

## Pengaruh Variasi Komposisi *Aerogel Silika* Terhadap Sifat Fisis Pada Pembuatan *Biofoam*

Chandra Gumilang<sup>(1,a)\*</sup>, Roniyus Marjunus<sup>(1,b)\*</sup>, Agus Riyanto<sup>(1,c)\*</sup>, dan Yanti Yulianti<sup>(1,d)</sup> dan Sutiarno<sup>(1,e)</sup>

<sup>(1)</sup>Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandarlampung, Indoneisa, 35141

Email : <sup>(a)</sup>[Chandragumilang65@gmail.com](mailto:Chandragumilang65@gmail.com) <sup>(b)</sup>[Roniqus.1977@fmipa.unila.ac.id](mailto:Roniqus.1977@fmipa.unila.ac.id)

<sup>(c)</sup>[Agus.riyanto@fmipa.unila.ac.id](mailto:Agus.riyanto@fmipa.unila.ac.id) <sup>(d)</sup>[Sutiarno832@gmail.com](mailto:Sutiarno832@gmail.com)

Diterima (24 Juni 2025 ) Direvisi (30 September 2025 )

**Abstract.** *Biofoam* is a type of bioplastic that can be used as an alternative packaging product to replace styrofoam. *Biofoam* still has a high value of water absorption, so silica aerogel is added as a hydrophobic agent. The purpose of this study was to determine the effect of adding silica aerogel to the functional groups of *biofoam*, crystal structure, density and water absorption. The method used in this research is thermopressing. The thermopressing method is a method where all the ingredients, started from fiber, starch, silica aerogel and PVA, were mixed to form a dough and then pressed for 3 minutes at 150°C using a thermopressing tool. In relation to the characteristic results obtained from the FTIR analysis, it was found the presence of silica aerogel functional groups at wave numbers 1058.60 cm<sup>-1</sup> and 925.83 cm<sup>-1</sup>. Apart from silica, the functional groups of cellulose and starch are also found. Furthermore, the results of the crystal structure analysis found silica and cellulose phases with different phase weight percent values. Where the weight percent of the phase for silica increases and the weight percent for the cellulose phase decreases with the addition of silica composition. The results of the physical density test showed that the density value decreased with increasing silica composition. The results of the analysis of water absorption show that the value of water absorption increases with increasing silica composition, this is because silica has morphological properties in the form of an ultraporous solid material that is able to absorb more water, and the phase separation method is not carried out on silica to obtain silica with high hydrophobic properties.

**Keywords:** *Biofoam*, silica aerogel, water absorption

**Abstrak.** *Biofoam* merupakan salah satu jenis bioplastik yang dapat digunakan sebagai produk kemasan alternatif pengganti styrofoam. *Biofoam* masih memiliki nilai daya serap air yang tinggi, sehingga ditambahkan silika aerogel sebagai agen hidrofobik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan silika aerogel terhadap gugus fungsi *biofoam*, struktur kristal, densitas dan daya serap air. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *thermopressing*. Metode *thermopressing* merupakan metode dimana semua bahan, mulai dari serat, pati, silika aerogel dan PVA, dicampur hingga menjadi adonan lalu ditekan selama 3 menit pada suhu 150°C menggunakan alat *thermopressing*. Sehubungan dengan hasil karakteristik yang diperoleh dari analisis FTIR, ditemukan keberadaan gugus fungsi silika aerogel pada bilangan gelombang 1058,60 cm<sup>-1</sup> dan 925,83 cm<sup>-1</sup>. Selain silika, gugus fungsi selulosa dan pati juga ditemukan. Selanjutnya pada hasil analisis struktur kristal ditemukan fasa silika dan selulosa dengan nilai berat persen fasa yang berbeda. Dimana berat persen fasa untuk silika naik dan berat persen fasa selulosa menurun seiring penambahan komposisi silika. Dalam hasil uji fisis densitas menunjukkan bahwa nilai densitas menurun seiring meningkatnya komposisi silika. Adapun pada hasil analisis daya serap air menunjukkan bahwa nilai daya serap air meningkat seiring dengan bertambahnya komposisi silika, hal ini disebabkan silika memiliki sifat morfologi berupa material padatan ultra berpori yang mampu menyerap air lebih banyak, serta tidak dilakukannya metode pemisahan fasa pada silika untuk mendapatkan silika dengan sifat hidrofobik yang tinggi.

