

SINTESIS HIBRID KOMPOSIT SERBUK CANGKANG KEMIRI DAN HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG TELUR SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI TULANG

Mardiana
Universitas Negeri Makassar
mardiana12.id@gmail.com

***Subaer**
Universitas Negeri Makassar
subaer@unm.ac.id

Abdul Haris
Universitas Negeri Makassar
abd.haris@unm.ac.id

*Penulis Korespondensi

Naskah diajukan
20 April 2022
Naskah direvisi
26 Juli 2022
Naskah disetujui
11 Agustus 2022
Naskah dipublikasi
15 Agustus 2022

Abstrak - Penelitian ini mengkaji sintesis hibrid komposit berbahan dasar hidroksiapatit dari cangkang telur dan MgO dari serbuk cangkang kemiri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh penambahan MgO yang diekstraksi dari serbuk cangkang kemiri dengan variasi massa 0%, 10%, 20% dan 30% terhadap kekuatan mekanik dan struktur mikro hidroksiapatit yang disintesis dengan metode presipitasi. Sampel hibrid komposit disintesis dengan cara kedua bahan diaduk dengan gelatin sebagai perekatnya kemudian dipelet dan dipress selama 30 menit lalu dioven selama 2 jam pada suhu 110 °C. Hasil XRD yang diperoleh menunjukkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan dari segi fase kristal yang terbentuk. Struktur morfologi sampel hibrid komposit dengan penambahan serbuk cangkang kemiri sebesar 20% menunjukkan bahwa hidroksiapatit dan serbuk cangkang kemiri belum terjadi ikatan kimia, melainkan hanya terjadi ikatan mekanik. Struktur hibrid komposit yang dihasilkan dari FTIR menunjukkan bahwa puncak pada bilangan gelombang (cm^{-1}) untuk setiap spektrum sampel hibrid komposit tidak terjadi pergeseran pita serapan yang signifikan pada setiap sampel dan gugus fungsi yang terbentuk yaitu PO_4^{3-} , OH, C=O, CO_3^{2-} dan MgO. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur sampel hibrid komposit menunjukkan bahwa penambahan serbuk cangkang kemiri tidak membuat kekuatan mekanik hidroksiapatit lebih baik jika dibandingkan dengan tanpa penambahan serbuk cangkang kemiri.

Kata Kunci : Hibrid komposit, Hidroksiapatit, cangkang kemiri, MgO

Abstract – This study reviews the synthesis of hybrid composites made from hydroxyapatite from eggshell and MgO from candlenut shell powder. The purpose of this study was to investigate the effect of addition of MgO extracted from candlenut shell powder with mass variations of 0%, 10%, 20% and 30% on the mechanical strength and microstructure of hydroxyapatite synthesized by precipitation method. The composite hybrid sample was synthesized by mixing the two ingredients with gelatin as the adhesive, then pelleted and pressed for 30 minutes and then in the oven for 2 hours at 110 °C. The XRD results obtained showed that there was no significant difference in terms of the crystalline phase formed. The morphological structure of the composite hybrid sample with the addition of 20% candlenut shell powder indicates that the hydroxyapatite and candlenut shell powder have not yet chemically bonded, but only a mechanical bond has occurred. The composite hybrid structure resulting from FTIR shows that the peak in the wave number (cm^{-1}) for each composite hybrid sample spectrum does not have a significant shift in the absorption band in each sample and the functional groups formed are PO_4^{3-} , OH, C=O, CO_3^{2-} and MgO. Tests on the compressive strength and flexural strength of the composite hybrid sample showed that the addition of candlenut shell powder did not improve the mechanical strength of hydroxyapatite when compared to without the addition of candlenut shell powder.

Keywords : Hybrid composite, Hydroxyapatite, candlenut shell, MgO

A. PENDAHULUAN

Tulang adalah bagian tubuh manusia yang sangat penting dan berfungsi sebagai alat gerak. Jika tulang rusak, maka aktivitas tubuh akan terhambat. Kenyataannya, kerusakan tulang banyak terjadi di dunia termasuk di Indonesia. Kerusakan tulang di Indonesia dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya seperti faktor usia, pola makan yang tidak sehat, merokok, kekurangan vitamin D, kebiasaan sikap tubuh yang salah, tumor serta saat ini maraknya terjadi kecelakaan dan bencana alam. Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO) tahun 2011-2012 terdapat 1,3 juta orang menderita patah tulang akibat kecelakaan lalu lintas. Menurut Depkes RI 2011 dari sekian banyak kasus kerusakan tulang di Indonesia faktor kecelakaan memiliki faktor yang paling tinggi yaitu 46,2 % (Noorisa dkk 2017). Adapun upaya untuk memperbaiki tulang yang rusak dapat dilakukan dengan penambahan biomaterial atau pengganti tulang. Salah satu contoh biomaterial yang dapat digunakan yaitu hidroksiapatit dari cangkang telur.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistika (BPS) Indonesia pada tahun 2017 (Statistik Subdirektorat Pariwisata, 2018), konsumsi telur ayam di Indonesia dapat mencapai 7,46 miliar butir dalam setahun (Hutabarat et al., 2019). Banyaknya produksi telur akan menghasilkan 11% kulit telur dari total keseluruhan berat telur dan mengandung sekitar 91% CaCO_3 (Chakraborty, 2016). Pembuangan kulit telur merupakan limbah yang dapat mencemari lingkungan dan bau yang dihasilkan pun menjadi tempat hinggapnya lalat ataupun bakteri lainnya yang dapat mengganggu ketenangan masyarakat. Oleh sebab itu, diperlukan adanya solusi untuk mengurangi limbah tersebut dan salah satu yang bisa dilakukan adalah dengan memodifikasinya menjadi produk yang bermanfaat yaitu sebagai bahan biomaterial hidroksiapatit.

