dengan metanol dan direndam selama 0 jam**



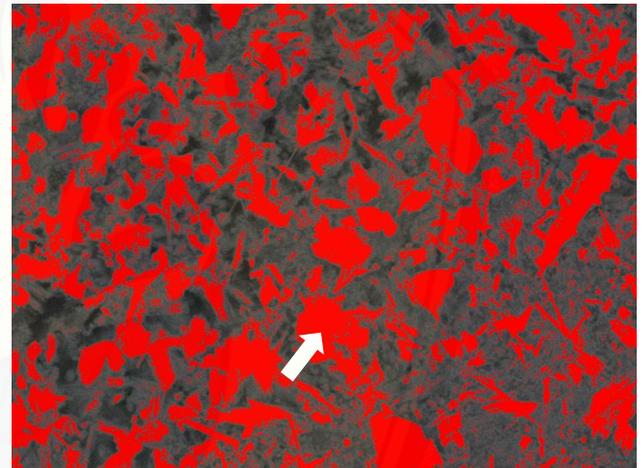
Lapang pandang 1



Lapang pandang 2



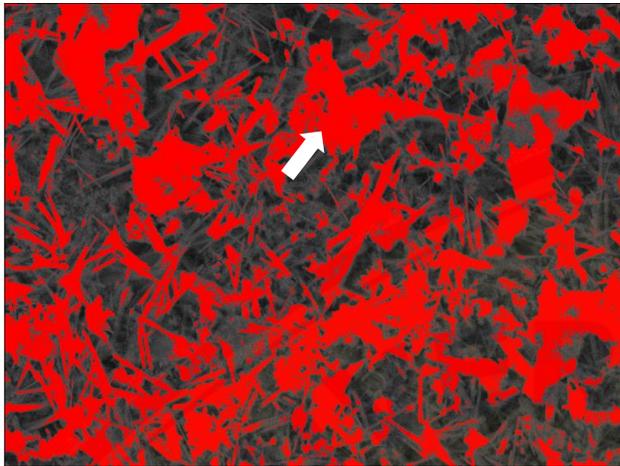
Lapang pandang 3



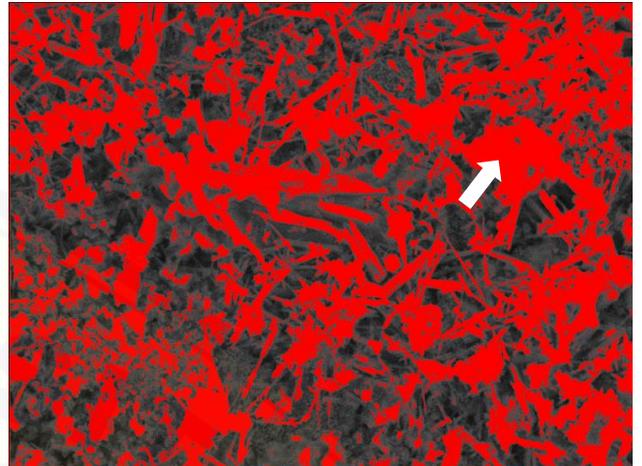
Lapang pandang 4

Gambar F.9 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

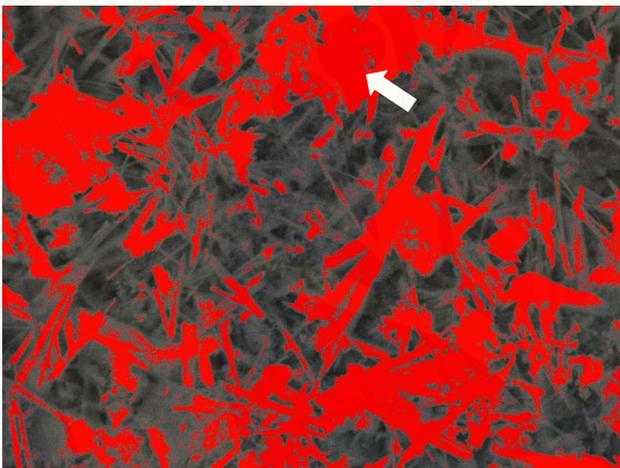
**F.10** Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida *Red Seaweed* kemudian diendapkan dengan metanol dan direndam selama 2 jam



