



Bioderadable Foam Nanofiber Selulosa Asetat dari Limbah Kertas

Alma Nur Azizah¹, Wahyu Nur Safitri¹, Syifa Hanifah¹
¹Universitas Sebelas Maret

Corresponding author: almanurazizah38@gmail.com

Abstrak. Peningkatan penggunaan *styrofoam* berdampak pada peningkatan jumlah sampah dan mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan. Penggunaan *styrofoam* dapat digantikan dengan biofoam yang ramah lingkungan dan mudah terdegradasi. Selulosa berpotensi digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biofoam karena memiliki sifat mudah terdegradasi dan fleksibilitas yang baik. Selulosa dapat diperoleh dari limbah kertas yang juga terus meningkat. Selulosa dari limbah kertas dapat diekstraksi dengan metode kimia, fisika dan biologi. Selulosa yang mudah terdegradasi dengan daya serap air yang tinggi akan menurunkan performa biofoam sehingga perlu ditambahkan PVA untuk menurunkan daya serap air. Selulosa juga perlu diasetilasi dan dibuat serat nano untuk meningkatkan sifat termal dan mekanik dari biofoam. *Narrative review* ini menjelaskan potensi dalam ekstraksi, sintesis dan kemampuan selulosa dari limbah kertas dengan asetilasi, pembentukan material *nanofiber* dan penambahan PVA sebagai pengganti dari kemasan makanan *styrofoam*.

1. Pendahuluan

Biofoam merupakan salah satu alternatif untuk menggantikan *Styrofoam* sebagai plastik kemasan, dengan memanfaatkan bahan alam seperti pati dan serat selulosa yang cukup melimpah di Indonesia. Keunggulan Biofoam yaitu dapat terdegradasi secara biologis, memiliki densitas rendah, tidak toksik, murah dan bahan pembuatannya berlimpah seperti pati [1]. Namun, sifat pati murni yang mudah larut dalam air menyebabkan *biodegradable foam* yang terbentuk memberikan sifat fisik dan sifat mekanik yang kurang baik, sehingga pati perlu dimodifikasi dengan penambahan serat selulosa. Selulosa dapat diperoleh dari berbagai bahan seperti serat nanas, ampas tebu, tandan kosong kelapa sawit dan berbagai bahan alam lainnya [2,3]. Akan tetapi, proses ekstraksi selulosa dari bahan-bahan tersebut memerlukan biaya yang tinggi. Selain bahan alam, selulosa juga dapat diperoleh dari limbah kertas yang banyak diperoleh dari limbah rumah tangga, sekolah maupun perkantoran, yang mencapai 500 juta ton pada Desember 2019.

Menurut Hermawan, kandungan selulosa dari limbah kertas mencapai 80% sehingga berpotensi sebagai bahan awal untuk pembuatan biofoam yang murah dan berkelanjutan [4]. Kombinasi bahan alam pati yang melimpah dan selulosa dari limbah kertas menjadi inovasi yang menjanjikan untuk dikembangkan karena selain meningkatkan nilai guna dari pati maupun limbah kertas, juga mengatasi permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh keberadaan plastik konvensional dan limbah kertas. Biofoam dari pati dan selulosa perlu adanya penambahan PVA (polivinil alkohol) untuk meningkatkan sifat mekanik dan sifat termalnya. Penambahan PVA dapat meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan kadar air biofoam [5].

2. Metode Penulisan

2.1 Materi

2.1.1 Selulosa

Selulosa merupakan polimer alami yang melimpah di bumi. Produksi selulosa di seluruh dunia sekitar 75-100 miliar ton per tahunnya. Selulosa dapat digunakan sebagai bahan alternatif pengganti polistirena yang merupakan bahan berbasis minyak bumi yang tidak terbaharukan. Selulosa merupakan biopolimer polisakarida, yang terdiri dari 4 rantai linier β -1,4-Oglukosida yang dihubungkan dengan D-glukosa membentuk ikatan hidrogen linear panjang yang dihubungkan oleh gaya antar molekul. Ikatan Selulosa mewakili polimer berserat, kuat, dan tidak larut dalam air [6].

