

## Karakterisasi Variasi Biokomposit [ $\text{CaCO}_3$ : Bioplastik /Corn Starch] Terhadap Sifat Mekanis dan Mikrostruktur

Agris Setiawan<sup>1\*</sup>, Margaretha Tri Budi Yuliana<sup>2</sup>

<sup>1,2)</sup> Teknik Metalurgi, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

\*Email: [agrissetiawan@upnyk.ac.id](mailto:agrissetiawan@upnyk.ac.id)

### ABSTRACT

The presence limestone can be used as biomaterial for bone support.  $\text{CaCO}_3$  as matrix biocomposite and bioplastic as reinforce. This work aimed to study the effect of suspension  $\text{CaCO}_3$  and corn starch as bioplastic in mechanical properties such as tensile strength, flexural strength, shrinkage and also microstructure. The ratio composition of suspension  $\text{CaCO}_3$  : Corn Starch namely is 20:80 (w/w)%, 30:70 (w/w)%, 40:60 (w/w)%, 50:50 (w/w)%. The dimensions of the tensile test specimen are in accordance with the ASTM D638 type 4 standard, and the dimensions of the flexural test specimen are in accordance with the ASTM D790 standard. Samples are given codes such as specimen A code for composition 20:80 (w/w)%, specimen B code for composition 30:70 (w/w)%, specimen C code for composition 40:60 (w/w)%, and specimen code D for composition 50:50 (w/w)%. Based on the results of the shrinkage measurement, it showed that specimen B had the highest average shrinkage value of  $18 \pm 0.011\%$  for the tensile test specimen, and  $16 \pm 0.022\%$  for the flexural test specimen. The results of the tensile test and flexural test also showed that specimen B had the highest average value, namely the ultimate tensile strength of  $0.11 \pm 0.015$  MPa and flexural strength of  $0.02 \pm 0.012$  MPa. Meanwhile, from the microstructure test, namely SEM-EDX, the results were in the form of a spheroid-shaped specimen morphology and the dominant elements contained in the specimen were C, N, O, and Ca.

**Keywords:** Biocomposite, Tensile Strength, Flexural Strength,  $\text{CaCO}_3$ , Corn Starch.

### PENDAHULUAN

Batu kapur merupakan salah satu potensi batuan yang banyak terdapat di Indonesia. Pegunungan kapur di Indonesia menyebar dari barat ke timur mulai dari pegunungan di Jawa Tengah hingga ke Jawa Timur, Madura, Sumatra dan Irian Jaya [1]. Batu kapur dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, pembasmi hama, pupuk, fluk dalam pembuatan keramik, dan juga dalam dunia kesehatan yaitu sebagai biomaterial. Biomaterial adalah material sintetis yang mengalami kontak langsung dengan sistem biologis pada makhluk hidup sehingga material tersebut diharuskan memiliki persyaratan seperti tidak menimbulkan pengaruh buruk pada tubuh [2]. Aplikasi penggunaan biomaterial sering digunakan untuk aplikasi medis seperti plat penyambung tulang [3]. Salah satu biomaterial buatan yang digunakan untuk plat penyambung tulang adalah biokomposit. Biokomposit dapat terbentuk dari kombinasi biokeramik dan bioplastik. Biokeramik adalah keramik yang digunakan untuk kesehatan tubuh dan gigi pada manusia [4]. Salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan biokeramik adalah kalsium karbonat. Bioplastik merupakan plastik yang dapat diterima oleh tubuh manusia. Bioplastik dapat dikembangkan dari bahan bahan alami dan sumber daya terbarukan [5]. Salah satu bahan yang digunakan untuk pembuatan bioplastik adalah *corn starch* [6]. Sebelum diaplikasikan dalam teknologi implantasi tulang, kita harus mengetahui komposisi yang tepat antara bioplastik dan biokeramik supaya plat penyangga tulang tersebut memiliki sifat mekanik yang kuat sehingga dilakukan pengujian tarik dan bending. Selain itu dilakukan juga uji SEM – EDX guna mengetahui morfologi penampang dan unsur yang terkandung dalamnya.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah mensintesis biokomposit dari nano hidroksiapatit dan bioplastik pati dengan rasio yang bervariasi [7]. Hasil penelitian Agris Setiawan, dkk (2016) menunjukkan bahwa variasi biokomposit mempengaruhi nilai kekuatan tarik dan bendingnya [8][9]. Perbedaan dengan penelitian ini yaitu bahan yang digunakan. Dalam penelitian Agris Setiawan digunakan bahan berupa HA (hidroksiapatit), tepung kanji singkong dan sericin. Sedangkan dalam penelitian ini menggunakan kalsium karbonat dengan memanfaatkan bahan galian berupa batu