**Kata kunci:** *Biofoam*, aerogel silika, daya serap ai

### PENDAHULUAN

Sektor industri makanan mengalami peningkatan sehingga menyebabkan tingginya kebutuhan kemasan makanan. Salah satu jenis kemasan makanan yang sering digunakan masyarakat adalah *Styrofoam*[1]. Pemakaian *styrofoam* sebagai kemasan makanan dalam kehidupan sehari-hari cukup tinggi. Hal ini terjadi dikarenakan karakteristik dari *styrofoam* yang mudah dibentuk, ringan, murah, tahan air, dan juga tahan panas [2]. Kandungan dalam *styrofoam* untuk kemasan makanan memiliki efek buruk bagi kesehatan manusia, hal ini disebabkan bahan kimia yang terkandung di dalam *styrofoam* masuk ke makanan yang dikonsumsi manusia. Penggunaan *styrofoam* harus dihentikan dan dilakukan upaya alternatif bahan pengemas lain yang ramah lingkungan [3].

Kemasan *biodegradable foam* menjadi alternatif kemasan pengganti *styrofoam*. *Biodegradable foam* (*Biofoam*) menggunakan bahan baku utama berupa pati sehingga kemasan tersebut dapat terurai secara alami. Pati berasal dari ekstraksi tanaman yang berkarbohidrat tinggi seperti ubi jalar, sagu, gandum, jagung, dan singkong. Pati dipercaya memiliki *biodegredibilitas* yang tinggi dan harga yang murah. Salah satu sumber pati yang produksinya cukup tinggi adalah tapioka, mengingat harganya yang lebih murah bila dibandingkan dengan sumber pati lainnya. Tapioka adalah pati yang berasal dari ubi kayu atau singkong yang dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Tapioka berkomposisi kimia 73,3% - 84,9% pati; 0,08% - 1,54% lemak; 0,03% - 0,60% protein; dan 0,02% - 0,33% abu. Pati dari tapioka terdiri dari 83% amilopektin dan 17% amilosa[4].

Kelemahan dari *biofoam* dengan pati sebagai bahan baku utama tersebut yaitu memiliki sifat kelenturan bahan yang buruk dan tingkat daya serap air tinggi yang perlu diatasi[5]. Untuk memperbaiki kelemahan

ini maka diperlukan modifikasi pati, natural polimer, serat, dan beberapa bahan lainnya [6]. Salah satu sumber bahan baku *biofoam* yang potensial adalah serat. Serat alam telah dimanfaatkan sebagai bahan penguat biokomposit menggantikan serat sintetis, karena mempunyai sifat fisik yang ringan, mudah terbakar, murah, dan dapat terdegradasi. Pada penelitian kali ini menggunakan serat dari limbah bonggol jagung. Bonggol jagung merupakan salah satu jenis serat alam yang melimpah. Bonggol jagung merupakan limbah lignoselulostik, yaitu limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Bonggol jagung mengandung selulosa sekitar 41% [7].

Untuk meningkatkan daya serap rendah bila terkena air maka dibutuhkan sifat *superhidrofobik* dengan menambahkan *aerogel silica* dengan metode pemisahan fasa. *Aerogel silica* merupakan material dengan densitas sekitar  $0,003 \text{ g/cm}^3$ , porositas 80 - 99,8 %, konduktivitas termal 0,005 W/mK dan luas permukaan  $500-1200 \text{ m}^2/\text{g}$  yang dapat dijadikan sebagai *adsorben* logam [8]. Penelitian mengenai pembuatan *biofoam* dengan menambahkan *aerogel silica* belum pernah dilakukan. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian ini untuk mengembangkan sifat fisik dari *bifoam*, seperti densitas dan daya serap air.

## METODE PENELITIAN

### Pembuatan *Biofoam*

Pembuatan *biofoam* dilakukan dengan mengacu pada metode sebelumnya yang dilakukan oleh Hendrawati dkk (2015), serta bonggol jagung diperoleh dengan cara menghaluskan terlebih dahulu limbah

bonggol jagung. Kemudian dilakukan proses *bleaching* untuk dipisahkan dari zat pengotor menggunakan NaOH, dikarenakan NaOH selain untuk proses dilignifikasi juga dapat mendegradasi polisakarida yang terdapat pada serat sehingga jumlah selulosa akan semakin membesar [2]. Kemudian ditambahkan dengan larutan  $H_2O_2$  untuk mendapatkan perubahan warna serat. Selanjutnya serat dicuci dengan *aquades* hingga pH netral sampai mendapatkan warna serat putih. Serat dioven pada suhu 50° C selama 10 jam [1]. Terakhir serat dihaluskan dengan cara ditumbuk menggunakan mortal dan disaring dengan saringan 200 mesh. Kemudian serat bonggol jagung dimasukkan ke dalam wadah dan ditambahkan PVA, pati tapioka, *aerogel* silika dan diaduk hingga adonan mengental dan tercampur rata. Kemudian adonan tersebut dituangkan ke dalam cetakan dengan tekanan 100 MPa pada suhu 150°C selama 3 menit.

