

**KARAKTERISASI *SCAFFOLD HYDROXYAPATITE GYPSUM PUGER*
KOMBINASIALGINAT RUMPUT LAUT COKLAT (*SARGASSUM SP*) SEBAGAI
BONE GRAFT DENGAN METODE *FREEZE DRYING***

**CHARACTERIZATION OF *HYDROXYAPATITE GYPSUM PUGER (HAGP)* SCAFFOLD
AND BROWN SEAWEED ALGINATE (*SARGASSUM SP*) AS BONE GRAFT WITH
FREEZE-DRYING METHOD**

Safira Annisa Yasmin Pambudi, Amiyatun Naini, and Agus Sumono

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember

Correspondence email to: safiraannisayp@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis karakterisasi bahan *Scaffold* HAGP dengan kombinasi alginat rumput laut coklat (*sargassum sp*) menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Menganalisis bentuk porositas dari bahan *Scaffold* HAGP dengan kombinasi alginat rumput laut coklat (*sargassum sp*) dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan melihat prosentase porositas dari bahan *Scaffold* HAGP dengan kombinasi alginat rumput laut coklat (*sargassum sp*) dengan menggunakan uji porositas. Metode penelitian menggunakan metode deskriptif. Metode analisis data menggunakan FTIR, dan uji porositas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakterisasi bahan *Scaffold* HAGP dengan kombinasi alginat rumput laut coklat (*sargassum sp*) menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dijelaskan bahwa pola FTIR hidroksiapatit gipsum Puger (HAGP) dan gabungan pola FTIR HAGP dengan Alginat nampak ada kemiripan pola FTIR HAGP. Bentuk porositas dari bahan *Scaffold* HAGP dengan kombinasi alginat rumput laut coklat (*sargassum sp*).

Kata kunci: alginat, *Freeze Drying*, karakterisasi, *Scaffold* dan gipsum Puger

ABSTRACT

The purpose of the study is to analyze the characterization of scaffold material combination of Hydroxyapatite Gypsum Puger (HAGP) and brown seaweed alginate (*sargassum sp*) using Fourier Transform Infra-Red (FTIR). Analyzing the shape of the porosity of the HAGP scaffold material and brown seaweed alginate using Scanning Electron Microscopy (SEM) and observing its percentage using the porosity test. The research method uses a descriptive approach. Meanwhile, the data analysis method used FTIR and the porosity test. The results revealed that the FTIR pattern of HAGP and the combination of the FTIR pattern of HAGP with alginate appeared to have similarities to the FTIR pattern of HAGP. The shape of porosity of the scaffold HAGP material with a combination of brown seaweed alginate (*sargassum sp*).

Keywords: alginat, freeze-drying, characterization, scaffold and gypsum puger

PENDAHULUAN

Rekayasa jaringan adalah teknologi biomedis yang dikembangkan untuk membantu regenerasi jaringan tubuh dalam mengobati defek. Inovasi baru di bidang kedokteran gigi dalam teknik rekayasa jaringan salah satunya adalah perancah *Bone Graft*. Perawatan kerusakan tulang yang besar memerlukan suatu bahan substitusi tulang untuk memacu tumbuhnya tulang baru sehingga rekonstruksi kerusakan tulang tersebut dapat diatasi.¹ *Scaffold* adalah suatu struktur tiga dimensi yang digunakan sebagai media penyangga sementara untuk mendukung proses pertumbuhan dan perkembangan jaringan.²

Salah satu bahan yang telah dimanfaatkan sebagai bahan *Scaffold Bone Graft* adalah hidroksiapatit karena memiliki kesamaan dengan mineral penyusun tulang dengan elemen utama berupa kalsium dan fosfor.³ Hidroksiapatit (HA) merupakan salah satu bahan *scaffold* senyawa anorganik ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) yang memiliki kesamaan kimia dan fisika dengan mineral penyusun tulang dan gigi serta kalsium dan fosfor sebagai elemen utamanya.^{3,4} Hidroksiapatit (HA) yang dapat digunakan berasal dari sumber alami maupun sintetis. Material dengan sifat biokompatibilitas sangat baik pada jaringan rongga mulut dan afinitas tinggi dimiliki oleh HA sintetis. Hidroksiapatit sintetis yang digunakan dapat diperoleh dari gipsium puger (HAGP). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa gipsium puger memiliki kadar kalsium lebih tinggi dibanding gipsium komersial dan sebagai alternatif bahan yang mudah didapatkan dan harga terjangkau.⁵