kapur dengan harga yang lebih murah dibanding menggunakan HA tetapi tetap kaya akan kalsium.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan dan dilakukan di beberapa tempat seperti Laboratorium Kimia Analit UPNVY untuk membuat pasta biokomposit, mencetak spesimen, dan pengeringan spesimen, untuk proses pengujian Uji Kuat Tarik dan Uji Bending dilakukan di Laboratorium Bioceramic UGM, dan untuk pengujian SEM-EDX dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM.

Langkah pertama yang dilakukan adalah pembuatan pasta biokomposit dengan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kalsium karbonat dan corn starch dengan bahan pendukung asam sitrat dan gliserol.

**Tabel 1.** Variasi Komposisi Pasta Biokomposit

Kode Spesimen	Persen Rasio Berat (w/w)	
	Suspensi CaCO <sub>3</sub>	Corn Starch
A	20	80
B	30	70
C	40	60
D	50	50

Biokomposit dibuat dengan proses mencampurkan biokeramik dan bioplastik. Suspensi CaCO<sub>3</sub> 20% (w/v) dibuat dengan mendispersikan bubuk CaCO<sub>3</sub> dalam aquadest dengan 10% (w/w) asam sitrat. Asam sitrat digunakan sebagai dispersan. Suspensi diaduk hingga mendapatkan suspensi yang homogen dan menjadi biokeramik. Suspensi corn starch 60% (w/v) dibuat dengan mendispersikan corn starch dalam aquadest dengan penambahan 40% (v/v) gliserin. Suspensi corn starch diubah menjadi bioplastik dengan pengadukan pada 500 RPM pada suhu 50° C hingga homogen. Pasta komposit dibuat dengan mencampurkan suspensi biokeramik dengan bioplastik dengan perbandingan persen berat yang bervariasi (w/w), seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**. Kemudian dilakukan pencetakan sesuai dengan standar ASTM yang digunakan. Setelah dilakukan pencetakan kemudian dilakukan pengeringan dengan menggunakan *furnace* selama 90°C selama 65 jam, dan 120°C selama 5 jam hingga spesimen mengeras dan siap dilakukan pengujian.



**Gambar 1.** Penampang Spesimen Tensile Test ASTM D 638 Tipe 4



**Gambar 2.** Penampang Spesimen Flexural Test ASTM D 790

Dimensi benda uji sesuai dengan standar ASTM D 638 tipe 4 (116 mm x 22 mm x 4 mm) untuk benda uji tarik dan standar ASTM D 790 (50 mm x 25 mm x 4 mm) untuk benda uji bending. Penampang spesimen *tensile test* ASTM D 638 tipe 4 dapat dilihat pada **Gambar 1** dan *flexural test* ASTM D 790 pada **Gambar 2**.

Langkah kedua yaitu melakukan pengukuran *shrinkage*. *Shrinkage* dilakukan setelah proses pengeringan. Tujuan dilakukannya pengukuran *shrinkage* adalah untuk melihat perubahan volume pada spesimen setelah proses pencetakan. Alat yang digunakan adalah jangka sorong digital dengan merk Insize Type 1108-150. Langkah ketiga yaitu melakukan *tensile test*. *Tensile test* dilakukan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Alat yang digunakan adalah mesin *tensile test* dengan merk Hung Ta HT-2402. Mesin *tensile test* dapat dilihat pada **Gambar 3**.

**Gambar 3.** Mesin Tensile Test

Langkah keempat yaitu melakukan *flexural test*. *Flexural test* dilakukan untuk mengetahui keelastisitasan dan ketahanan material terhadap pembebanan. Alat yang digunakan adalah mesin *flexural test* dengan merk Hung Ta HT-2402. Mesin *flexural test* dapat dilihat pada **Gambar 4**.