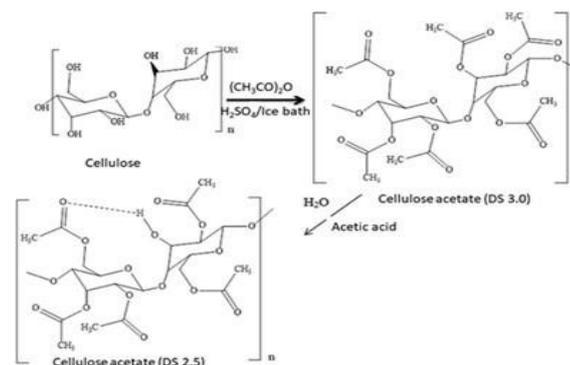
Sifat selulosa yang biocompatible, biodegradable, ramah lingkungan dan tidak beracun menjadikan selulosa banyak digunakan dalam berbagai bidang. Nanomaterial selulosa atau nanoselulosa memiliki sifat fisik dan kimia yang sangat baik. Elastisitas dan kekuatan tarik dari nanoselulosa yaitu 130-150 Gpa, dengan luas permukaan yang tinggi yaitu mencapai ratusan m^2/g , densitas rendah ($1,6 \text{ g/cm}^3$), permukaan yang reaktif ketika direaksikan dengan material biodegradable. Selulosa nanofiber memiliki luas permukaan spesifik yang lebih tinggi dan ukuran partikel yang lebih seragam dan lebih stabil secara struktur mekanik. Penggabungan selulosa nanofibril dengan polivinil alkohol dapat membentuk matriks lebih stabil. Selulosa nanofiber memiliki sifat fleksibel seperti serat dengan diameter 20-100 nm dan panjang 500 nm, aspek rasio 10-100, luas permukaan, muatan, dan partikelnya ditentukan oleh pretreatment [7]. Berdasarkan sifat-sifat tersebut, selulosa nanofiber telah diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti obat-obatan, produk kertas, kemasan yang lebih baik, serta penguat polimer komposit [8].

2.1.2 Isolasi Selulosa

Isolasi selulosa dari limbah kertas secara kimia dilakukan melalui tahap alkalisasi dan pretreatment dengan asam. Alkalisasi dilakukan dengan larutan NaOH pada perbandingan 1:20 (limbah kertas:larutan). Alkalisasi bertujuan untuk menghilangkan senyawa lain seperti xylan, lignin dan pengotor lain tanpa menghilangkan kandungan α -selulosa. Alpha-selulosa merupakan selulosa dengan rantai panjang dimana tidak larut dalam larutan NaOH. Larutan disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral lalu dikeringkan dengan oven. Pre-treatment asam dilakukan dengan penambahan asam asetat dan asam sulfat dengan perbandingan 1:20. Tahapan bleaching atau pemutihan dapat dilakukan dengan penambahan asam hidroklorik atau NaOCl. Selulosa kemudian dicuci kembali hingga pH netral dan dikeringkan kembali [9]. Suspensi yang terbentuk di sonikasi dan di sentrifugasi beberapa kali kemudian dikeringkan dengan freeze drying [10].

2.1.3 Sintesis Selulosa Asetat

Selulosa asetat dapat disintesis dari berbagai bahan baku seperti kapas, koran bekas, jerami tebu dan ampas tebu, sekam padi, jerami sorgum, dan batok kelapa [11]. Selulosa asetat dapat disintesis dengan dua langkah. Langkah pertama adalah ekstraksi selulosa dari bahan mentah. Langkah kedua adalah asetilasi selulosa. Metode ini ditemukan oleh Paul Schutzenberger di tahun 1865 [11]. Dalam asetilasi, menggunakan asam sulfat sebagai katalis, selulosa bereaksi dengan asam asetat dan anhidrida asetat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Selulosa dapat dibuat dibuat dengan metode lain seperti N, N- karbonil imidazol, dialkyl carbodiimide, iminium chloride, transesterifikasi, dan esterifikasi bukaan cincin [12].



Gambar 1. Skema Preparasi Selulosa Asetat dari Selulosa dengan Asetilasi

Selulosa asetat sebagai material pembuatan biofoam perlu ditingkatkan sifat mekaniknya sehingga dibentuk menjadi nanofiber dengan menggunakan metode *electrospinning*. Electrospun polymer nanofibers memiliki berbagai kelebihan dan sifat unik, diantaranya luas permukaan yang besar, tingginya porositas dengan ukuran pori kecil, diameter serat kecil, memperkuat sifat mekanik dan fleksibilitas dapat diformulasikan dalam berbagai bentuk [13].

2.2. Metode

Metode yang digunakan dalam penyusunan *narrative review* sebagai berikut :

- a. Penyusunan *narrative review* menggunakan metode *literatur review* atau studi kepustakaan yang berkaitan dengan rumusan masalah. Referensi utama yang digunakan adalah jurnal ilmiah edisi *online*.
- b. Kriteria jurnal yang direview adalah artikel jurnal penelitian berbahasa Indonesia dan Inggris dengan tema *biodegradable foam nanofiber berbasis selulosa asetat dari limbah kertas*.