Salah satu biopolimer dari alam yaitu alginat.⁶ Alginat adalah sebuah struktur polisakarida dari matriks amorf yang terdapat pada dinding rumput laut coklat (*phaeophyte*). Semua jenis dari rumput laut coklat mengandung alginat. Rumput laut coklat bisa secara potensial digunakan sebagai sumber penghasil alginat seperti *macrocystis*, *turbinaria*, *padina* dan *sargassum sp.*⁷ Penelitian ini menggunakan *sargassum sp* karena *Sargassum sp.* mengandung bahan alginat dan iodine yang digunakan pada industri farmasi. Selain itu juga, *Sargassum sp.* mengandung senyawa-senyawa aktif steroida, alkaloida, fenol, dan

triterpenoid berfungsi sebagai antibakteri, antivirus, dan anti jamur.⁸

Penelitian ini menggunakan salah satu metode yang digunakan untuk menghasilkan

Scaffold adalah metode *Freeze drying*. Pembuatan *scaffold* dapat menggunakan metode *freeze drying* yang memiliki kelebihan yaitu dapat meningkatkan daya rehidrasi dan mempertahankan stabilitas struktur bahan serta produk.⁵ Metode *freeze drying* dapat menghasilkan *scaffold* dengan sifat yang porus dengan perubahan yang sangat kecil terhadap ukuran dan bentuk bahan aslinya.

Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Menganalisis karakterisasi bahan *scaffold* HAGP dengan kombinasi alginat rumput laut coklat (*sargassum sp*) menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dalam diameter pori; 2) Melihat prosentase porositas dari bahan *Scaffold* HAGP dengan kombinasi alginat rumput laut coklat (*sargassum sp*) dengan menggunakan uji porositas

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus tahun 2020-Maret 2021. Variabel Bebas antara lain 1) Suhu pembekuan awal -60°C *scaffold* HAGP-Alginat, *scaffold* HAGP, dan *scaffold* Alginat pada metode *freeze drying*; 2) Suhu pembekuan awal -10°C *scaffold* HAGP- Alginat, *scaffold* HAGP, dan *scaffold* Alginat pada metode *freeze drying*. Variabel terikat pada penelitian ini adalah porositas *Scaffold* HAGP- Alginat dan Gelatin, *Scaffold* HAGP, *Scaffold* Alginat. Variabel Kontrol antara lain jenis dan asal rumput laut coklat (*Sargassum sp.*). Prosedur pembuatan *Scaffold* komposit HAGP- Alginat dengan metode *freeze drying*, Metode ekstraksi alginat rumput laut coklat, Durasi waktu pembekuan pada *freeze drying*.

Prosedur Kerja

Prosedur penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap pembuatan sampel dan karakterisasi sampel dan uji identifikasi rumput laut coklat. Identifikasi rumput laut coklat dilakukan di Laboratorium Botani dan

Kultur Jaringan, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember. Sterilisasi alat dilakukan dengan alat-alat yang terbuat dari plastic dicuci bersih, dikeringkan kemudian direndam alcohol 70% selama 15 menit, kemudian untuk alat-alat yang terbuat dari logam yang akan digunakan dicuci bersih kemudian disterilkan dengan autoclave selama 15 menit dengan suhu 121°. Kemudian dilakukan pembuatan Sampel yaitu 1) Pembuatan *Scaffold*; 2) Hidroksiapatit Gypsum Puger (HAGP) Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut Coklat (*Sargassum sp*); 3) Pembuatan *Scaffold* HAGP- Alginat dan 4) Pembuatan *Scaffold* Alginat