### Karakterisasi Gugus Fungsi

Gugus fungsi  $SiO_2$  dianalisis menggunakan iS10 FT-IR *Spectrometer* pada rentang panjang gelombang 4000-400 $cm^{-1}$ . Pada analisis ini, sampel dipreparasi dengan mencampurkan semua sampel menjadi adonan yang kalis kemudian mencetaknya menggunakan alat *thermopressing* hingga berbentuk piringan. Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil terhadap tabel bilangan gelombang dan gugus fungsi FT-IR serta hasil penelitian-penelitian sebelumnya.

### Karakterisasi Struktur Kristal

Struktur kristal  $SiO_2$  dianalisis menggunakan XRD X'Pert *Powder* PW 30/40 dengan radiasi Cu-K $\alpha$  yang dioperasikan pada 40 kV dan 30 mA. Step size yang digunakan adalah 0.02° tiap menit pada rentang 2 $\theta$  mulai dari 10° hingga 100°.

Analisis data secara kualitatif dilakukan pada perangkat lunak *QualX* versi 2.24 dan analisis kuantitatif dilakukan pada perangkat lunak *rietica*. Sampel yang dikarakterisasi berbentuk serbuk.

### Analisis Densitas

Densitas dianalisis dengan menimbang sampel biofoam yang telah dipotong dengan ukuran 3cm x 3cm pada timbangan analitik sedangkan volume dihitung dengan cara mengalikan panjang, lebar dan tebal potongan sampel biofoam dengan jangka sorong, kemudian dicatat sebagai berat awal. Selanjutnya sampel direndam dalam air selama 1 menit, dan kemudian ditimbang lagi menggunakan neraca analitik sebagai berat akhir.

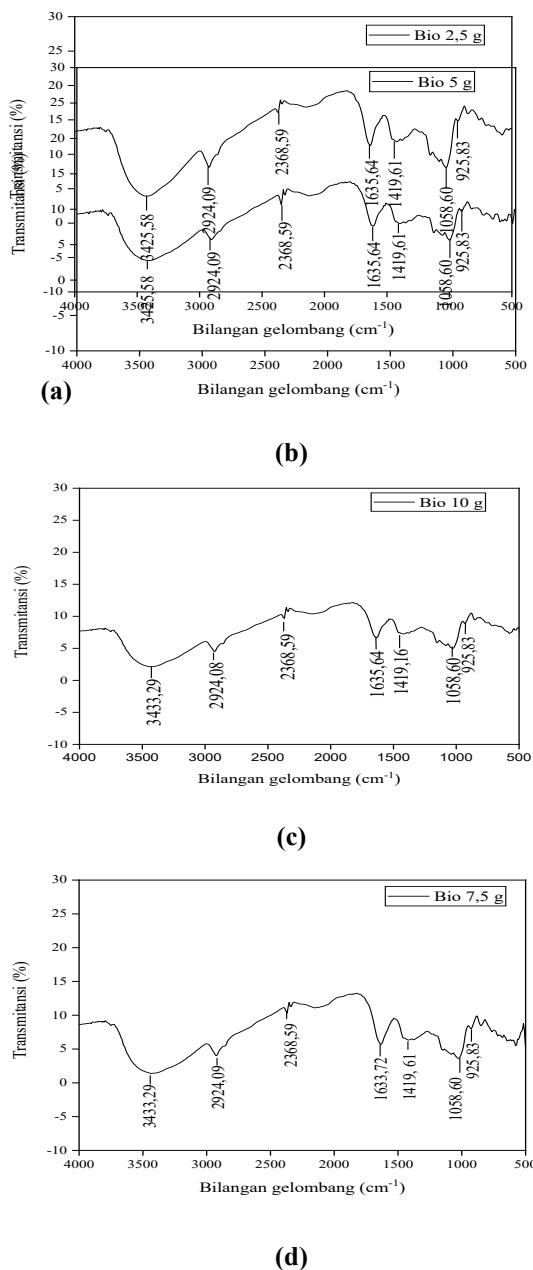
### Analisis Daya Serap Air

Daya serap dianalisis dengan cara sampel dipotong dengan ukuran 2 × 2 cm, selanjutnya dilakukan penimbangan dan dicatat sebagai massa *biofoam* awal. Kemudian sampel direndam di dalam air selama 60 detik. Sampel diangkat, kemudian dikeringkan menggunakan tisu untuk menghilangkan sisa air yang menempel pada sampel. Dilakukan penimbangan lagi dan dicatat sebagai massa akhir sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Karakterisasi Gugus Fungsi