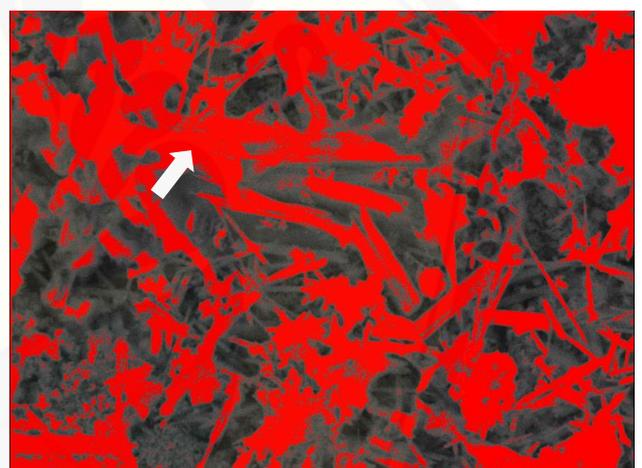
Lapang pandang 1



Lapang pandang 2



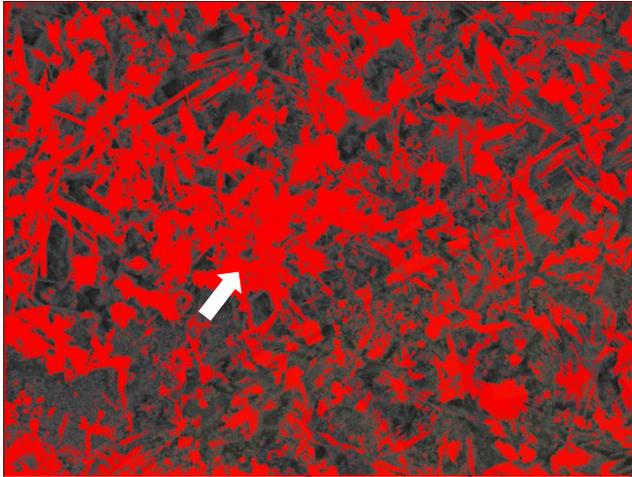
Lapang pandang 3



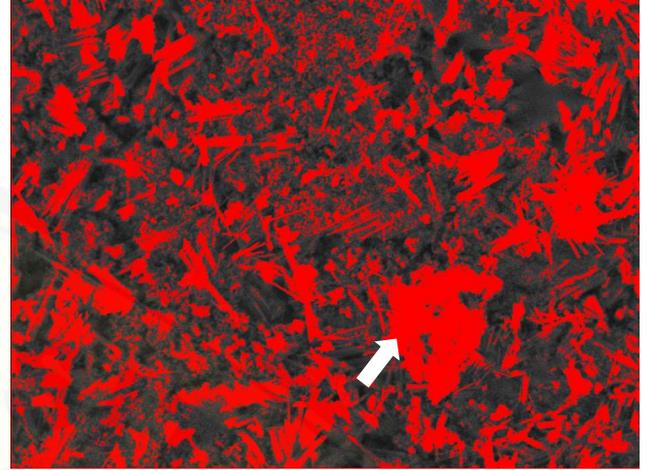
Lapang pandang 4

Gambar F.10 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

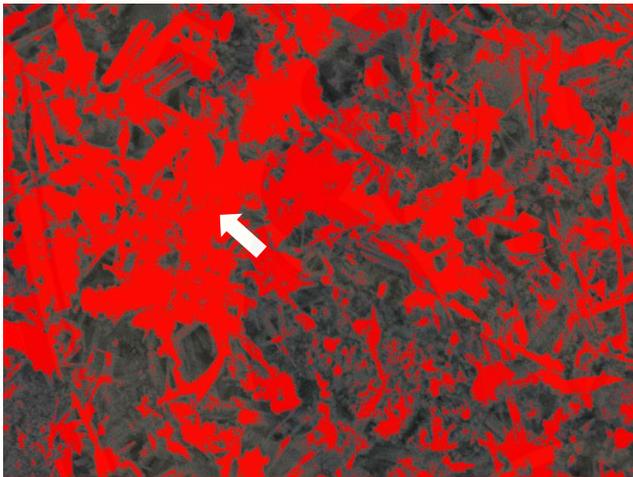
**F.11 Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida *Red Seaweed* kemudian diendapkan dengan metanol dan direndam selama 12 jam**



Lapang pandang 1