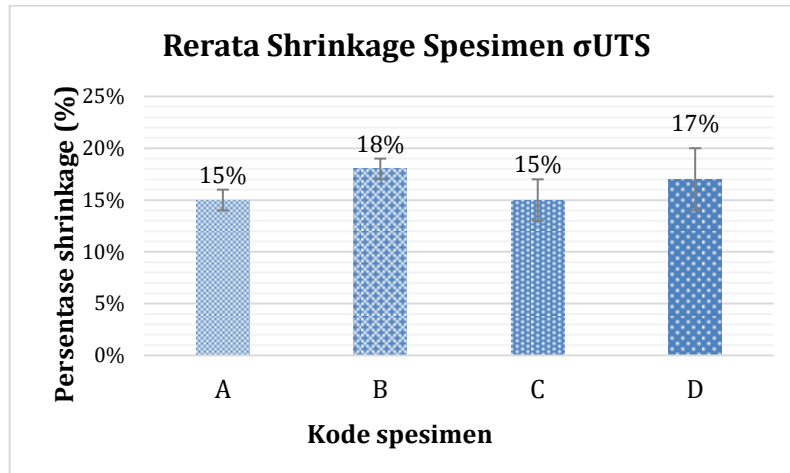
**Gambar 4.** Mesin Flexural Test

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Analisa *Shrinkage*

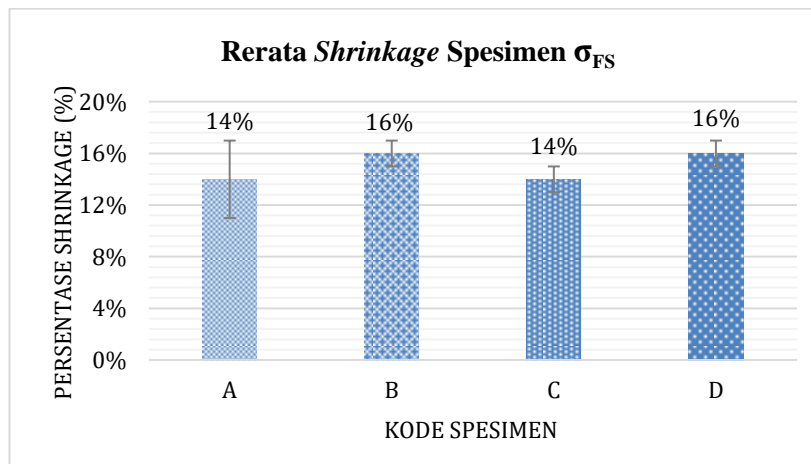
Rerata *shrinkage* spesimen uji tarik dapat dilihat pada **Gambar 5**. dan *shrinkage* spesimen uji bending dapat dilihat pada **Gambar 6**. Pada **Gambar 5**. dapat dilihat spesimen B (30 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 70 *corn starch*) (w/w)% memiliki nilai rerata *shrinkage* tertinggi yaitu sebesar  $18 \pm 0,011\%$

dibandingkan dengan spesimen D (50 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 50 *corn starch*) (w/w)% yang memiliki nilai rerata shrinkage  $17 \pm 0,026\%$ , spesimen C (40 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 60 *corn starch*) (w/w)% sebesar  $15 \pm 0,015\%$  dan spesimen A (20 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 80 *corn starch*) (w/w)% sebesar  $15 \pm 0,011\%$ .



Gambar 5. Rerata Hasil Shrinkage Spesimen  $\sigma_{UTS}$

Pada **Gambar 6**, juga dapat dilihat spesimen B (30 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 70 *corn starch*) (w/w)% memiliki nilai rerata *shrinkage* tertinggi yaitu sebesar  $16 \pm 0,022\%$  dibandingkan dengan spesimen D (50 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 50 *corn starch*) (w/w)% yang memiliki nilai rerata sebesar  $16 \pm 0,014\%$ , spesimen C (40 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 60 *corn starch*) (w/w)% dan A (20 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 80 *corn starch*) (w/w)% sebesar  $14 \pm 0,03\%$ .