Bahan dan Alat

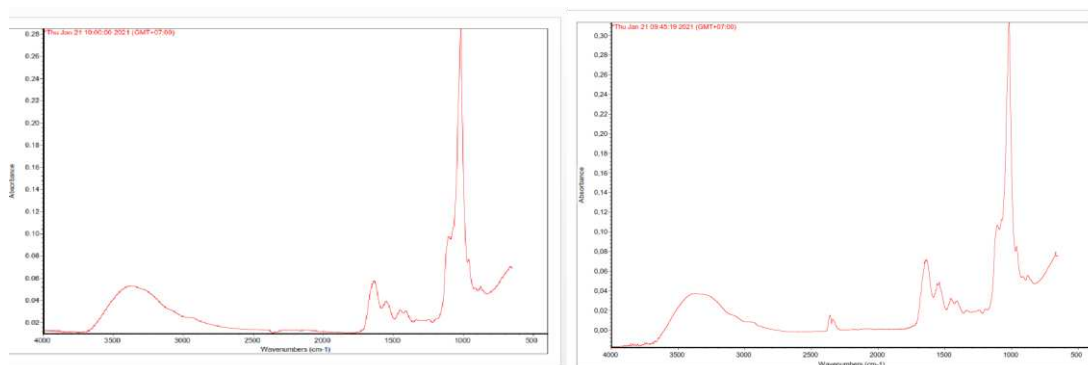
Alat penelitian yang digunakan antara lain timbangan digital (*Adam, UK*), gelas beaker (*Pyrex, Germany*), pot bottle (*Pyrex, Germany*), gelas ukur (*Pyrex, Germany*), pipet Magnetik stirrer (*Lab Tech, England*), *Ultrasonic Homogenizet Sonic Ruptor 400 (OMNI INC, US)*, kertas saring Spatula, kertas pH, k. Penjepit dan indikator pH, oven, *Vortex (Labinto L46)*, Blender, *Freeze drying VaCo 5-II-D (Zirbus, Germany)*, *waterbath shaker* dan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Bahan penelitian ini yaitu akuades, rumput laut coklat (*Sargassum sp.*), Na_2CO_3 , HCl, NaOCl, diammonium Hydrogen Phosphate (DHP), HAGP (Hidroksiapatit Gypsum Puger), KOH, Gelatin, Aluminium Foil, Gelatin, Phosphate Buffer Saline (PBS) dan Etanol

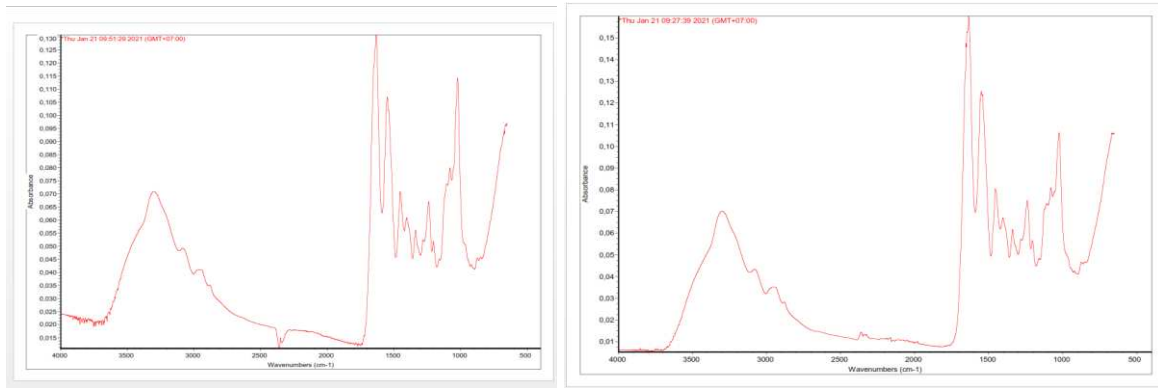
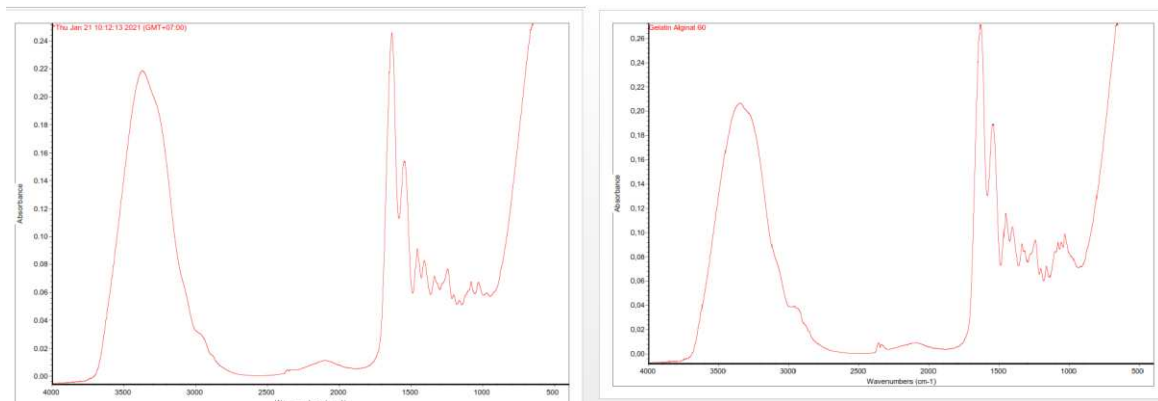
Data kualitatif dan kuantitatif dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas terlebih dahulu untuk mengetahui data yang dihasilkan termasuk pada data parametrik ataupun non parametrik. Uji normalitas yang digunakan adalah uji shapiro wilk test, dan uji homogenitas dilakukan menggunakan uji levene dengan derajat kemaknaan ($p \geq 0,05$). Kemudian dilakukan uji beda Kruskal Wallis. Jika hasil uji beda tersebut signifikan ($p < 0,05$), maka dilakukan uji Mann Whitney untuk menuntukan ada tidaknya perbedaan yang bermakna antar kelompok sampel. Adanya perbedaan yang bermakna ditandai dengan signifikansi $p < 0,05$.