Lapang pandang 2



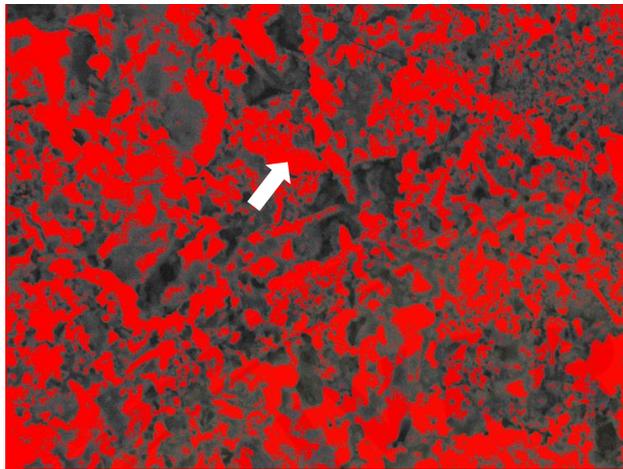
Lapang pandang 3



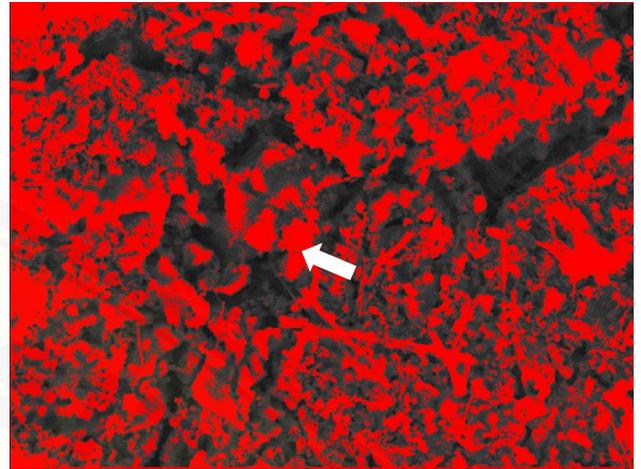
Lapang pandang 4

Gambar F.11 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukkan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

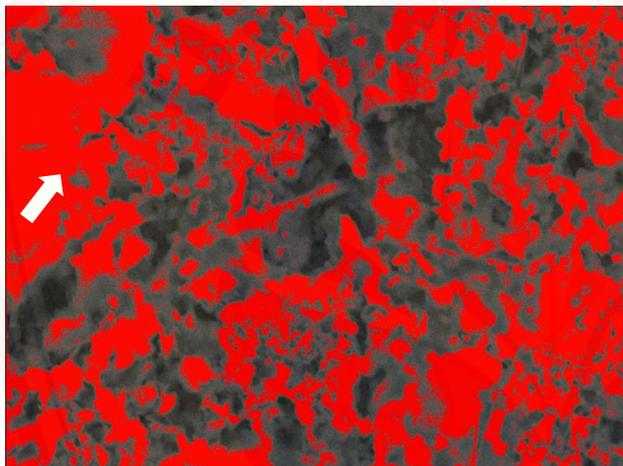
**F.12** Kelompok *Bioactive Glass Nano Silica* Abu Ampas Tebu yang ditambahkan Polisakarida *Red Seaweed* kemudian diendapkan dengan metanol dan direndam selama 24 jam