Dari hasil analisis FT-IR, variasi komposisi silika *aerogel* dari keempat sampel memiliki puncak serapan yang sama yaitu pada bilangan gelombang 1058, 60  $cm^{-1}$  dengan gugus fungsi Si-O-Si dan memiliki nilai transmitansi secara berturut-turut sebesar 8,25%, 6,51%, 4,75% dan 4,42%. Gugus fungsi silika selanjutnya yaitu Si-O



**Gambar 1.** Hasil identifikasi gugus fungsi (a) Bio 2,5 g, (b) Bio 5 g, (c) Bio 7,5 g, dan (d) Bio 10 g.

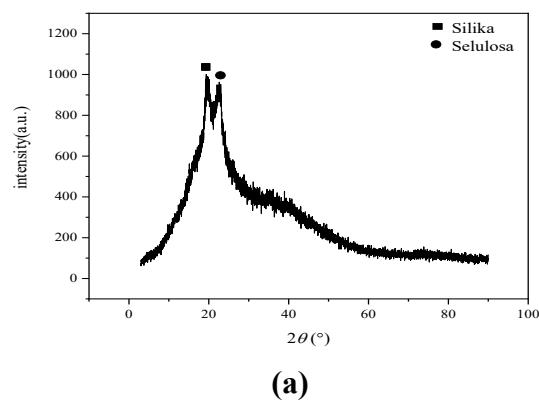
dengan bilangan gelombang  $925,83\text{ cm}^{-1}$  memiliki nilai transmitansi secara berturut-turut sebesar 14,81%, 9,71%, 8,91% dan 8,00%. Semakin menurun nilai persen transmitansi dapat meningkatkan konsentrasi suatu bahan dalam polimer begitupun sebaliknya [9]. Hal ini sesuai dengan komposisi silika yang ditambahkan

semakin banyak pada saat pembuatan sampel *biofoam*.

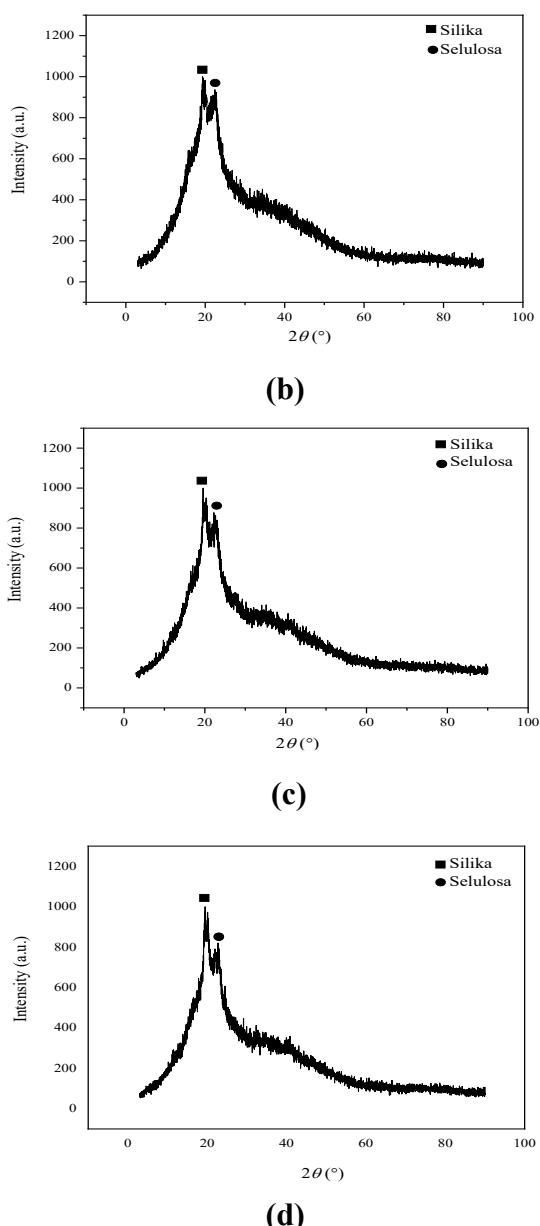
Selain gugus fungsi dari silika, ditemukan juga gugus fungsi dari selulosa yang ditandai dengan muculnya puncak serapan pada bilangan gelombang  $2924,09\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan gugus fungsi C-H. Hal ini diperkuat dengan munculnya gugus fungsi C-O pada bilangan gelombang  $1026,13\text{ cm}^{-1}$  dan  $1080,14\text{ cm}^{-1}$  [10]. Selanjutnya gugus fungsi O-H teridentifikasi pada bilangan gelombang  $3433,29\text{ cm}^{-1}$  dan  $3425,58\text{ cm}^{-1}$  [11].