HASIL

Hasil pengujian FTIR dari ketiga sampel dengan variasi suhu. Hasil uji FTIR pada sampel *Scaffold* Hidroksiapatit Gypsum Puger (HAGP), Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut Coklat (*Sargassum sp*), *Scaffold* HAGP- Alginat dan *Scaffold* Alginat dapat dilihat pada Gambar



Gambar 1. Spektra FTIR *Scaffold* HAGP-Alginat dan Gelatin dengan Suhu -10°C dan -60°C

Gambar 2. *Scaffold* HAGP dengan Suhu -10°C dan -60°CGambar 3. *Scaffold* Alginat dengan Suhu -10°C dan -60°C

Hasil karakteristik FTIR menunjukkan bahwa semua kelompok sampel memiliki setiap unsur yang terdapat dalam HAGP yaitu ion yang terbentuk pada hidroksiapatit yaitu fosfat (PO_4), hidroksil (OH) dan Carbonat. kemudian kandungan gelatin yaitu Amide dan alginat. Hal ini terlihat dari puncak serapan bilangan gelombang. Hasil uji FTIR menunjukkan *Scaffold* HAGP-Alginat pada suhu -10°C memiliki gugus ion karbonat dari hidroksiapat pada bilangan gelombang 2600 cm^{-1} pada rentang 4000 – 30.000 cm^{-1} . Karena dengan intensitas melebar maka pada gugus ini teridentifikasi O – H yang membentuk ikatan asam karbohidrat. Kemudian gugus fosfat pada bilangan gelombang 1600 pada rentang 2500-2000 cm^{-1} penyerapan yang disebabkan oleh ikatan rangkap seperti C = O, C = N dan C = C. Kemudian pada wilayah Gugus N-H dari Gelatin pada Bilangan Gelombang 1.350 pada rentang 1500 cm^{-1} sampai 400 cm^{-1} terkandung gugus alkana.

Uji FTIR kemudian dilakukan juga pada enam sampel *Scaffold* yang telah disintesis terlihat dari data yang didapat terdapat puncak pada rentang 400-4000 cm^{-1} ,