Hidroksiapatit (HAp) dengan rumus kimia $(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2)$ merupakan material bioaktif yang memiliki struktur heksagonal, mengandung mineral penting dalam tulang manusia yang terdiri dari kalsium dan fosfor (Pandharipande, 2016). Hidroksiapatit banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, menurut Saleha, dkk (2015) selain berfungsi menyerap logam berat, hidroksiapatit bersifat biokompatibel dan dapat diterima jaringan tubuh sehingga menjadikan material ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biomaterial.

Hidroksiapatit telah banyak dimanfaatkan dalam biomedis seperti dental implan (Saleha et al., 2015), Glass ionomer cement (Mawadara et al., 2016), anti bakteri (Gayathri et al., 2018) dan regenerasi tulang karena mempunyai sifat bioaktif dan biodegradable. Selain itu, hidroksiapatit juga banyak digunakan sebagai katalis dan adsorben karena memiliki struktur yang berpori (Azis et al., 2018). Namun hidroksiapatit memiliki beberapa kekurangan yaitu rapuh dan kekuatan mekanik rendah (Yuliani, 2018), tidak bersifat osteoinduktif dan ketidakstabilan struktur pada saat bercampur dengan cairan tubuh atau darah pasien (Darwis & Warastuti, 2008). Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan solusi yaitu dibuat menjadi komposit hibrid dengan material lain seperti serbuk cangkang kemiri untuk memperkuat sifat mekanik dari hidroksiapatit tersebut.

Komposit hibrida adalah material serbaguna yang terdiri dari material organik-anorganik (Saleha *et al.*, 2017). Pencampuran sejumlah fase yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu matriks (sebagai pelindung filler) dan filler (sebagai penguat dari matriks) akan menghasilkan komposit (Gibson, 2011). Dalam penelitian ini akan dibuat komposit dimana hidroksiapatit sebagai matriks dan MgO yang diekstraksi dari serbuk cangkang kemiri sebagai filler.

MgO merupakan bahan keramik yang sangat baik (Alvionita dan Astuti, 2017) dan magnesium merupakan salah satu unsur yang terdapat pada tulang yang memiliki karakteristik mekanik yang baik (Demirkol *et al.*, 2012). Sehingga perlu dilakukan kalsinasi terhadap serbuk cangkang kemiri untuk menghasilkan MgO. Selain itu, limbah cangkang kemiri belum begitu banyak dimanfaatkan, terutama dalam bidang teknologi bahan.

B. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental murni dan bersifat laboratories yang mengarah pada pengembangan material pengganti tulang menggunakan bahan dasar hidroksiapatit dari cangkang telur dan dikompositkan dengan MgO yang diekstraksi dari serbuk cangkang kemiri.

Cangkang kemiri yang digunakan sebagai *filler* (penguat) dibersihkan terlebih dahulu dari sisa-sisa kemiri kemudian digerus menjadi serbuk lalu dikalsinasi selama 6 jam untuk menghasilkan MgO yang kemudian akan dicampurkan dengan hidroksiapatit yang disintesis dari bahan dasar cangkang telur.

Larutan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dibuat dengan cara CaO 56 gram dilarutkan dalam larutan HNO_3 81 ml kemudian ditambahkan H_2O 19 ml, selanjutnya larutan H_3PO_4 28,5 ml ditambahkan H_2O 71,5 ml kemudian diaduk hingga homogen. Hidroksiapatit disintesis dengan cara Larutan H_3PO_4 ditambahkan sedikit demi sedikit kedalam larutan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ sambil diaduk dengan kecepatan 300 rpm dan suhu konstan 40 °C. Larutan kemudian diaduk tanpa pemanasan selama 30 menit setelah larutan fosfat habis direaksikan. Menambahkan NH_4OH hingga PH menjadi 10 kemudian didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, disaring dan dikeringkan dengan oven selama 5 jam pada suhu 110 °C atau hingga kering lalu disintering dalam furnace selama 6 jam pada suhu 750 °C.

Hibrid komposit disintesis dengan variasi serbuk cangkang kemiri (SCK) 0%, 10%, 20% dan 30%. HA dan SCK dicampur kemudian dieratkan dengan gelatin yang telah diencerkan dengan H_2O . Setelah itu, dimasukkan ke dalam cetakan pellet lalu ditekan selama 30 menit dan dioven selama 2 jam atau hingga kering. Sebelum dilakukan pengujian, sampel didiamkan pada suhu ruang selama 7 hari.