Gambar 6. Rerata Hasil Shrinkage Spesimen  $\sigma_{FS}$

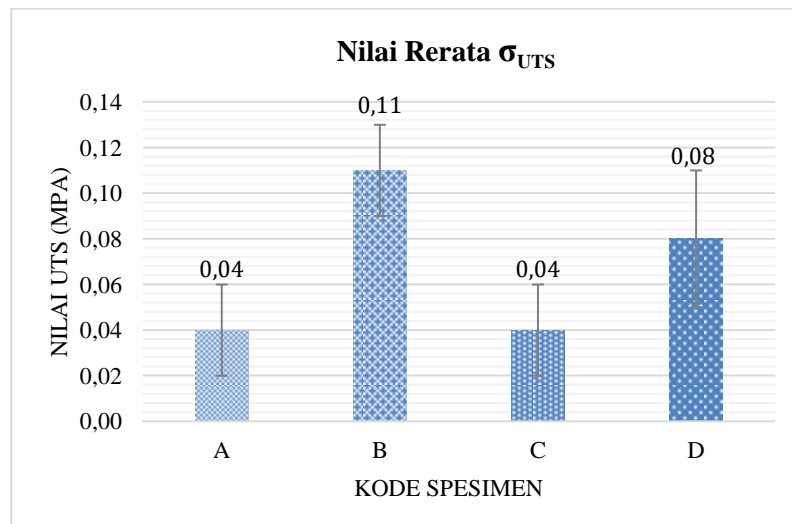
Besarnya *shrinkage* dipengaruhi oleh variasi komposisi dari suspensi  $\text{CaCO}_3$  dan *corn starch* dimana keduanya mengandung aquadest yang dapat menyebabkan *shrinkage* atau penyusutan. Jika komposisi *corn starch* lebih banyak maka spesimen cenderung mengalami penyusutan yang besar juga, tetapi *shrinkage* ini juga dipengaruhi oleh suspensi  $\text{CaCO}_3$  dimana suspensi  $\text{CaCO}_3$  ini mengandung aquadest, sehingga dengan waktu pengeringan yang sama mendapatkan *shrinkage* yang berbeda setiap komposisinya dan mendapatkan nilai maksimum pada komposisi (30 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 70 *corn starch*) (w/w)%.

Dari hasil pengukuran *shrinkage* spesimen  $\sigma_{FS}$  didapatkan hasil yang berbanding lurus dengan hasil pengukuran *shrinkage* spesimen  $\sigma_{UTS}$ , dimana nilai *shrinkage* tertinggi terdapat pada spesimen B (30 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 70 *corn starch*) (w/w)%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa spesimen B (30 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 70 *corn starch*) (w/w)% memiliki ikatan antar material

yang padat dan kuat.

#### Hasil Analisa *Tensile Strength* ( $\sigma_{UTS}$ )

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang mampu ditahan oleh sebuah bahan ketika dilakukan penarikan sebelum bahan tersebut patah. Rerata nilai  $\sigma_{UTS}$  dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7. dapat dilihat bahwa spesimen B (30 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 70 *corn starch*) (w/w)% memiliki nilai rerata  $\sigma_{UTS}$  tertinggi yaitu sebesar  $0,11 \pm 0,015$  MPa dibandingkan dengan spesimen D (50 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 50 *corn starch*) (w/w)% yang memiliki nilai rerata  $\sigma_{UTS}$   $0,08 \pm 0,026$  MPa, spesimen C (40 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 60 *corn starch*) (w/w)% sebesar  $0,04 \pm 0,021$  MPa dan spesimen A (20 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 80 *corn starch*) (w/w)% sebesar  $0,04 \pm 0,015$  MPa.