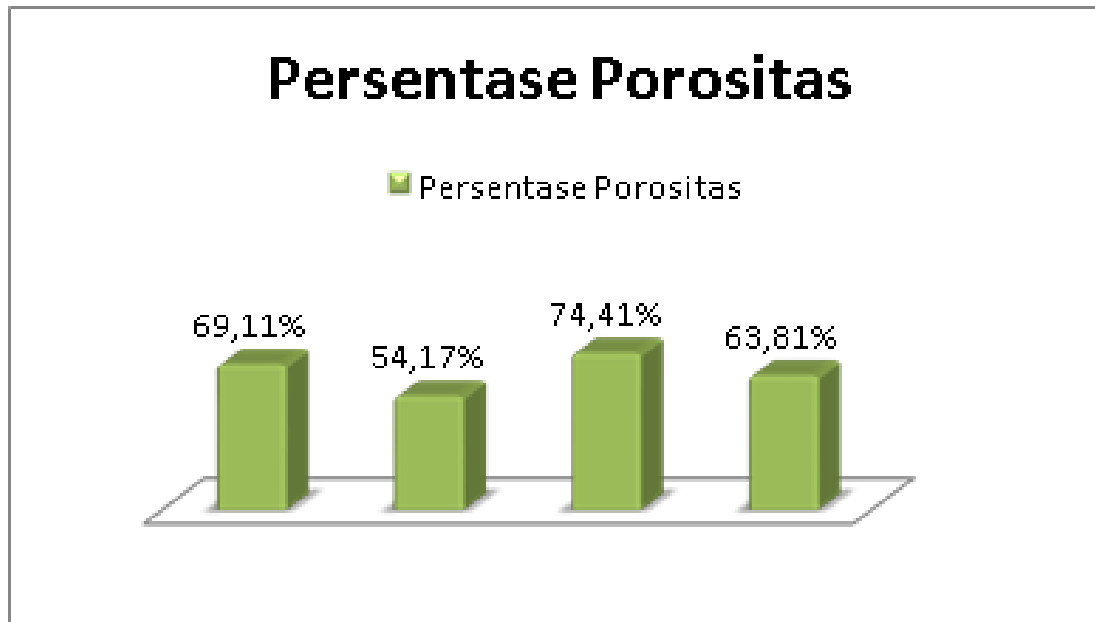
yang menandakan adanya karbonat apatit pada *Scaffold* yang diuji. Teramati pula adanya puncak-puncak pada 1.200 cm^{-1} , 1600 cm^{-1} , 2360 cm^{-1} . Berdasarkan spektrum FTIR menunjukkan pola FTIR hidroksiapatit gipsium Puger (HAGP) dan gabungan pola FTIR HAGP dengan Alginat. Berdasarkan gambar tersebut nampak ada kemiripan pola FTIR HAGP. Spektra inframerah dari HAGP menunjukkan adanya ikatan molekul hidrogen pada bilangan gelombang. Spektra inframerah yang menunjukkan adanya ikatan molekul hidrogen terjadi pada bilangan gelombang yang ditandai dengan adanya vibrasi gugus fungsi dari H-O-H. Pada proses pembuatan HAGP, Alginat dilarutkan dalam PBS 0,65M dengan menggunakan magnetic stirrer pada suhu 10°C selama 2 jam kemudian didinginkan pada suhu 37°C.

Pengujian Porositas

Porositas yang dimiliki oleh *Scaffold* HAGP-Alginat dan gelatin dengan suhu 10°C senilai 64%, *Scaffold* HAGP-Alginat dengan suhu -60°C dengan nilai 74%, *Scaffold* HAGP dengan suhu 10°C dengan nilai 69%, *Scaffold* HAGP dengan suhu -

60°C dengan nilai 54%, sedangkan *Scaffold* Alginat dengan suhu 10°C, dan *Scaffold* Alginat dengan suhu -60°C semuanya

bernilai 0. Hal itu dikarenakan uji sampel larut pada etanol. Hal ini dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Prosentase Porositas Berbagai Sampel Pada Suhu 10°C dan 60°C

Prosentase porositas dari bahan *Scaffold* HAGP dengan kombinasi alginat rumput laut coklat (*sargassum sp*) dengan menggunakan uji porositas menunjukkan bahwa HAGP pada suhu 10°C memiliki hasil porositas lebih besar dibandingkan pada suhu 60°C. Sedangkan HAGP Alginat pada suhu 10°C menunjukkan nilai porositas yang lebih besar dibandingkan pada suhu 60°C. Sampel yang nilai porositasnya semakin kecil dan mendekati nilai porositas kontrol menunjukkan nilai uji porositas yang lebih baik.

Hasil uji normalitas persentase porositas menunjukkan signifikansi $P > 0,05$ pada seluruh kelompok sampel (Tabel 1), sehingga data dikategorikan berdistribusi normal yaitu HAGP pada suhu 10°C.

Sedangkan hasil uji homogenitas persentase porositas menunjukkan signifikansi $p < 0,05$ (Tabel 2), sehingga data dikategorikan berdistribusi tidak homogen. Selanjutnya dilakukan uji beda persentase porositas menunjukkan $p > 0,05$ (Tabel 3), sehingga data dikategorikan terdapat perbedaan signifikan. Uji perbedaan bermakna pada persentase porositas sampel menunjukkan $p > 0,05$ yaitu tidak adanya perbedaan yang bermakna antar kelompok sampel.

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas Data Shapiro Wilk

Kelompok	Prosentase Prosoitas t statistik	Prosentase Prosoitas Signifikan (P)
HAGP pada suhu 10°C	0,864	0,274
HAGP pada suhu 60°C	0,630	0,001

HAGP Alginat pada suhu 60°C.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Data Shapiro Wilk Persentase Porositas *Scaffold* HAGP

Kelompok	Prosentase Prosoitas t statistik	Prosentase Prosoitas Signifikan (P)
HAGP Alginat pada suhu 10	0,698	0,011
HAGP Alginat pada suhu 60	0,847	0,215