Literature review ini menggunakan literatur terbitan tahun 2007-2020 yang dapat diakses *fulltext* dalam format pdf dan *scholarly (peer reviewed journals)*

3. Hasil dan Diskusi

Biofoam PVA yang dengan selulosa nanofiber memiliki sifat yang tahan terhadap air, stabilitas dimensi baik, serta biodegradasi cepat. Biofoam CNF diatas 40%, serat-serat menjadi mencolok dan jaringan serat yang berorientasi secara acak [14]. Peningkatan kandungan CNF mengakibatkan peningkatan bertahap dalam ukuran saluran berpori. Selulosa nanofibril yang bersifat kaku dan struktur pori kompak menjadi material pendukung yang baik untuk biofoam PVA. Biofoam yang digabungkan dengan CNFs menunjukkan hasil yang baik pada rasio CNFs 30% dengan peningkatan tegangan dan modulus biofoam menyebabkan peningkatan sifat mekanik dan efek penyerapan energinya [15]. CNFs yang bersifat kurang higroskopis dibandingkan dengan PVA menyebabkan penurunan serapan air biofoam seiring dengan peningkatan kadar CNFs. Namun, Liu et.al., melaporkan ketika kadar CNFs diatas 40% rasio berat, serapan air menunjukkan perubahan yang cenderung stabil [16]. Hal ini disebabkan oleh porositas dan volume ruang simpan air yang semakin konstan. Oleh karena itu, penyerapan air pada biofoam relevan dengan ukuran pori dan porositas. Biofoam dengan porositas yang lebih tinggi dan sel yang lebih terbuka akan mudah diakses oleh mikroba untuk masuk ke bagian dalam busa komposit dengan luas permukaan yang cukup dan stabilitas dimensi yang baik di bawah kelembaban tinggi. Karakteristik biofoam CNFs-PVA yang pernah diteliti oleh Liu et.al., didapatkan hasil densitas dan fleksibilitas yaitu 0,039 g/cm³ dan 0,56 MPa untuk CNFs 30% serta 0,037 g/cm³ dan 0,29 MPa untuk CNFs 40% [16]

Zhang et.al., meneliti biofoam pati dengan penambahan kitosan menunjukkan sifat hidrofilik yang lebih rendah daripada tanpa penambahan kitosan [17]. Kasemsiri juga melakukan hal serupa dengan menunjukkan bahwa kitosan mampu meningkatkan densitas dan kekuatan lentur biofoam pati. Biofoam pati-kitosan mempunyai karakteristik seperti densitas antara 0,13 sampai 0,14 g/cm³; kuat tarik 1,49 sampai 2,34 %; dan fleksibilitas 0,59 sampai 0,70 Mpa [18]. Selain itu, biofoam pati dengan penambahan bahan lain seperti gluten, biji wijen, dan bubur selulosa juga mempengaruhi sifatnya, seperti densitas (0,23 sampai 0,46; 0,23 sampai 0,30; dan 0,32 sampai 0,60 g/cm³) dan fleksibilitas (1,5 sampai 3,8; 1,9 sampai 7,4; dan 2,00 sampai 3,03 MPa) [19]. Penelitian yang dilakukan oleh Hendrawati mempelajari biofoam pati dengan penambahan *polyvinyl alcohol (PVA/PVOH)*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan dilakukannya penambahan PVA akan akan meningkatkan kekuatan tekan dan biodegradabilitas dari biofoam pati [20].

4. Kesimpulan

Biofoam yang mudah terdegradasi sebagai pengganti styrofoam menjadi salah satu solusi dari pengurangan limbah styrofoam dengan pemanfaatan selulosa pada limbah kertas. Kandungan selulosa pada limbah kertas berpotensi menjadi bahan dasar dari pembuatan biofoam. Asetilasi pada selulosa dilakukan untuk meningkatkan sifat ketahanan panas. Selulosa asetat dibuat serat nano untuk meningkatkan sifat mekanik dan penambahan PVA untuk menurunkan daya serap air.

5. Referensi

- [1] Paramita, M. P. 2019. Pengaruh Variasi Waktu Dan Suhu Proses Thermopressing Pada Pengembangan Biodegradable Foam Berbasis Tapioka Dan α -Selulosa Kulit Singkong. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