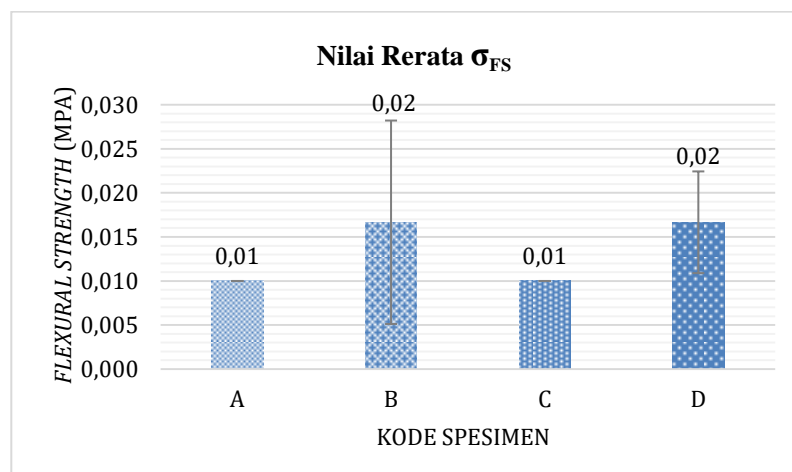


Gambar 7. Nilai Rerata  $\sigma_{UTS}$

Besarnya nilai  $\sigma_{UTS}$  dipengaruhi oleh besarnya *shrinkage* dan variasi komposisi suspensi  $\text{CaCO}_3$  : *corn starch*. Dimana  $\text{CaCO}_3$  berperan sebagai matriks yang bersifat brittle atau getas, walaupun sifatnya brittle tetapi semakin banyak komposisinya belum tentu memiliki nilai  $\sigma_{UTS}$  yang semakin besar juga karena mempunyai keterbatasan terhadap uji tariknya sehingga harus diperhatikan pula komposisi dari *corn starch* dimana *corn starch* ini berperan sebagai *reinforce* yang berfungsi sebagai pengikat dalam spesimen tersebut dan sifatnya termoplastik. Sehingga untuk mendapatkan nilai maksimum  $\sigma_{UTS}$  harus memperhatikan komposisi dari  $\text{CaCO}_3$  dan *corn starch*.

#### Hasil Analisa *Flexural Strength* ( $\sigma_{FS}$ )

Pengujian kuat lentur bertujuan untuk mengetahui keelastisitasan dan ketahanan material terhadap pembebanan.



Gambar 8. Nilai Rerata  $\sigma_{FS}$

Pada **Gambar 8.** dapat dilihat bahwa Spesimen B (30 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 70 *corn starch*) (w/w)% memiliki nilai  $\sigma_{FS}$  tertinggi yaitu sebesar  $0,02 \pm 0,012$  MPa dibandingkan dengan spesimen D (50 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 50 *corn starch*) (w/w)% yang memiliki nilai  $\sigma_{FS}$  sebesar  $0,02 \pm 0,006$  MPa, spesimen C (40 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 60 *corn starch*) (w/w)% sebesar  $0,01 \pm 0,000$  MPa, dan spesimen A (20 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 80 *corn starch*) (w/w)% sebesar  $0,01 \pm 0,000$  MPa.

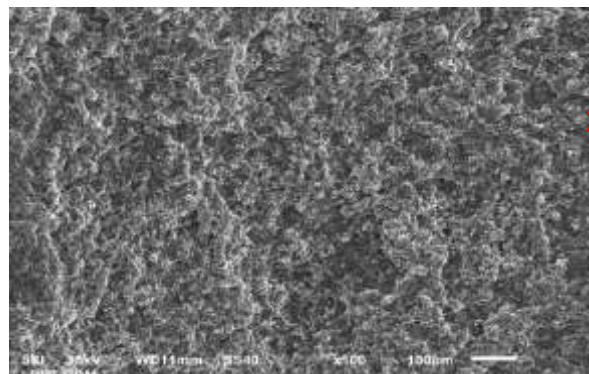
Hasil rerata nilai  $\sigma_{UTS}$  dan  $\sigma_{FS}$  pada empat variasi komposisi spesimen mendapatkan rerata nilai  $\sigma_{UTS}$  dan  $\sigma_{FS}$  terbesar pada spesimen B (30 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 70 *corn starch*) (w/w)% yaitu sebesar  $0,11 \pm 0,015$  MPa untuk nilai rerata  $\sigma_{UTS}$  dan  $0,02 \pm 0,012$  MPa untuk rerata nilai  $\sigma_{FS}$ .

### Hasil Analisis Struktur Mikro

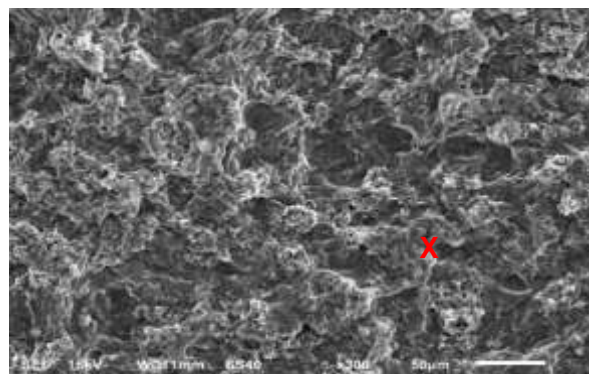
Tujuan dilakukannya pengujian SEM-EDX adalah untuk mengetahui morfologi permukaan spesimen dan untuk mengetahui komposisi unsur kimia secara kualitatif dan kuantitatif yang terkandung dalam spesimen.