### Hasil Karakterisasi Struktur Kristal

Analisis struktur kristal *biofoam* dari bahan  $\text{SiO}_2$  dilakukan dengan menggunakan metode pencocokan (*search match*) dengan perangkat lunak QualX. Metode ini dilakukan dengan mencocokkan data eksperimen dengan database kristalografi (COD). Sedangkan selulosa ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ ) yang terkandung dalam serat dilakukan dengan *study literature* dari penelitian sebelumnya yaitu Dri *et al.*, (2014).



(a)



**Gambar 2.** Difraktogram XRD biofoam (a) Bio 2,5 g, (b) Bio 5 g, (c) Bio 7,5 g, dan (d) Bio 10 g.

Dengan menggunakan nilai *space group*  $P2_1$  dan *cell dimension*  $a = 7,784$ ,  $b = 8,201$ ,  $c = 10,380$ . Mengingat bahwa *database* kristalografi dari  $C_6H_{10}O_5$  belum tercantum pada perangkat lunak QualX.

Hasil difraktogram XRD dari sampel *biofoam* menunjukkan munculnya puncak utama yang mengindikasikan fasa kristalin dari silika ( $SiO_2$ ) pada  $2\theta = 19,12^\circ$  dengan

bidang refleksi yang memiliki indeks miller (101). Munculnya fasa kristalin  $SiO_2$  menunjukkan adanya kesesuaian dengan hasil FT-IR yang ditandai dengan kehadiran ikatan gugus fungsi Si-O. Selain fasa kristalin dari  $SiO_2$ , muncul puncak utama lainnya yaitu selulosa ( $C_6H_{10}O_5$ ) pada  $2\theta = 22^\circ$  dengan bidang refleksi yang memiliki indeks miller (110).

**Tabel 1.** Presentase parameter kesesuaian *refinement* data XRD *biofoam*.

Sampel	$R_p$	$R_{wp}$	$R_{exp}$	GoF
Bio 2,5 g	5,03	5,08	8,34	0,37
Bio 5 g	7,19	6,64	9,21	0,52
Bio 7,5 g	10,99	10,80	9,54	1,13
Bio 10 g	10,35	10,55	9,88	1,11

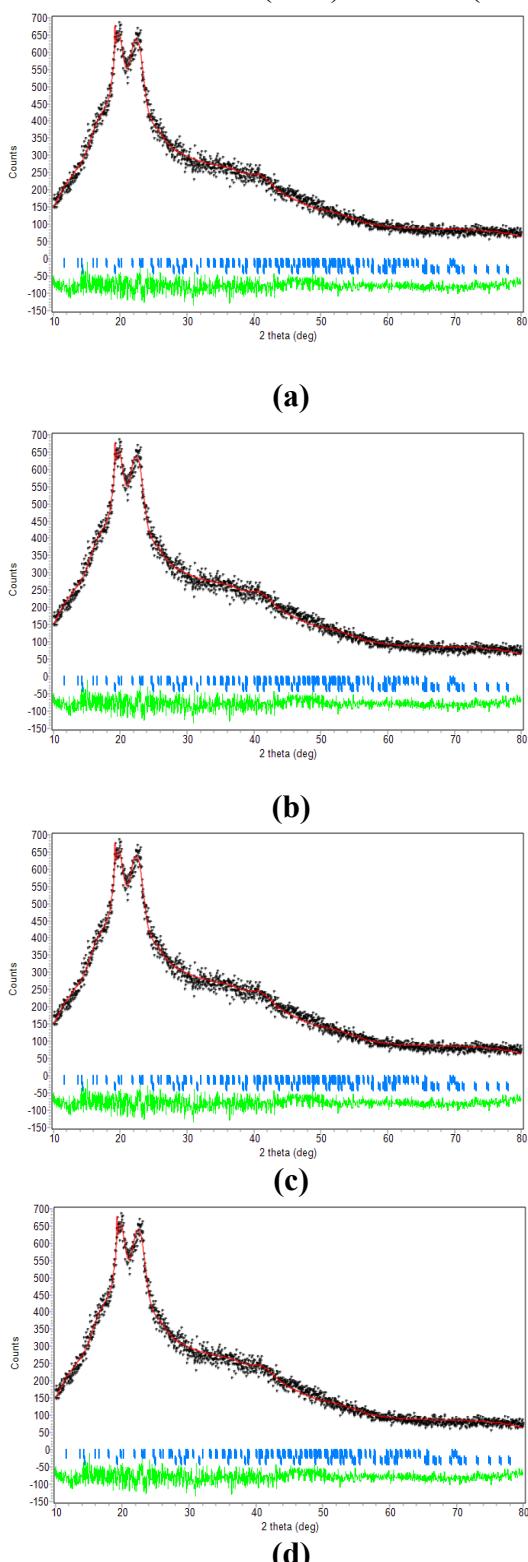
Tabel 1. menunjukkan hasil *refinement* pada seluruh sampel diperoleh nilai  $R_p$ ,  $R_{wp}$ ,  $R_{exp}$ , kurang dari 11% dan nilai GoF kurang dari 2%. Nilai presentase  $R_{wp}$  kurang dari 25% dan GoF kurang dari 4% menyatakan bahwa presentase tersebut telah memenuhi metode *rietveld* [12].