Karakterisasi dan pengujian terhadap sampel hibrid komposit serbuk cangkang kemiri – hidroksiapatit yang dilakukan yaitu :

Karakterisasi sifat struktur (mikro, kristal dan gugus fungsi) menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Untuk

menguji kekuatan mekanik sampel, dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur. Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$C = \frac{P}{A} \quad (1)$$

C = Kekuatan tekan (MPa), P = Beban total hingga sampel retak (N), dan A = Luas Permukaan sampel yang ditekan (mm²).

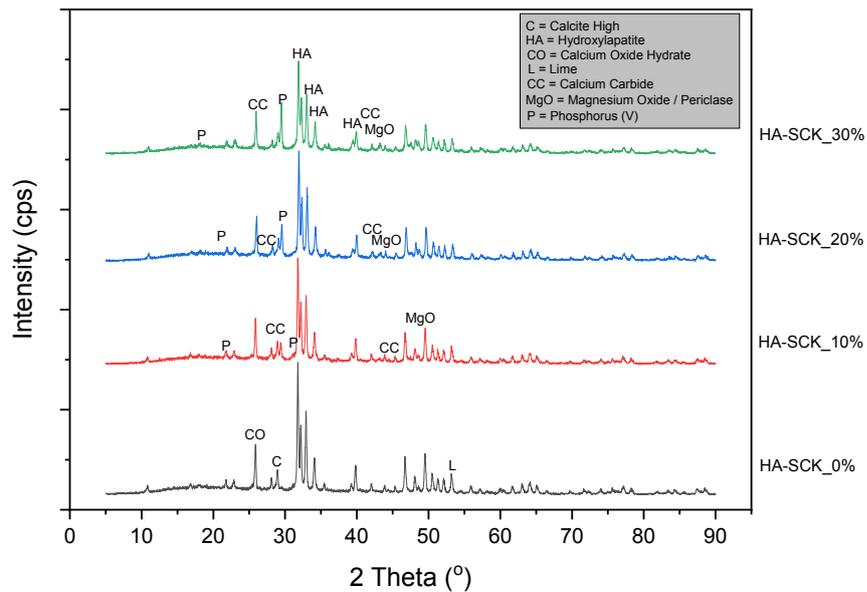
$$\sigma_p = \frac{3P \cdot L}{2b \cdot d^2} \text{ (MPa)} \quad (2)$$

σ_p = Kuat lentur benda uji berbentuk balok (MPa), P = Besar beban saat pecah (N), b = Lebar rata-rata benda uji (cm), d = Tebal rata-rata benda uji (cm), dan L = Jarak antara kedua tumpuan (cm).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD) dilakukan untuk mengetahui komposisi fasa dan derajat kristalinitas dari sampel.



Gambar 1. Difraktogram Hibrid Komposit dengan variasi serbuk

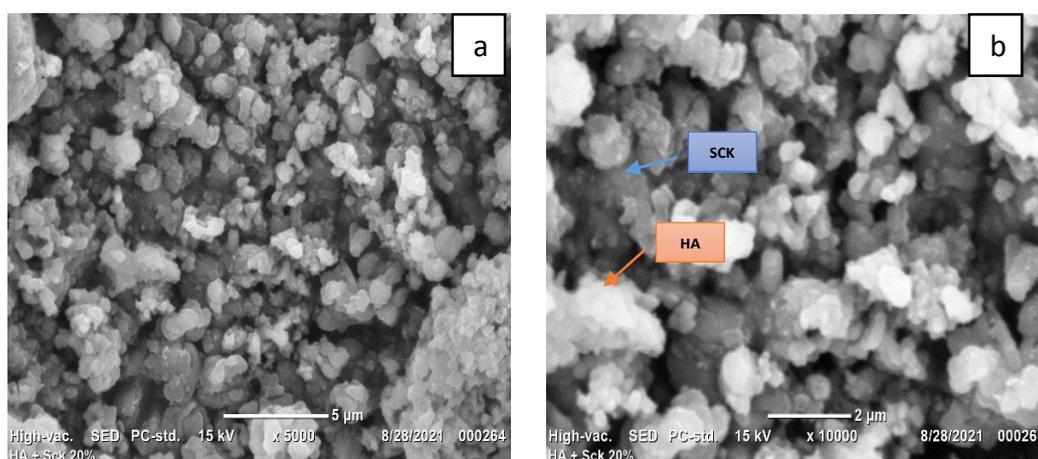
Gambar 1. menunjukkan hasil analisis XRD hibrid komposit dengan penambahan serbuk cangkang kemiri sebesar 0%, 10%, 20 % dan 30%. Terdapat perbedaan yang tidak signifikan antara sampel yang ditambahkan dan tanpa serbuk cangkang kemiri. Terlihat bahwa terbentuk pola kristal untuk setiap sampel dan terjadi pergeseran puncak sudut 2-theta yang tidak signifikan. Seiring dengan penambahan serbuk cangkang kemiri terdapat fase Magnesium Oxide, Calcium Carbide dan Phosphorus (V) Oxide serta menghilangkan fase yang lain yaitu fase Calcite, Calcium Oxide Hydrate dan Lime atau CaO.