Tabel 3. Uji Homogenitas Levene Statistic HAGP

Levene Statistic	Sig.
4,206	,030

Tabel 4. Uji Homogenitas Levene Statistic HAGP Alginat

Levene Statistic	Sig.
3,206	,045

Selanjutnya dilakukan uji beda Kruskal Wallis Test untuk melihat perbedaan signifikan pada sampel HAGP dan HAGP Alginat pada suhu -10°C dan suhu -60°C dan *scaffold* HAGP Alginat memiliki signifikansi $< 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa semua sampel memiliki perbedaan yang signifikan antar kelompoknya. Data *scaffold* HAGP Alginat pada suhu 10°C dan suhu -60°C dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Beda dengan Persentase Porositas *Scaffold* HAGP Alginat

Uji Beda	Porositas
Chi-square	4,460
Molekul Asymp. Sig.	0,216

Berdasarkan hasil uji maka dapat dijelaskan karakteristik HAGP Alginat pada berbagai suhu dengan metode *Freeze Drying* seperti Tabel 6.

Tabel 6. Karakteristik HAGP Alginat pada berbagai suhu dengan metode *Freeze Drying*

Karakteristik	HAGP pada suhu 100	HAGP pada suhu 600	HAGP Alginat pada suhu 100	HAGP Alginat pada suhu 600
Diameter Pori	72,59-107,6 μm	92,68-480,3 μm	31,9-117,8 μm	36,89-217,9 μm
Diameter Pori (Mean $\pm$ SD)	311,90 $\pm$ 238,54 μm	227,21 $\pm$ 94,77 μm	178,01 $\pm$ 147,10 μm	121,16 $\pm$ 53,22 μm
Porositas (Mean $\pm$ SD)	69,11% $\pm$ 8,39%	54,17% $\pm$ 8,33%	74,41% $\pm$ 27,73%	63,81% $\pm$ 5,07%

PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan hidroksiapatit dari limbah gypsum Puger yang dipadukan dengan Gelatin dan Alginat. Metode yang digunakan adalah *Freeze Drying* dengan variasi suhu pembekuan awal. *Scaffold* HAGP Gelatin Alginat yang dihasilkan pada variasi suhu pembekuan -10°C dan -60°C memiliki karakteristik yang berbeda. Hal itu dapat diketahui dengan

melihat hasil karakteristik FITR, SEM dan uji porositas.

Berdasarkan hasil data spektrum FTIR diketahui bahwa *scaffold* HAGP-Gelatin-Alginat memiliki pola spektrum yang mirip. *Scaffold* HAGP-Gelatin-Alginat dibuat dari tiga bahan utama yaitu hidroksiapatit gypsum Puger, gelatin dan alginat. Hal itu dijelaskan masing-masing struktur kimia khas. Menurut Naini dkk (2014) menjelaskan bahwa hidroksiapatit gypsum Puger pada gambar berikut dengan jangkauan 400 sampai 4000 cm^{-1} untuk melihat ikatan molekul-molekul pada hidroksiapatit, secara umum ada tiga ion yang terbentuk pada hidroksiapatit yaitu fosfat (PO_4), hidroksil (OH) dan Ca-O . Puspawati dkk (2015) menerangkan bahwa gelatin memiliki daerah serapan kurva puncak serapan khas gelatin dibagi menjadi 4 bagian yaitu daerah serapan amida A pada 3600-2300 cm^{-1} , amida I pada 1636-1661 cm^{-1} , amida II pada 1560-1335 cm^{-1} , dan amida III pada 1300-1200 cm^{-1} . Hasil uji FTIR menunjukkan *Scaffold* HAGP pada suhu -60°C memiliki gugus ion karbonat dari hidroksiapatit pada bilangan gelombang 900 cm^{-1} sampai 1500 cm^{-1} memiliki gugus ion karbonat dari hidroksiapatit pada bilangan gelombang 900 cm^{-1} , Gugus Fosfat pada bilangan gelombang 1500 cm^{-1} sampai 2000 cm^{-1} Gugus N-H dari gelatin pada bilangan gelombang 3.200 cm^{-1} . Uji FTIR kemudian dilakukan juga pada enam sampel *Scaffold* yang telah disintesis terlihat dari data yang didapat terdapat puncak pada rentang 400 cm^{-1} -4000 cm^{-1} , yang menandakan adanya karbonat apatit pada *Scaffold* yang diuji.