**Tabel 2.** Presentase fasa dalam persen berat (%wt).

Sampel	Bio 2,5 g	Bio 5 g	Bio 7,5 g	Bio 10 g
$SiO_2$	33,16	33,58	33,82	33,92
$C_6H_{10}O_5$	66,84	66,42	66,18	66,08
total	100	100	100	100

Dilihat dari jumlah komposisi fasa kristalin hampir tidak mengalami perubahan secara signifikan, walaupun ada perbedaan yang sedikit terlihat seiring dengan penambahan komposisi silika. Dalam hasil ini, persentase berat silika semakin naik dan selulosa semakin menurun. Hal ini bersesuaian dengan hasil FT-IR yang menyatakan semakin menurunnya nilai transmitansi dari gugus fungsi silika yang menandakan semakin banyaknya jumlah silika yang terdapat dalam sampel. Fasa

kristalin dari  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$  berada dalam kisaran 34% (%wt) dan 67% (%wt).



**Gambar 3.** Hasil *refinement* data XRD *biofoam* **(a)** Bio 2,5 g, **(b)** Bio 5 g, **(c)** Bio 7,5 g, dan **(d)** Bio 10 g.

**Tabel 3.** Parameter sel  $\text{SiO}_2$

Sampel	a ( $\text{\AA}$ )	b ( $\text{\AA}$ )	c ( $\text{\AA}$ )	$\alpha$ ( $^\circ$ )	$\beta$ ( $^\circ$ )	$\gamma$ ( $^\circ$ )
Bio 2,5g	7,20	7,20	7,01	90	90	120
Bio 5g	7,22	7,22	6,91	90	90	120
Bio 7,5g	7,20	7,20	6,66	90	90	120
Bio 10g	7,22	7,22	6,91	90	90	120

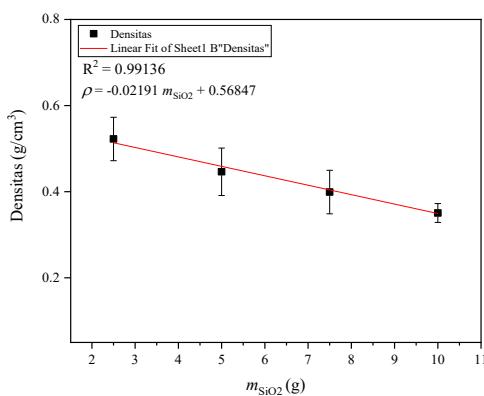
**Tabel 4.** Parameter sel  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$

Sampel	a ( $\text{\AA}$ )	b ( $\text{\AA}$ )	c ( $\text{\AA}$ )	$\alpha$ ( $^\circ$ )	$\beta$ ( $^\circ$ )	$\gamma$ ( $^\circ$ )
Bio 2,5g	7,71	8,20	10,84	90	90	90
Bio 5g	7,84	8,16	10,56	90	90	90
Bio 7,5g	7,78	8,19	10,31	90	90	90
Bio 10g	7,98	8,23	10,65	90	90	90