Sampel pertama tanpa penambahan serbuk cangkang kemiri atau yang diberi nama HA+SCK 0% memiliki kandungan hidroksiapatit sebesar 90 wt%, Ca(CO)₃ 8 wt%, CaO₂(H₂O)₈ 0,3 wt% dan

CaO 1,50 wt%. Sedangkan sampel kedua dengan penambahan serbuk cangkang kemiri sebanyak 10 % memiliki kandungan hidroksiapatit yang meningkat yaitu sebesar 99 wt%, MgO 1,17 wt%, CaC₂ 0,02 wt% dan P₂O₅ 0,1 wt%. Sampel ketiga dengan penambahan serbuk cangkang kemiri 20% kandungan hidroksiapatit menurun menjadi 96 wt%, MgO 4 wt%, CaC₂ 0,3 wt% dan P₂O₅ 0,4 wt%. Adapun untuk sampel yang terakhir dengan penambahan serbuk cangkang kemiri 30% memiliki kandungan hidroksiapatit menurun yaitu 87 wt%, MgO 1,36 wt%, CaC₂ 11 wt% dan P₂O₅ 0,6 wt%. Hal ini menunjukkan semakin banyak penambahan serbuk cangkang kemiri, maka semakin menurun fase Hidroksiapatit dan fase MgO semakin meningkat. Akan tetapi, untuk sampel keempat dengan penambahan serbuk cangkang kemiri 30% fase MgO menurun menjadi 1,36 wt%. Hal ini kemungkinan terjadi karena komposisi fase MgO yang diekstraksi dari serbuk cangkang kemiri sebelum disintesis kurang dari 12% atau lebih sedikit dari hasil ekstraksi pertama.

2. Karakterisasi *Scanning Electron Microcopy* (SEM)

Karakterisasi *Scanning Electron Microcopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi sampel, struktur mikro permukaan material (termasuk porositas dan pembentukan retakan) dan antar muka (interface) antara agregat – matriks. Pencitraan SEM dilakukan dengan perbesaran 5000x dan 10000x seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



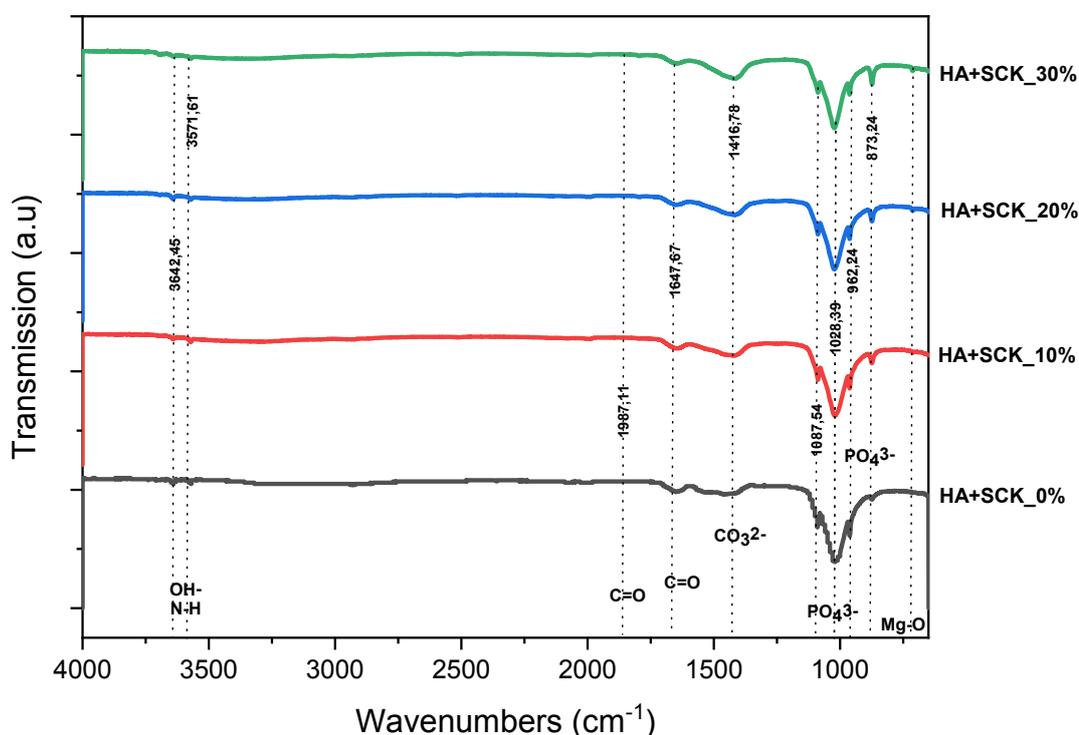
Gambar 2. Hasil Karakterisasi SEM HA+SCK 20% dengan, (a) perbesaran 5000x; (b) 10000x

Hasil karakterisasi SEM hibrid komposit yaitu HA+SCK 20% menunjukkan bahwa HA dan SCK telah membentuk ikatan mekanik, dimana partikelnya terlihat kecil dan tidak beraturan. Pada gambar terlihat bahwa HA yang berwarna putih dan SCK yg berwarna kecoklatan telah berikatan. Walaupun terlihat pada Gambar 2. hidroksiapatit dan serbuk cangkang kemiri tidak terjadi ikatan kimia melainkan hanya terjadi ikatan mekanik, dimana partikel MgO dan HA terpisah tidak berbentuk homogen. Hal ini disebabkan karena tingkat kemurnian MgO yang diekstraksi dari serbuk cangkang kemiri yang diperoleh berdasarkan hasil karakterisasi XRD hanya 12%.

