

Pengaruh Jenis Sumber Karbon Terhadap Pembuatan dan Sifat *Bacterial Cellulose*

Anas Santria*, dan Djulia Onggo

Abstrak

Pada penelitian ini telah dipelajari pengaruh jenis sumber karbon terhadap pembuatan dan sifat bacterial cellulose (BC). Sumber karbon yang digunakan adalah air kelapa, air cucian beras, air rambutan, air singkong, jagung, pisang, gula tebu, glukosa dan fruktosa. Masing-masing sumber karbon tersebut difermentasi menggunakan *acetobacter xylinum* dengan sumber nitrogen ammonium sulfat, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Semua sumber karbon berhasil difermentasi menjadi BC kecuali glukosa. Glukosa bukan sumber karbon yang sesuai bagi perkembangan *acetobacter xylinum* dengan sumber nitrogen ammonium sulfat. Semua BC hasil fermentasi dipanen ketika BC sudah mencapai ketebalan 1 cm. BC yang paling cepat dipanen adalah BC dari sumber karbon air kelapa (6 hari), sedangkan BC dari sumber karbon yang lain berkisar antara 9-18 hari. Kadar air BC dari masing-masing sumber karbon dihitung dengan cara membandingkan selisih massa BC basah dan kering terhadap BC basah. Hasilnya, BC dengan kadar air tertinggi adalah BC air singkong (99,6%) dan kadar air BC dari sumber karbon lainnya berkisar antara 98% – 99%. Morfologi BC dianalisis dengan menggunakan SEM (Scanning Electronic Microscope) pada pembesaran 20.000 kali. Hasilnya menunjukkan bahwa BC air singkong memiliki celah serat paling besar, yaitu 5-200 nm, sedangkan BC sumber karbon lain seperti air cucian beras dan rambutan memiliki celah serat 5-100 nm.

Kata-kata kunci: bacterial cellulose, fermentasi, *acetobacter xylinum*, SEM

Pendahuluan

Bacterial cellulose (BC) atau nata merupakan selulosa hasil sintesis dari beberapa jenis bakteri seperti *Gluconacetobacter* (*acetobacter*), *Rhizobium*, *Agrobacterium* dan *Sarcina* [1]. BC yang dihasilkan tersusun atas serat selulosa yang memiliki kemurnian sangat tinggi (bebas dari hemiselulosa, lignin dan pektin) dan berukuran 3-8 nm. Selain itu, BC juga memiliki kapasitas menahan air yang sangat tinggi sehingga kadar air dalam BC juga sangat tinggi yaitu lebih dari 98% [2].

Penelitian dan produksi BC dari waktu ke waktu semakin luas. Luasnya penelitian tersebut dikarenakan BC memiliki potensi untuk dikembangkan dalam banyak aplikasi seperti sebagai makanan [3], material biosensor [4], membran mikrofilter [5], reaktor mini untuk pertumbuhan senyawa kompleks [6-8], dll. Sayangnya, hampir semua penelitian tersebut hanya menggunakan satu jenis BC yaitu *nata de coco* yang merupakan jenis BC dari sumber karbon air kelapa. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang pembuatan BC dari jenis sumber karbon yang lain. Adapun yang ingin diketahui dalam penelitian ini adalah pengaruh sumber karbon terhadap ukuran celah serat BC.

Eksperimen

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk pembuatan BC antara lain sumber karbon, ammonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, asam asetat dan bakteri jenis *acetobacter xylinum* yang berperan sebagai bakteri pembentuk BC. Sumber karbon yang digunakan antara lain air kelapa, air cucian beras, air perasan singkong, air rambutan, pisang, dan jagung. Selain sumber-sumber karbon tersebut, digunakan juga sumber karbon sukrosa, glukosa dan fruktosa sebagai blanko. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah neraca analitik, kaca arloji, spatula, gelas kimia 500 mL, *hotplate*, batang pengaduk, penyaring, toples gelas, kertas HVS 70 gram/m² dan karet gelang.