**Gambar 9.** adalah gambar morfologi penampang spesimen yang merupakan hasil pengamatan dari *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan perbesaran yang bervariasi. Dapat dilihat pada **Gambar 9.** yang merupakan gambar morfologi penampang spesimen hasil pengamatan dari *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan perbesaran yang bervariasi, untuk gambar (a) merupakan morfologi spesimen dengan perbesaran 100x, gambar (b) dengan perbesaran 300x, gambar (c) dengan perbesaran 1.000x, dan gambar (d) dengan perbesaran 5.000x bahwa bentuk yang paling dominan dari morfologi spesimen berupa *spheroid*.

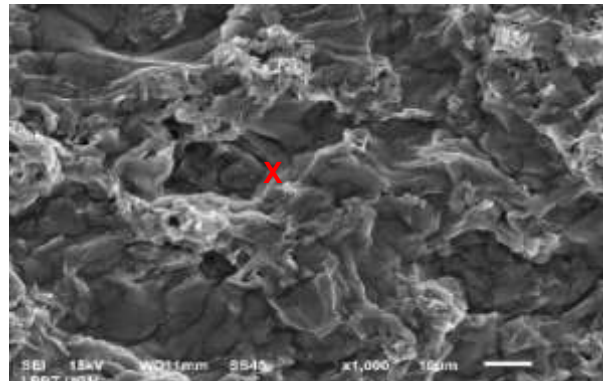
**Gambar 10.** merupakan hasil data EDX pada spesimen biokomposit. Berdasarkan pada **Gambar 10.** maka dapat diketahui spesimen biokomposit memiliki kandungan unsur berupa C, N, O, dan Ca dengan % berat dan % atom yang berbeda, dan pada **Tabel 2.** Dapat dilihat nilai kuantitatif dari % berat dan % atom yang terkandung dalam spesimen.



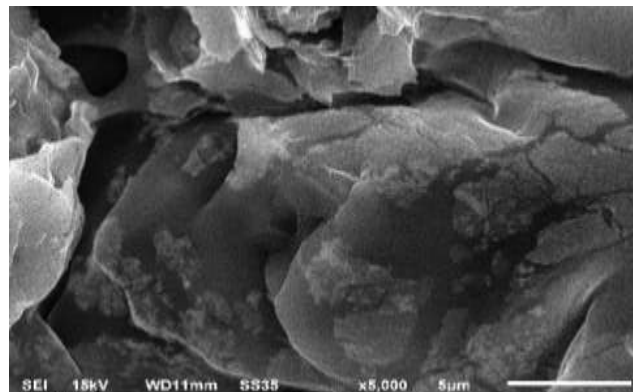
(a)



(b)

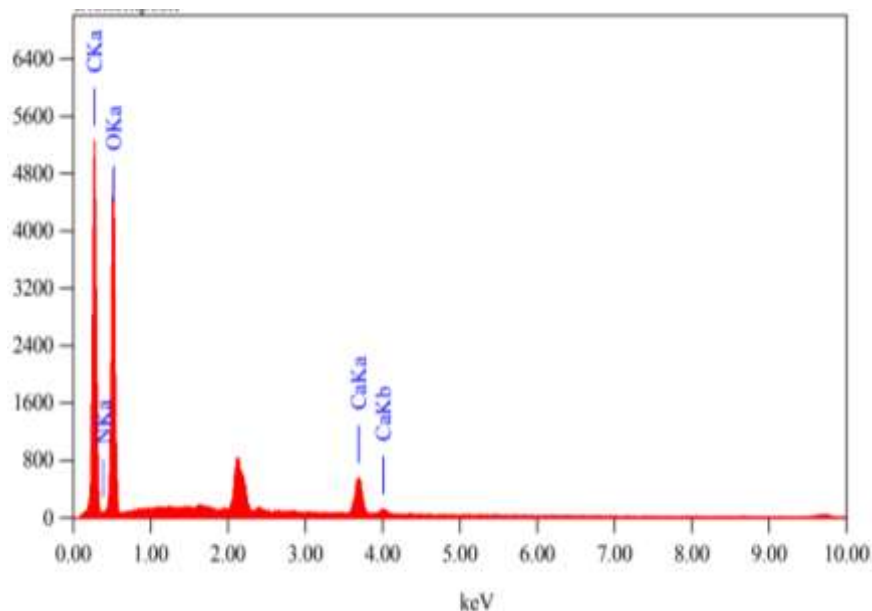


(c)