Pada penelitian ini, hidroksiapatit dan serbuk cangkang kemiri yang dihasilkan memiliki permukaan yang tidak rata, namun tidak terdapat permukaan yang memiliki tepi yang runcing dan tajam menyerupai bentuk jarum. Hal ini menunjukkan morfologi hidroksiapatit dan serbuk cangkang kemiri yang disintesis pada penelitian ini tidak membahayakan bagi tulang. Implan dengan tepi yang tajam dapat melukai jaringan lunak disekelilingnya sehingga dapat terjadi peradangan (Dorokhzin, 2010) (Cahyaningrum & Herdyastuti, 2017).

3. Karakterisasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Analisis FTIR digunakan untuk mendeteksi ikatan kimia dan gugus fungsi serta mengidentifikasi senyawa yang ada dalam sampel hibrid komposit. Berikut ini hasil analisis FTIR dari hidroksiapatit tanpa dan dengan serbuk cangkang kemiri.



Gambar 3. Spektrum FTIR hidroksiapatit dengan variasi serbuk cangkang kemiri

Gambar 3. menunjukkan bahwa pita serapan tidak mengalami pergeseran bilangan gelombang yang signifikan ketika ditambahkan serbuk cangkang kemiri. Gugus fungsi untuk setiap sampel hibrid komposit yang terbentuk yaitu gugus PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , Mg-O, C=O dan OH.

Spektrum FTIR HA dari cangkang telur + SCK (0%, 10%, 20% dan 30%) pada Gambar 3. menunjukkan pita serapan vibrasi ulur OH^- dan N-H di bilangan gelombang (dalam cm^{-1}) : 2929,70 ; 3571,59 dan 3642,87 (SCK 0%), 2932,77 ; 3294,19 ; 3571,88 dan 3641,93 (SCK 10%), 3306,54 ; 3571,52 dan 3642,45 (SCK 20%) , 3343,28 ; 3571,61 dan 3642,37 (SCK 30%), vibrasi ulur asimetri PO_4^{3-} di 1087,25 ; 1020 (SCK 0%). 1087,54 ; 1015,38 (SCK 10%), 1087,49 ; 1028,39 (SCK 20%), 1087,66 ; 1031,29 (30%), vibrasi ulur simetri PO_4^{3-} di 962,09 dan 873,52 (SCK 0%), 962,19 dan 873,73 (SCK 10%), 962,24 dan 873,76 (SCK 20%), 962,35 dan 873,24 (SCK 30%). Serapan vibrasi PO_4^{3-} dan OH merupakan serapan karakteristik hidroksiapatit (Mollazadeh *et al.*, 2007). Selain itu,

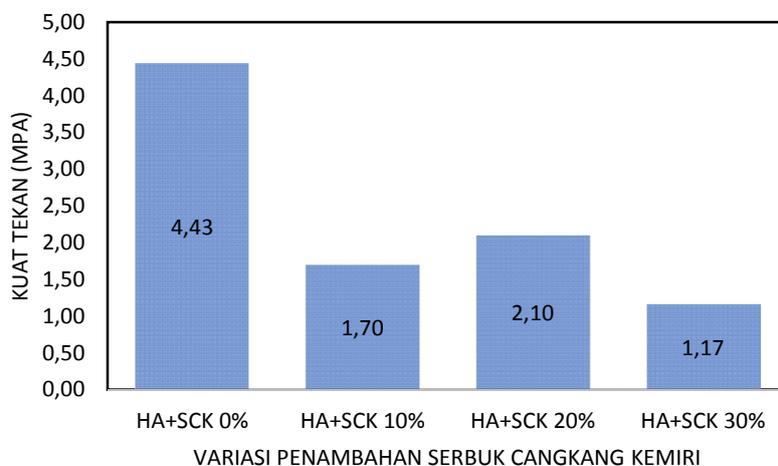
terlihat pula vibrasi CO_3^{2-} pada bilangan gelombang 1456,65 ; 1417,76 ; 1417,87 ; 1416,78 cm^{-1} . Vibrasi CO_3^{2-} menunjukkan bahwa CaCO_3 masih tersisa di dalam serbuk hidroksiapatit (Monica, 2015). Dari spektra IR terlihat bahwa gugus fosfat terdeteksi paling dominan. Hasil ini menunjukkan tingkat kemurnian hidroksiapatit yang sangat tinggi, walaupun masih terdapat gugus karbonat sebagai kalsium karbonat dalam jumlah yang sangat kecil (*trace elemen*) (Darwis & Warastuti, 2008).

Keberadaan gelatin sebagai perekat tidak menggeser bilangan gelombang pada spektrum, menunjukkan bahwa gelatin tidak berpengaruh terhadap serapan HA. Akan tetapi, terlihat pada Gambar 3. bahwa terdapat pita serapan vibrasi gelatin yang berupa polimer asam amino dengan gugus fungsi utama C=O dan N-H. Hal ini terlihat dari intensitas transmittans vibrasi ulur OH- sedikit lebih kecil atau serapannya sedikit lebih besar disebabkan karena pita serapan OH- yang tumpang tindih dengan pita serapan NH gelatin. Pita serapan vibrasi ulur C=O asam yang berasal dari asam amino gelatin teramati pada 1647,19 ; 1988,45 ; 1647,02 ; 1987,11 ; 1647,67 1988,89 ; 1647,62 ; 1793,49 dan 1993,23 cm^{-1} . Serapan C=O dan N-H menunjukkan bahwa gelatin tidak hilang pada proses sintesis sampel hibrid komposit. Gelatin tidak hilang karena setelah ditambahkan ke dalam HAp, larutan tidak lagi dipanaskan sehingga gelatin tidak menguap (Monica, 2015).