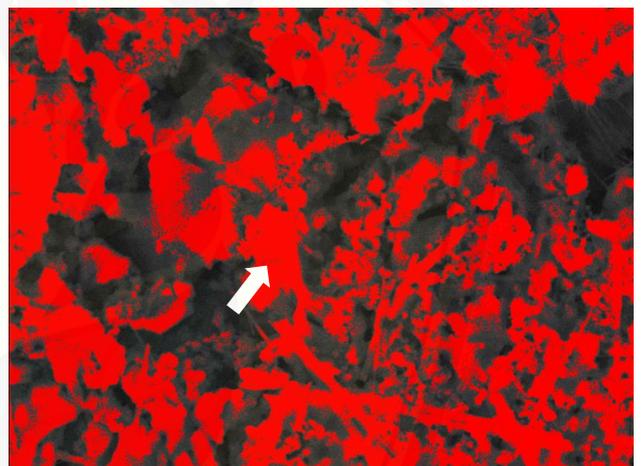
Lapang pandang 1



Lapang pandang 2

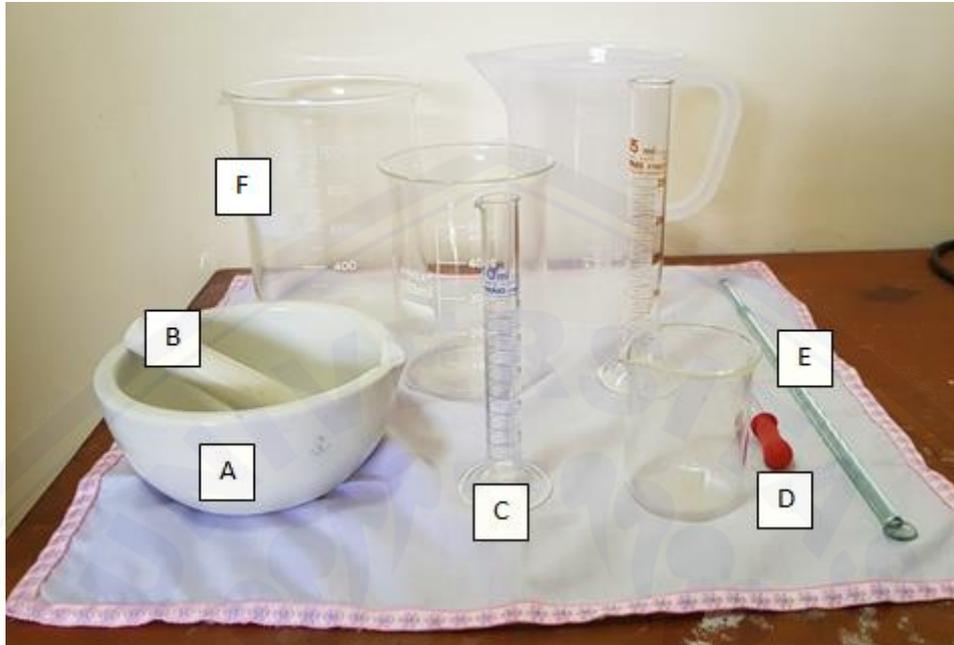


Lapang pandang 3



Lapang pandang 4

Gambar F.12 Pembentukan HCA yang diamati menggunakan SEM pada perbesaran 3000x setelah dihitung persenan luas area menggunakan *software imageJ*. Tanda panah menunjukkan salah satu bagian area yang memiliki pembentukan HCA diwarnai dengan warna merah

**G. Alat dan Bahan Penelitian****G.1 Alat Penelitian**

Keterangan :