Menurut Cimdina dan Natalija (2012), HAP komersial yaitu gugus fosfat (PO_4)³⁻ pada bilangan gelombang 1156-1000 cm^{-1} , 960 cm^{-1} , 600-560 cm^{-1} dan 460 cm^{-1} , gugus karbonat (CO_3)²⁻ pada bilangan gelombang 1640 cm^{-1} , 1460 cm^{-1} , 1450 cm^{-1} , 1418 cm^{-1} , 1384 cm^{-1} dan gugus hidrogen fosfat (HPO_4)²⁻ pada bilangan gelombang 875 cm^{-1} . Menurut Harahap (2015), adanya gugus PO_4 ³⁻ dan OH^- yang merupakan gugus fungsional dari HAP mengindikasikan adanya kandungan HAP pada sampel Gugus PO_4 ³⁻ dan OH^- yang muncul dengan puncak yang lebih tajam menandakan intensitas absorpsi yang lebih tinggi. Semakin tinggi intensitas absorpsi, semakin banyak kandungan PO_4 ³⁻ dan OH^- . Semakin tajam puncak gugus PO_4 ³⁻

mengindikasikan pertumbuhan kristalinitas yang semakin baik, yang artinya HAp yang didapat semakin baik. Berdasarkan analisis puncak FTIR dapat dikatakan semua kelompok sampel memiliki puncak setiap bilangan gelombang HAGP gelatin dan Alginat. Hal ini menunjukkan tidak ada kehilangan unsur kimia penyusunan pada *scaffold* HAGP Gelatin Alginat pada metode *Freeze Drying* dengan variasi suhu pembekuan.

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan porositas dari bahan *Scaffold* HAGP dengan kombinasi alginat rumput laut coklat (*sargassum sp*) menunjukkan bahwa HAGP pada suhu 10⁰ C memiliki hasil porositas lebih besar dibandingkan pada suhu 60°C. Sebaliknya pada pengujian HAGP Alginat pada suhu 60⁰ C menunjukkan nilai porositas yang lebih besar dibandingkan pada suhu 10°C. Berdasarkan hasil uji beda persentase porositas *scaffold* menunjukkan bahwa ada perbedaan hasil uji porositas. Nilai porositas pada suhu -10°C mempunyai nilai porositas lebih besar dari suhu - 60°C. Menurut Saraswati (2015), hal ini karena semakin rendah suhu yang digunakan dan semakin cepat waktu yang digunakan maka pada saat pembekuan akan menyebabkan partikel hidroksiapatit akan diisi oleh *filler kolagen* lebih cepat, hal ini karena suhu pembekuan yang digunakan lebih rendah maka *dendrite* kristal es akan semakin kuat ketika mendesak partikel hidroksiapatit dan kolagen sehingga ikatan antara kolagen dan hidroksiapatit lebih rapat dan nilai porositasnya kecil.¹⁰

Scaffold HAGP porositas yang lebih besar tersebut mungkin disebabkan oleh perbedaan konsentrasi alginat. Semakin tinggi konsentrasi polimer yang digunakan akan menghasilkan porositas yang semakin kecil, sebaliknya semakin rendah konsentrasi polimer yang digunakan maka porositas akan semakin besar. Porositas *Scaffold* hidroksiapatit/alginat lebih besar dari porositas *Scaffold* dengan konsentrasi alginat¹¹, Hal ini disebabkan pada larutan alginat memiliki viskositas yang lebih rendah terkandung lebih banyak pelarut (DDW), sehingga ketika dilakukan proses *Freeze Drying* terjadi sublimasi sehingga meninggalkan pori-pori yang berukuran besar dan jumlah lebih banyak pada *Scaffold*. Porositas *Scaffold* hidroksiapatit/alginat dan

Scaffold hidroksiapatit/alginat yang dihasilkan oleh penelitian ini masih dalam rentang nilai porositas yang menjadi syarat pada *Scaffold* untuk rekayasa jaringan tulang yaitu adalah 80-90%. Porositas yang besar meningkatkan adanya perlekatan sel yang lebih banyak karena menghasilkan area permukaan *Scaffold* yang lebih luas. Penelitian ini sesuai dengan AUFAN *et al.*, (2012) dimana hasil dari pengujian SEM menyatakan; pertama, berhasil didapatkannya *scaffold* dengan sifat porus menggunakan metode *Freeze Drying*/ karbonat apatit yang ditambahkan teramati keberadaannya pada permukaan *scaffold*.