Penambahan serbuk cangkang kemiri dalam hidroksiapatit menyebabkan munculnya vibrasi gugus MgO (dalam cm^{-1}) pada 712,61 (SCK 0%), 712,61 (SCK 10%), 712,60 (SCK 20%), 712,55 dan 660,48 (SCK 30%). Hal ini menunjukkan bahwa telah adanya serbuk cangkang kemiri dalam hidroksiapatit untuk setiap spektrum sampel hibrid komposit yang telah disintesis.

4. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada sampel dengan 4 komposisi yaitu HA+SCK 0%, HA+SCK 10%, HA+SCK 20% dan HA+SCK 30%. Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu sampel didiamkan selama 1 pekan atau 7 hari. Berikut adalah hasil pengujian sampel hibrid komposit dari empat komposisi.



Gambar 4. Diagram batang hasil kuat tekan keempat sampel hibrid komposit hidroksiapatit dengan variasi penambahan serbuk cangkang kemiri 0%, 10%, 20% dan 30%.

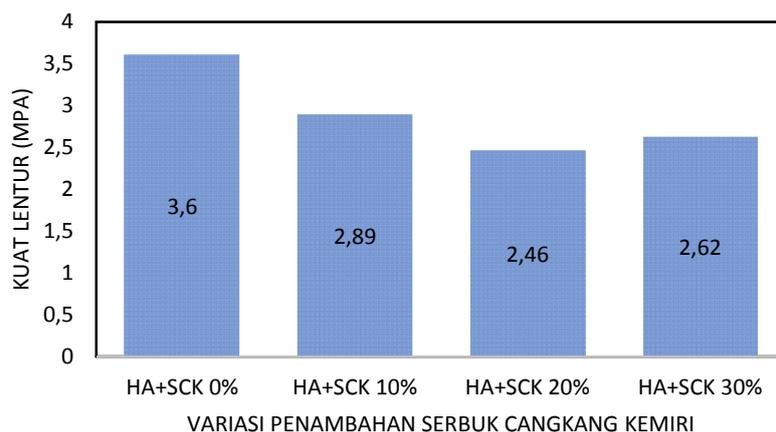
Pengujian kekuatan tekan sampel dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan dalam menahan beban hingga retak. Sampel hibrid komposit diuji setelah berusia 1 pekan atau 7 hari. Gambar 4. menunjukkan bahwa penambahan serbuk cangkang kemiri dengan variasi 0%, 10%, 20% dan 30% memiliki pengaruh terhadap kuat tekan hidroksiapatit. Pada gambar diperoleh kuat tekan paling rendah terdapat pada sampel HA+SCK 30% sebesar 1,17 MPa. Kuat tekan sampel HA+SCK 10% sebesar 1,70 MPa, sampel HA+SCK 20% sebesar 2,10 MPa dan kuat tekan maksimum terdapat pada sampel HA+SCK 0% sebesar 4,43 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak serbuk cangkang kemiri yang ditambahkan, maka semakin besar nilai kuat tekan hidroksiapatit seperti yang terlihat pada hasil uji sampel HA+SCK 10% dan HA+SCK 20%. Hasil uji kuat tekan pada sampel HA+SCK 30% menurun. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena berdasarkan hasil karakterisasi XRD fase MgO yang terdapat pada sampel HA+SCK 30% menurun yaitu 1,36% atau lebih sedikit dari sampel HA+SCK 20% yaitu 4%.

Selain itu, kekuatan tekan juga dipengaruhi oleh interaksi antarmuka antara matriks dan *filler*, yaitu hidroksiapatit dan serbuk cangkang kemiri. Penurunan kekuatan tekan akibat peningkatan jumlah serbuk cangkang kemiri, kemungkinan diakibatkan adanya serbuk cangkang kemiri yang tidak berinteraksi dengan hidroksiapatit. Hal tersebut seiring dengan penelitian Dewi (2009), bahwa penurunan kuat tekan menunjukkan adanya kitosan yang berlebih dalam komposit (Indriani et al., 2014).

Menurut Demirkol et al., 2012, penambahan zat aditif MgO dapat meningkatkan kekuatan mekanik (kuat tekan) hidroksiapatit. Adapun dalam penelitian ini nilai kuat tekan lebih tinggi diperoleh pada sampel HA+SCK 0% atau sampel tanpa penambahan serbuk cangkang kemiri, yang menunjukkan hasil tidak sesuai dengan teori. Hal ini kemungkinan disebabkan karena sampel hibrid komposit yaitu hidroksiapatit dan serbuk cangkang kemiri belum terjadi ikatan kimia melainkan hanya terjadi ikatan mekanik seperti terlihat pada Gambar 2. hasil karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*) hibrid komposit.