(d)

Gambar 9. Morfologi Penampang Spesimen Pada Komposisi (30 suspensi  $\text{CaCO}_3$ :70 corn starch) (w/w)% Dengan Perbesaran (a) 100x (b) 300x (c) 1.000x (d) 5.000x



Gambar 10. Hasil Data EDX Spesimen Pada Komposisi (30  $\text{CaCO}_3$ :70 Corn Starch) (w/w)%

Tabel 2. Hasil Data EDX

Element	Mass %	Atom %
C	35,38	42,17
N	11,74	12,00
O	50,13	44,85
Ca	2,74	0,98
Total	100	100

### KESIMPULAN

Variasi komposisi biokomposit mempengaruhi presentase *shrinkage*,  $\sigma_{UTS}$ ,  $\sigma_{FS}$  dan mikrostrukturnya. Spesimen B (30 suspensi  $\text{CaCO}_3$  : 70 *corn starch*) (w/w)% merupakan spesimen yang memiliki nilai *shrinkage*,  $\sigma_{UTS}$ , dan  $\sigma_{FS}$  tertinggi dibanding spesimen lainnya dengan nilai *shrinkage* sebesar  $18 \pm 0,011\%$ , nilai  $\sigma_{UTS}$  sebesar  $0,11 \pm 0,015$  MPa, dan nilai  $\sigma_{FS}$  sebesar  $0,02 \pm 0,012$  Mpa. Dari pengujian SEM-EDX diketahui bahwa morfologi spesimen berbentuk *spheroid* dan mempunyai unsur dominan C sebesar 35,38 % berat, N sebesar 11,74 % berat, O sebesar 50,13 % berat, Ca sebesar 2,74 % berat.

### SARAN

Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai variasi biokomposit suspensi  $\text{CaCO}_3$  : *corn starch* dengan penambahan penguat agar meningkatkan nilai *tensile strength* sehingga dapat sesuai dengan standar kekuatan tarik tulang kancellous dan dapat diaplikasikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. M. Sukojo and S. H. Rif'anuddin, "Pemanfaatan Citra Satelit Quickbird Untuk Pemetaan Potensi Dan Kelayakan Tambang Batuan Kapur (Studi Kasus : Kec. Semanding, Tuban)," *Geoid*, vol. 14, no. 2, p. 6, 2019, doi: 10.12962/j24423998.v14i2.5959.
- [2] D. Bombač, "Review of Material in Medical Applications, Material and Geoenvironment," vol. 54, no. 4, pp. 471–499, 2007.
- [3] S. Schneider, L. Lambers, and F. Orejas, "Symbolic model generation for graph properties," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 10202 LNCS, no. November, pp. 226–243, 2017, doi: 10.1007/978-3-662-54494-5\_13.
- [4] Joon B. Park and Joseph D. Bronzino, *Biomaterials principles and applications*. 2003.
- [5] E. M. Nakamura, L. Cordi, G. S. G. Almeida, N. Duran, and L. H. I. Mei, "Study and development of LDPE/starch partially biodegradable compounds," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 162–163, no. SPEC. ISS., pp. 236–241, 2005, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2005.02.007.
- [6] F. R. Haryanto & Titani, "Bioplastik Dari Tepung Tapioka Dan Tepung Maizena," *J. Techno*, vol. 18, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [7] *et al.*, "In Vivo Evaluation of The Novel Nanocomposite Porous 3D Scaffold in a Rabbit Model," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 19, pp. 1–15, 2018, doi: 10.17485/ijst/2018/v11i19/122540.
- [8] A. S. Alva Edy Tontowi, "Mechanical strength of [HA/Bioplastic/Sericin] composite part printed by bioprinter," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1746, no. 020035, 2016.
- [9] M. Yani, M. A. Siregar, B. Suroso, and Arnita, "Strength of polymeric foam composite reinforced oil palm empty fruit bunch fiber subjected to impact load," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 674, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/674/1/012065.