Tabel 3 dan 4 menunjukkan ukuran parameter sel dari kedua fasa, terlihat bahwa pada fasa silika dan fasa selulosa hanya sedikit mengalami perubahan seiring dengan penambahan komposisi bahan silika. Pada tabel 4.4 diperoleh parameter sel untuk silika dengan rentang nilai  $a$  dan  $b$  sebesar 7-7,5;  $c$  sebesar 6,6-7,1; dan nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , sebesar  $90^\circ$ . dan  $\gamma$  berada pada sudut  $180^\circ$ . Silika ini memiliki bentuk kisi hexagonal dengan bidang kisi 101 dan nilai *space grup*  $P\ 65\ 2\ 2$ . Pada tabel 4.5 diperoleh parameter sel untuk selulosa dengan rentang nilai  $a$  sebesar 7-8;  $b$  sebesar 8-8,5;  $c$  sebesar 10-11; dan nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  berada pada sudut  $90^\circ$ . Selulosa kristalin ini memiliki bentuk alomorf  $\text{I}_\beta$  (monoklinik). Pada analisis data kuantitatif tidak terdapat fasa pati, karena pati tapioka murni merupakan material yang mempunyai struktur semi kristalin dan struktur kristalin pati akan rusak pada saat gelatinisasi. Dengan penambahan zat aditif seperti PVA struktur kristal dari pati akan rusak sehingga karakteristik dari pati menjadi amorf [13].

## Hasil Analisis Densitas

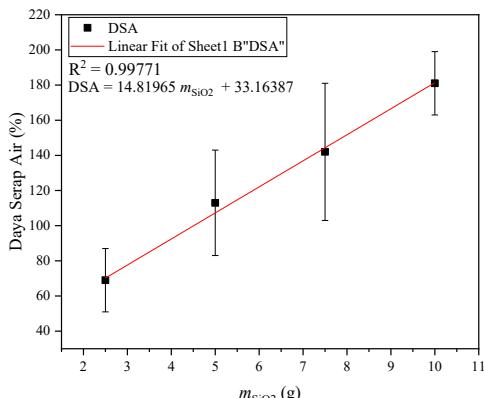
Nilai densitas untuk sampel dengan komposisi silika 2,5 g, 5 g, 7,5 g dan 10 g berturut-turut sebesar  $(0,52 \pm 0,05) \text{ g/cm}^3$ ,



**Gambar 4.** Hasil analisis densitas

Nilai densitas untuk sampel dengan komposisi silika 2,5 g, 5 g, 7,5 g dan 10 g berturut-turut sebesar  $(0,52 \pm 0,05)$  g/cm<sup>3</sup>,  $(0,45 \pm 0,05)$  g/cm<sup>3</sup>,  $(0,40 \pm 0,05)$  g/cm<sup>3</sup>, dan  $(0,35 \pm 0,02)$  g/cm<sup>3</sup>. Dari hasil uji terlihat nilai densitas *biofoam* semakin menurun seiring penambahan komposisi silika. Silika *aerogel* memiliki nilai densitas yang sangat kecil dibanding bahan lainnya yaitu sebesar 0,003 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan densitas selulosa sebesar 1,5 g/cm<sup>3</sup>[14]. Hal ini juga berkaitan dengan jumlah persen berat fasa pada hasil data *refinement XRD*. Semakin meningkat nilai persen berat dari fasa silika dan menurunnya fasa selulosa, maka densitas dari *biofoam* semakin mengecil. Dikarenakan nilai densitas dari selulosa sangat mempengaruhi nilai densitas dari *biofoam*.

### Hasil Analisis Daya Serap Air



**Gambar 5.** Hasil analisis daya serap air

nilai daya serap air setiap sampel dengan silika 2,5 g, 5 g, 7,5 g dan 10 g memiliki nilai daya serap air berturut-turut sebesar  $(70 \pm 20)$  %,  $(110 \pm 30)$  %,  $(140 \pm 40)$  %, dan  $(180 \pm 20)$  %. Dari hasil pengukuran, nilai daya serap air semakin meningkat seiring penambahan silika. Hal ini terjadi karena silika memiliki sifat densitas yang rendah, tegangan permukaan yang rendah, serta sifat morfologinya berupa material padatan ultra berpori yang mampu menyerap air lebih cepat [15]. Dalam penelitian ini, silika *aerogel* tidak disintesis terlebih dahulu dengan menggunakan metode pemisahan fasa untuk mendapatkan sifat hidrofobik yang tinggi, sehingga daya serap air masih sangat tinggi. Nilai persentase daya serap air ini jauh lebih besar dari nilai SNI *biofoam* yaitu sebesar 26, 12% [16].