5. Kuat Lentur

Uji kekuatan lentur merupakan salah satu pengujian kekuatan mekanik yang penting dilakukan untuk mengetahui seberapa lentur atau elastis sampel yang diuji. Dalam penelitian ini, ada 4 komposisi sampel yang diuji yaitu hidroksiapatit yang ditambahkan serbuk cangkang kemiri sebanyak 0%, 10%, 20% dan 30%. Sebelum dilakukan pengujian, sampel didiamkan terlebih dahulu selama 1 pekan atau 7 hari.



Gambar 5. Diagram batang hasil kuat lentur keempat sampel hibrid komposit dengan variasi penambahan serbuk cangkang kemiri 0%, 10%, 20% dan 30%.

Bentuk pengujian kekuatan mekanik lain yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji kuat lentur. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa lentur atau elastis sampel hibrid komposit jika diberikan beban. Nilai kuat lentur keempat sampel berturut-turut yaitu 3,6 MPa, 2,89 MPa, 2,46 MPa dan 2,62 MPa.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 5, menunjukkan bahwa penambahan serbuk cangkang kemiri berpengaruh terhadap penurunan kuat lentur hidroksiapatit. Terlihat semakin banyak penambahan serbuk cangkang kemiri dalam hidroksiapatit, maka semakin rendah nilai kekuatan lenturnya sampai pada komposisi SCK 20% kemudian semakin ditambahkannya serbuk cangkang kemiri hingga 30% kuat lentur hidroksiapatit naik sebanyak 0,16 MPa. Hal ini kemungkinan disebabkan karena sampel yang bentuknya tidak merata ketika diberi gaya pada titik tengah sampel bergeser sedikit sehingga pembacaan pengukuran tidak tepat. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini tidak sesuai dengan teori. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh ikatan antarmuka yang buruk antara matriks dan pengisi yang mengakibatkan pemindahan tegangan dari matriks ke pengisi menjadi kurang efektif (Marco et al., 2011). Hal ini sesuai dengan Gambar 2. hasil karakterisasi SEM hibrid komposit dengan komposisi serbuk cangkang kemiri 20%, dimana dalam gambar terlihat ikatan antara hidroksiapatit dan serbuk cangkang kemiri belum terbentuk ikatan kimia melainkan hanya terbentuk ikatan mekanik.

Berdasarkan analisis hasil uji kuat tekan, sampel HA+SCK 0% dan HA+SCK 20% termasuk dalam *range* nilai kuat tekan tulang *cancellous* yaitu 2-12 MPa, tetapi belum memenuhi *range* nilai kuat tekan tulang kortikal yaitu 100-230 MPa (Ficai et al., 2011). Dalam hal ini, dapat dikatakan bahwa berdasarkan hasil uji kuat tekan dengan komposisi tertentu kemungkinan dapat diaplikasikan dalam bidang medis sebagai material pengganti kerusakan tulang yang pengaplikasiannya terbatas yaitu hanya sebagai pelapis implan dan substitusi kerusakan tulang yang lunak seperti tulang *cancellous*. Akan tetapi, berdasarkan hasil uji kuat lentur baik yang ditambahkan maupun tanpa

penambahan serbuk cangkang kemiri belum memenuhi *range* nilai kuat lentur tulang *cancellous* yaitu 10-20 MPa (Ficai *et al.*, 2011).

D. SIMPULAN

1. Struktur mikro Hibrid Komposit diperoleh dari data hasil XRD, SEM dan FTIR. Hibrid komposit membentuk struktur kristal yang menunjukkan bahwa adanya fase Hidroksiapatit, Calcite, Calcium Oxide Hydrate, dan Lime tetapi di komposisi tertentu (10%, 20%, 30%) serbuk cangkang kemiri terdapat beberapa fase yang hilang dan menambah fase lain yaitu Magnesium Oxide, Calcium Carbide, dan Phosphorus (V) oxide dengan konsentrasi kandungan yang berbeda. Struktur morfologi dari sampel pada penambahan serbuk cangkang kemiri sebesar 20% menunjukkan bahwa hidroksiapatit dan serbuk cangkang kemiri belum terjadi ikatan kimia, melainkan hanya terjadi ikatan mekanik. Karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa puncak pada bilangan gelombang (cm^{-1}) untuk setiap spektrum sampel hibrid komposit tidak terjadi pergeseran pita serapan yang signifikan pada setiap sampel dan gugus fungsi yang terbentuk yaitu PO_4^{3-} , OH, CO_3^{2-} , C=O dan MgO.
2. Pengaruh penambahan serbuk cangkang kemiri terhadap sifat mekanik hidroksiapatit yaitu semakin banyak penambahan serbuk cangkang kemiri kedalam hidroksiapatit, maka kuat tekan hidroksiapatit semakin meningkat dan kuat lentur menurun. Akan tetapi, kekuatan mekanik tanpa penambahan serbuk cangkang kemiri lebih baik dibandingkan dengan penambahan serbuk cangkang kemiri.
3. Komposisi sampel hibrid komposit dengan penambahan serbuk cangkang kemiri sebanyak 20% dengan kekuatan tekan yang diperoleh sebesar 2,10 MPa kemungkinan dapat diaplikasikan dalam bidang medis sebagai material pengganti kerusakan tulang, yaitu hanya sebagai pelapis implan dan substitusi kerusakan tulang yang lunak seperti tulang *cancellous*. Akan tetapi, berdasarkan uji kekuatan lentur belum memenuhi untuk dapat dijadikan pengganti kerusakan tulang *cancellous*.