A. *Pastle*

B. *Mortal*

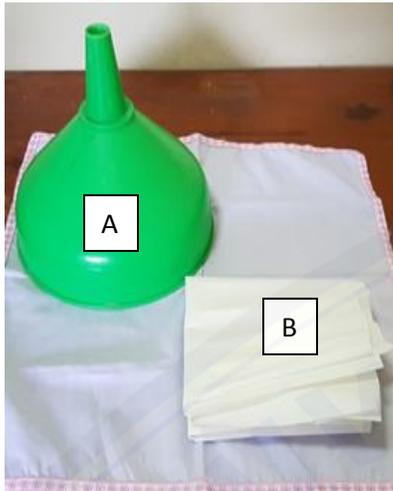
C. Gelas ukur

D. Pipet tetes

E. Pengaduk

F. *Beaker glass*

G. Penggilingan rumput laut



Keterangan :

A. Corong

B. Kertas saring *whattman* no.42

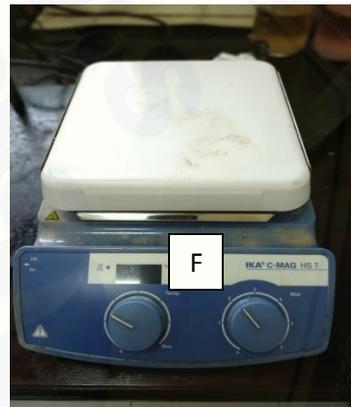
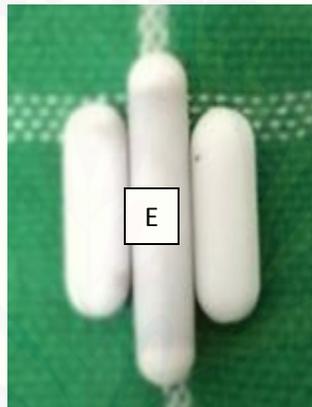
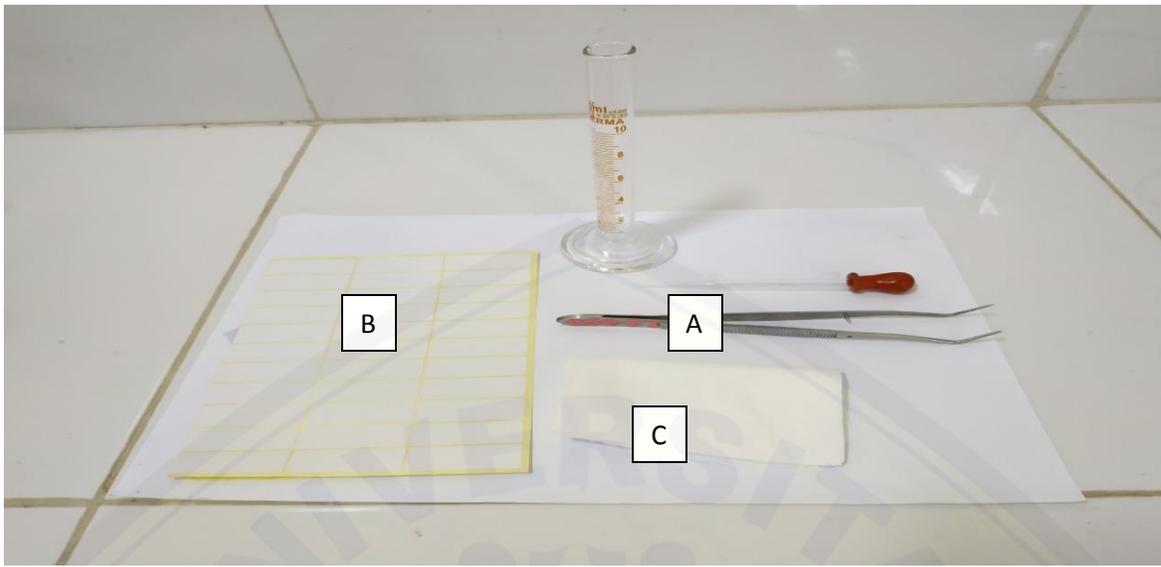
C. Timbangan manual