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa hasil karakteristik yang diperoleh dari analisis FTIR, ditemukan keberadaan gugus fungsi silika *aerogel* pada bilangan gelombang 1058,60 cm<sup>-1</sup> dan 925,83 cm<sup>-1</sup>. Selain silika, gugus fungsi selulosa dan pati juga ditemukan. Adapun Hasil analisis struktur kristal menunjukkan bahwa fasa silika dan selulosa memiliki nilai berat persen fasa yang berbeda. Dalam hasil uji fisis densitas, seiring bertambahnya komposisi silika nilai densitas semakin menurun. Sedangkan pada hasil analisis daya serap air, menunjukkan bahwa seiring bertambahnya komposisi silika maka nilai daya serap air semakin naik, hal ini disebabkan silika memiliki sifat morfologi berupa material padatan ultra berpori yang mampu menyerap air lebih banyak, serta tidak dilakukannya metode pemisahan fasa pada silika untuk mendapatkan silika dengan sifat hidrofobik yang tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ruscahyani, Y., Oktornas, S., dan Hakim, A. 2021. Pemanfaatan Kulit Jagung Sebagai Bahan Pembuatan Biodegredeble Foam. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 14(01), pp. 1979-8415.
- [2] Coniwanti, P., Mu, R., Wijaya, S. H., dan Andre, M. R. 2018. Pengaruh Konsentrasi Naoh Serta Rasio Serat Daun Nanas dan Ampas Tebu Pada Pembuatan Biofoam. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(1), pp. 1-7.
- [3] Iriani, E. S., Richana, N., dan Sunarti, T. C. 2016. Pengembangan Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati. *Buletin Teknologi Pasca Panen*, 7(1), pp. 30-40.
- [4] Breuninger, W.F., Piyachomkwan, K., dan Sriroth, K. 2009. Tapioca/Cassava. *Starch: Chemistry and Technology*, 1(9), pp. 547-555.
- [5] Etikaningrum, N., Hermanianto, J., Iriani, E. S., Syarief, R., dan Permana, A. W. 2016. Pengaruh Penambahan Berbagai Modifikasi Serat Tandan Kosong Sawit pada Sifat Fungsional Biodegradable Foam. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 13(3), pp. 146-155.
- [6] Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O., dan Laohakunjit, N. 2012. Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. *Industrial Crops and Products*, 37(1), pp. 542-546.
- [7] Yusriani., Sahara., dan Lanto, M.S. 2022. Uji Sifat Mekanik Papan Komposit Berbahan Tongkol Jagung Dan Serat Batang Pisang. *Media Informasi Sains dan Teknologi*, 16(01), pp. 65-73.
- [8] Dorcheh, A.S., dan Abbasi, M.H. 2008. Silica aerogel; Synthesis, Properties and Characterization. *Journal of Materials Processing Technology*, 199(01), pp. 10-26.
- [9] Kartika, H. D., Jorena, J., Monado, F., & Royani, I. (2022). Analisis Jumlah Rongga Tercetak pada Ion Imprinted Polymer (IIPs) - Fe (III) Yang disintesis menggunakan Metode Cooling-heating. *Jurnal Penelitian Sains*, 24(1), pp. 18-23.
- [10] Martina, D., Hastuti, R., dan Widodo, S. (2016). Peran Adsorben Selulosa Tongkol Jagung (*Zea mays*) dengan Polivinil Alkohol (PVA) untuk Penyerapan Ion Logam Timbal ( $Pb^{2+}$ ). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(3), pp. 77-82.
- [11] Celino, A., Gonjalves, O., Jacquemin, F., dan Freour, S. 2014. Qualitative And Quantitative Assessment of Water Sorption in Natural Fibres Using ATR-FTIR Spectroscopy. *Polymers*, 14(101), pp. 163-170.
- [12] Kisi, E. H. 1994. Rietveld analysis of powder diffraction patterns. *Material Forum*, 18(01), pp. 135-153.
- [13] Nurhajati, D. W., Indrajati, I. N., Mayasari, H. E., dan Sholeh, M. 2018.

Pengaruh Penambahan Pati Tapioka Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Komposit High Density Polyethylene. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, 34(2), pp. 77-84.

- [14] Gurav, J. L., Jung, I. K., Park, H. H., Kang, E. S., dan Nadargi, D. Y. 2010. Silica Aerogel Synthesis and Applications. *Journal of Nanomaterials*, 10(1), pp. 1-11.
- [15] Bramantya, B., Yonando, L. P., Rifaldi, M., dan Oktavian, R. 2018. Sintesis dan Karakterisasi Silika Aerogel Hidrofobik dan Oliofilik dari Pasir Laut sebagai Absorben Tumpahan Minyak. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 2(2), pp. 49-54.
- [16] Nurfitasari, I. 2018. Pengaruh Penambahan Kitosan Dan Gelatin Terhadap Kualitas Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