DAFTAR RUJUKAN

- Alvionita, N., & Astuti, A. (2017). Sintesis Nanopartikel Magnesium Oksida (MgO) dengan Metode Presipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 6(1), 89–92. <https://doi.org/10.25077/jfu.6.1.89-92.2017>
- Azis, Y., Adrian, M., Alfarisi, C. D., Khairat, & Sri, R. M. (2018). Synthesis of hydroxyapatite nanoparticles from egg shells by sol-gel method. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 345(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/345/1/012040>
- Cahyaningrum, P. D. S. E. M. S., & Herdyastuti, D. N. M. S. (2017). *Pengembangan Biomaterial Kolagen Hidroksiapatit Kitosan Untuk Restorasi Jaringan Tulang (Bone Graft)*. November, 1–36.
- Chakraborty, M. A. P. (2016). Chicken Eggshell as Calcium Supplement Tablet. *International*

- Journal of Science, Engineering and Management (IJSEM), 1Chakrabor(5), 45–49.*
- Darwis, D., & Warastuti, Ye. (2008). Sintesis dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit (HA) sebagai Graft Tulang Sintetik. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 4(2), 143–153.
- Demirkol, Nermin., Meydanoglu, Onur., Gokee, Hwan *et al.* 2012. *Comparison of Mechanical Properties of Sheep Hydroxyapatite (SHA) and Commercial Synthetic Hydroxyapatit (CHSA)-MgO Composite*. Switzerland: Trans-Tech Publication.
- Ficai, A., Andronescu, E., Voicu, G., Ficai, D., 2011. *Advances in Collagen/Hidroxyapatite Composite Materials*. Politehnica University of Bucharest, Faculty of Applied Chemistry and Materials Science. Romania.
- Gayathri, B., Muthukumarasamy, N., Velauthapillai, D., & Santhosh, S. B. (2018). Magnesium incorporated hydroxyapatite nanoparticles : Preparation , characterization , antibacterial and larvicidal activity. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(5), 645–654. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.05.010>
- Gibson R.F. 2011. *Principles of Composite Material Mechanics*. 3rd Third Edition . CRC Press.
- Hutabarat, G. S., Qodir, D. T., Setiawan, H., Akbar, N., & Noviyanti, A. R. (2019). Sintesis Komposit Hidroksiapatit-Lantanum Oksida (HA-La₂O₃) dengan Metode Hidrotermal secara In-Situ dan Ex-Situ. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15(2), 287. <https://doi.org/10.20961/alchemy.15.2.32062.287-301>
- Indriani, A., Aminatun, & Siswanto. (2014). Upaya Meningkatkan Kuat Tekan Komposit Ha-Kitosan Sebagai Kandidat Aplikasi Implan Tulang Kortikal. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 1–15.
- Marco Valente., Fabrizio Sarasini., Francesco Marra., Jacopo Tirilló., Giovanni Pulci, Hybrid Recycled Glass Fiber / Wood Flour Thermoplastic Composites: Manufacturing and Mechanical Characterization, *Composites: Part A*, 42, hal 649-657, 2011.
- Mawadara, P. A., Mozartha, M., & K, T. (2016). Pengaruh Penambahan Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam Terhadap Kekerasan Permukaan GIC. *Jurnal Material Kedokteran Gigi*, 5(2), 8. <https://doi.org/10.32793/jmkg.v5i2.247>
- Monica, S. (2015). *Sintesis dan Pencirian Komposit Hidroksiapatit-Gelatin dengan Presipitasi Basah Secara In-Situ dan Ex-Situ*.
- Noorisa, R., Apriliwati, D., Aziz, A., & Bayusentono, S. (2017). The Characteristic Of Patients With Femoral Fracture In Department Of Orthopaedic And Traumatology RSUD Dr. Soetomo Surabaya 2013-2016. *Journal of Orthopaedi & Traumatology Surabaya*, 6(1), 210093.
- Pandharipande, P. S. L. (2016). Synthesis of Hydroxyapatite from egg shell and preparation of bone like Bio-composites using it. *International Journal of Advanced Information Science and Technology (IJAIST)*, 52(52), 36–47. <https://doi.org/10.15693/ijaist/2016.v52i52.36-47>
- Saleha, Halik, M., Annisa, N., Sudirman, & Subaer. (2015). Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite from Calcium Oxide (CaO) Nanoparticles Eggshell for Dental Implant Applications. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng & DIY*, 3, 124–127.

- Saleha, Riska, A., Makmur, A. N., Ansar, F., & Subaer. (2017). *A Study of Hybrid Composite Hydroxyapatite (HA) -Geopolymers as a Material for Biomedical Application A Study of Hybrid Composite Hydroxyapatite (HA) -Geopolymers as a Material for Biomedical Application. January.* <https://doi.org/10.1051/mateconf/20179701016>
- Yuliani, N. S. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam Serta Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Mekanik Hidroksiapatit. *Skripsi Sarjana Kimia, Universitas Sriwijaya.*