D. Timbangan elektrik

E. *Furnace*

F. Oven

G. pH meter elektrik



Keterangan :

A. Pinset

B. Label

C. *Tissue*

D. Saringan 40 mesh

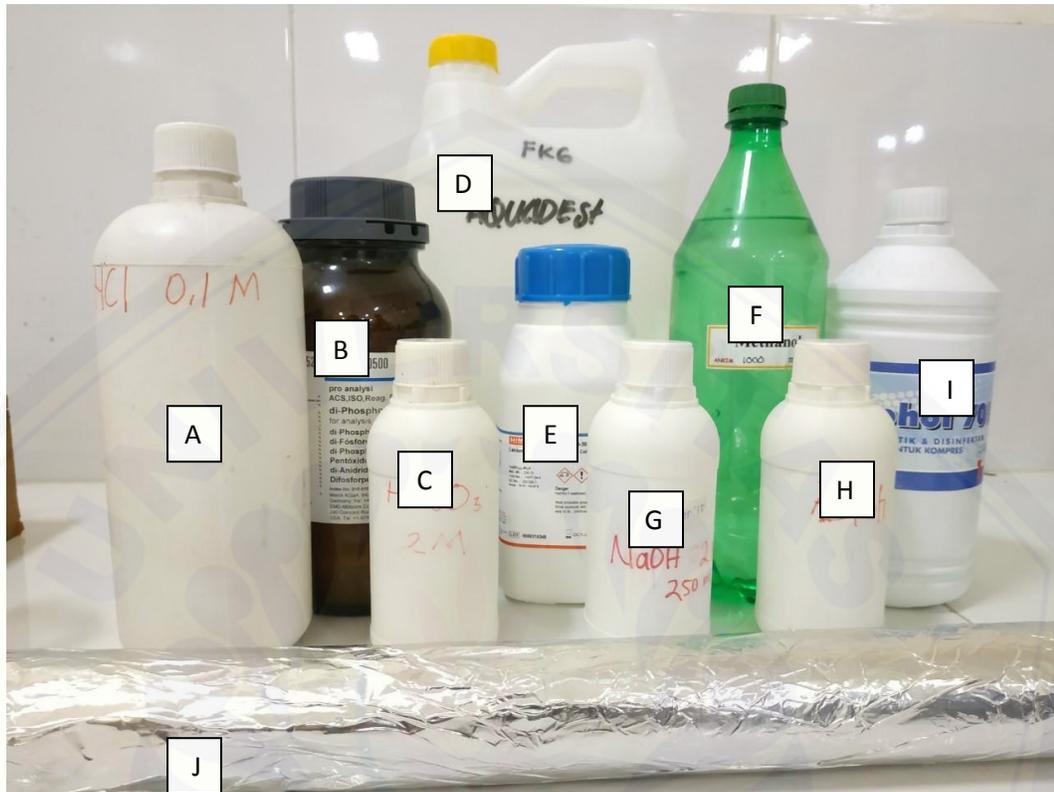
E. Magnet

F. Pengaduk magnet



Keterangan:

- A. Alat analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM)
- B. *Press hidrolik*
- C. Ayakan 200 mesh dan nampan
- D. *Muffle furnace* dan cawan porselin

**G.2 Bahan Penelitian**

Keterangan :

- A. HCL 0,1 M
- B. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- C. HNO<sub>3</sub> 2M
- D. Aquades
- E. Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 4H<sub>2</sub>O
- F. Metanol
- G. NaOH 2N
- H. Etanol 96%
- I. Alkohol 70%
- J. Aluminium foil



*Stimulated Body Fluid (SBF)*



*Red seaweed kering*



*Abu ampas tebu*



*Red seaweed basah*