- [2] Coniwati, P., Mu'in, R., Saputra, H.W., Ra, M.A., and Robinsyah, R. 2018. Pengaruh Konsentrasi NaOH serta Rasio Serat Daun Nanas dan Ampas Tebu pada Pembuatan Biofoam. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(1): 1-7.
- [3] Etikaningrum, N., Hermanianto, J., Iriani, E. S., Syarief, R., dan Permana, A. W., 2018. Pengaruh Penambahan Berbagai Modifikasi Serat Tandan Kosong Sawit pada Sifat Fungsional Biodegradable Foam. *Indonesian Journal of Agricultural Postharvest Research*, 13(3): 146-155.
- [4] Hermawan, Y. A. 2009. *Konversi Limbah Kertas Menjadi Etanol Menggunakan Enzim Selulase dan Selobiase Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak*. Depok: Universitas Indonesia.
- [5] Fajrin, A., Sari, L. A., Rahmawati, N., Saputra, O. A., dan Suryanti, V. 2017. Preparation and Mechanical Properties of Chitosan-graft Maleic Anhydride Reinforced with Montmorillonite. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 176(1): 012001.
- [6] Hasanin, M. S., Mostafa, A. M., Mwafy, E. A., dan Darwesh, O. M. 2018. Eco-friendly Cellulose Nanofibers via First Reported Egyptian Humicola fuscoatra Egyptia X4: Isolation and Characterization. *Environmental nanotechnology, monitoring and management*, 10: 409-418
- [7] Foster, E. J., Moon, R. J., Agarwal, U. P., Bortner, M. J., Bras, J., Camarero-Espinosa, S., ... and Fox, D. M. 2018. Current characterization methods for cellulose nanomaterials. *Chemical Society Reviews*, 47(8): 2609-2679.
- [8] Hassan, M. L., Abou-Zeid, R. E., Fadel, S. M., El-Sakhawy, M., dan Khiari, R. 2014. Cellulose Nanocrystals and Carboxymethyl Cellulose from Olive Stones and Their Use to Improve Paper Sheets Properties. *International Journal of Nanoparticles*, 7(3-4): 261-277.
- [9] de Souza, A. G., Rocha, D. B., Kano, F. S., and dos Santos Rosa, D. 2019. Valorization of industrial paper waste by isolating cellulose nanostructures with different pretreatment methods. *Resources, Conservation and Recycling*, 143: 133-142.
- [10] Jiang, J., Carrillo-Enrriquez, N. C., Oguzlu, H., Han, X., Bi, R., Saddler, J. N., ... and Jiang, F. (2020). Acidic deep eutectic solvent assisted isolation of lignin containing nanocellulose from thermomechanical pulp. *Carbohydrate Polymers*, 247, 116727.
- [11] Wsoo, M.A., Shahir, S., Bohari, S.P.M., Nayan, N.H.M. and Abd Razak, S.I., 2020. A review on the properties of electrospun cellulose acetate and its application in drug delivery systems: A new perspective. *Carbohydrate Research*, p.107978.J.
- [12] Cheng, H.N., Dowd, M.K., Selling, G.W. and Biswas, A., 2010. Synthesis of cellulose acetate from cotton byproducts. *Carbohydrate polymers*, 80(2): 449-452.
- [13] Pant, B., Park, M. and Park, S.J., 2019. Drug delivery applications of core-sheath nanofibers prepared by coaxial electrospinning: a review. *Pharmaceutics*, 11(7), p.305.
- [14] Svagan, A. J., Samir, M. A. S. A., and Berglund, L. A. 2008. Biomimetic Foams of High Mechanical Performance Based on Nanostructured Cell Walls Reinforced by Native Cellulose Nanofibrils. *Advanced Materials*, 20(7): 1263-1269.
- [15] Hsieh, W. C., Chang, C. P., and Lin, S. M. 2007. Morphology and characterization of 3D micro-porous structured chitosan scaffolds for tissue engineering. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 57(2): 250-255.
- [16] Liu, D., Ma, Z., Wang, Z., Tian, H., and Gu, M. 2014. Biodegradable Poly(vinyl alcohol) Foams Supported by Cellulose Nanofibrils: Processing, Structure, and Properties. *Langmuir*, 30(31): 9544-9550.
- [17] Zhang, X., Teng, Z., and Huang, R. 2020. Biodegradable Starch/Chitosan Foam via Microwave Assisted Preparation: Morphology and Performance Properties. *Polymers*, 12(11): 1-17.
- [18] Kasemsiri, P., Dulsang, N., Pongsa, U., Hiziroglu, S., and Chindaprasirt, P. 2016. Optimization of Biodegradable Foam Composites from Cassava Starch, Oil Palm Fiber, Chitosan and Palm Oil Using Taguchi Method and Grey Relational Analysis. *Journal of Polymers and the Environment*, 25(2): 378-390.
- [19] Sanhawong, W., Banhalee, P., Boonsang, S. and Kaewpirom, S., 2017. Effect of concentrated natural rubber latex on the properties and degradation behavior of cotton-fiber-reinforced cassava starch biofoam. *Industrial Crops and Products*, 108, pp.756-766.

- [20] Hendrawati, N., Wibowo, A. A., and Chrisnandari, R. D. 2020. Biodegradable Foam dari Pati Sagu Terasetilasi dengan Penambahan Blowing Agent NaHCO_3 . *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 4(2): 186-195.