Interaksi antar rantai polimer alginat berupa struktur *egg-box* yang kemungkinan hanya terjadi di permukaan *Scaffold* dapat berpengaruh pada sifat yang lain yaitu sifat mekanis dan biodegradasi. Hal ini karena *Scaffold* dengan tingkat *crosslink* yang tinggi atau terdapat lebih banyak struktur *egg-box* memiliki integritas mekanis *Scaffold* yang lebih baik dibanding *Scaffold* dengan tingkat *crosslink* yang rendah. Penggunaan alginat yang diekstrak dari spesies *Sargassum sp* menjadi perhatian tersendiri karena spesies tersebut merupakan spesies alga coklat yang banyak terdapat di perairan Indonesia. Hal tersebut dapat menekan biaya produksi dari persiapan material alginat dan meningkatkan pemanfaatan bahan alam dari dalam negeri.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil uji pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa *Scaffold* HAGP–Gelatin-Alginat rumput laut coklat (*sargassum sp*) menggunakan metode *Freeze Drying* pada variasi suhu pembekuan menghasilkan karakteristik morfologi dan porositas yang berbeda-beda. *Scaffold* HAGP – Gelatin-Alginat pada suhu pembekuan -60oC menghasilkan diameter pori yang lebih besar daripada *Scaffold* HAGP –Gelatin-Alginat pada suhu pembekuan -10oC. HAGP Gelatin-Alginat pada suhu 10⁰C memiliki hasil porositas lebih besar dibandingkan pada HAGP Gelatin-Alginat pada suhu 60°C.

SARAN

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini antara lain

- a. *Scaffold hydroxiapatite* gypsum puger dengan kombinasi alginat rumput lautcoklat (*sargassum sp*) sebagai *Bone Graft* dapat

diujikan in vivo agar peran dan fungsinya lebih dapat dipastikan manfaatnya.

b. Penelitian selanjutnya hendaknya menguji pengaruh perendaman *Scaffold* pada larutan yang dilakukan pada penelitian ini terhadap sifat-sifat *Scaffold* hidroksiapatit/alginat seperti sifat mekanis dan biodegradasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Murugan, Ramalingan., Ramakreshna seeram. Design Strategies Of Tissue Engineering Scaffolds With Controlled Fiber Orientation. PMID. 2007.7(12):4595-603.
2. Bariyah., Naim, Andries Pascawinata, Firdaus. Gambaran Karakteristik *Scaffold* Hidroksiapatit Gigi Manusia Dengan Metode Planetary Ball Mill Menggunakan Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM). FKG Universitas Baiturrahma. 2016
3. Milla Lalita El, Decky J. Indrani dan Bambang Irawan. Sintesis Dan Uji Porositas *Scaffold* Hidroksiapatit Alginat. *ODONTO Dental Journal*. 2018. 5(1): 24-45
4. *Scaffolds* of Chitosan- Graphene Oxide by the Freeze-Drying Method for Tissue Regeneration. *Molecules*. 2018. 3(10):2651. doi: 10.3390/molecules23102651.
5. Naini, dkk. Effect of Hydroxyapatite Gypsum Puger *Scaffold* Applied to Rat Alveolar Bone Socket on Osteoclasts, Osteoblasts and The Trabecular Bone Area. *Dental Journal*. 2019 52(1): 13-17
6. Hamrun, dkk. Physical Characteristic Test (Water Content and Viscosity) of extraction Sodium Alginate Brown Algae (*Phaeopyta*) Species *Padina* sp. As Basic Material For production Dental Impression Material. *Journal of Dentomaxillofacial Science* 2018. 3(2): 84-87
7. Rasyidah. Kelimpahan Lumut Kerak (*Lichens*) sebagai Bioindikator Kualitas Udara Di Kawasan Perkotaan Kota Meda. *Klorofil*. 2018. 1 (2): 88-92
8. Pujiastuti. Teknologi Pengawetan Buah Tomat Dengan Metode *Freeze Drying*. *METANA*. 2009. 6 (01): 20-29
9. Kim, J.H., Kim, R.H., Lee, J. and Chang, H.W. Hydrogeochemical Characterization of Major Factors Affecting the Quality of Shallow Groundwater in the Coastal Area at Kimje in South Korea. *Environmental Geology*. 2003. 44: 478-489. <https://doi.org/10.1007/s00254-003-0782-5>
10. Naini, Amiyatun, Ardhiyanto, Hengky Bowo dan Yustisia, Hengky Bowo. Sintesis dan karakterisasi Hidroksiapatit dari Limbah *Dental Gypsum* Tipe 2 Bahan Baku *Bone Graft*. *Proccedings Book Forkinas VI FKG UNEJ 14th-15th 2016*