Pembuatan *Bacterial Cellulose* (BC)

Pembuatan *bacterial cellulose* (BC) mengikuti prosedur yang telah dipublikasikan [5] dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 500 mL sumber karbon dipanaskan sampai mendidih. Ke dalam sumber karbon yang telah mendidih kemudian dilarutkan 45 gram gula tebu dan 8 gram ammonium sulfat. Setelah semua zat tersebut larut, kemudian ditambahkan asam asetat secukupnya sampai pH larutan berada pada rentang 3-4 yang merupakan rentang pH dimana bakteri *acetobacter xylinum* dapat hidup dan berkembang biak. Setelah itu, larutan tersebut

dinginkan selama 2 jam pada suhu ruangan. Selanjutnya, larutan dipindahkan ke dalam wadah berupa toples transparan yang steril dan kemudian didinginkan kembali sampai mencapai 27 – 30 °C. Ke dalam larutan tersebut kemudian ditambahkan *starter acetobacter xylinum* sebanyak 50 mL dan kemudian toples ditutup dengan kertas HVS 70 g/m². Setelah itu, larutan disimpan di ruangan yang mempunyai suhu 27 °C - 30 °C hingga terbentuk BC. Setelah didapatkan BC setebal 1 cm, BC tersebut dipanen dan dicuci hingga bersih. Agar tidak mengalami kerusakan, BC yang sudah dicuci kemudian disimpan dalam larutan alkohol teknis. Sebagai blanko, digunakan 500 mL larutan yang dibuat dari 45 gram gula tebu (sukrosa) tanpa penambahan sumber karbon lain. Selain itu, dilakukan juga pembuatan blanko dari 9 gram glukosa dan 9 gram fruktosa. Masing-masing digunakan sebagai pengganti gula tebu dan kemudian difermentasi dengan prosedur yang sama.

Penentuan Kadar Air dan Analisis Morfologi

Penentuan kadar air dari masing-masing BC dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$D_w = (m_0 - m_1)/m_0 \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

D_w = kadar air dalam BC

m_0 = massa BC basah

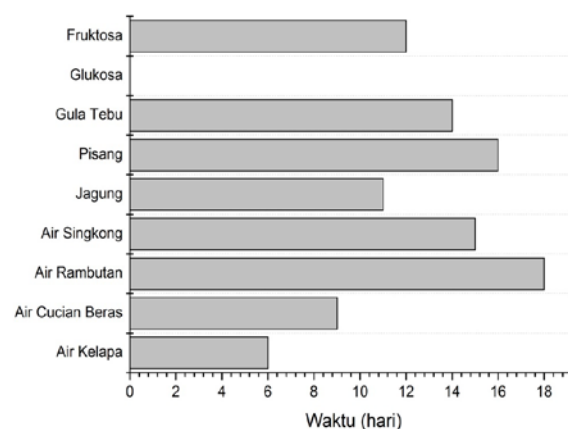
m_1 = massa BC kering

Analisis morfologi BC dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electronic Microscope* (SEM). Sebelum dianalisis, masing-masing sampel BC dipotong hingga berukuran 5 mm x 5 mm dan dilapisi dengan logam platina agar memiliki sifat konduktor. Pelapisan dilakukan selama 210 detik, pada arus 10 mA dan tekanan 10⁴ Pa. Setelah itu, sampel dianalisis menggunakan alat SEM dengan voltase sebesar 8 kV - 15 kV dengan pembesaran pertama yaitu 20.000 dan pembesaran kedua sebesar 30.000 kali.

Hasil dan diskusi

Melalui proses fermentasi dengan bantuan bakteri *Acetobacter Xylinum* didapatkan delapan jenis *bacterial cellulose* (BC) dengan diameter 9 cm yang mempunyai ketebalan 1 cm. Delapan jenis BC tersebut antara lain *nata de coco* yang berasal dari air kelapa, *nata de leri* yang berasal dari air cucian beras, *nata de rambutan* yang berasal dari air rambutan, *nata de cassava* yang berasal dari singkong, *nata de corn* dari jagung, *nata de banana* dari buah pisang, *nata de sukrosa* dari larutan gula tebu dan *nata de fruktosa* yang berasal dari larutan fruktosa.

Meskipun masing-masing BC tersebut memiliki ukuran yang sama, namun waktu pembentukan atau fermentasinya berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Waktu fermentasi sumber karbon menjadi *bacterial cellulose* dengan tebal 1 cm.

Perbedaan waktu fermentasi tersebut diyakini terjadi akibat adanya perbedaan komposisi dari masing-masing sumber karbon. Seperti yang terlihat pada Gambar 1, sumber karbon yang memiliki gula fruktosa tinggi (air rambutan, gula tebu dan pisang) menunjukkan waktu fermentasi lebih lama dari waktu fermentasi sumber karbon blanko fruktosa. Sebaliknya, sumber karbon yang lainnya seperti jagung, air cucian beras dan air kelapa memiliki waktu yang lebih cepat dari fruktosa.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa sumber karbon blanko glukosa tidak dapat difermentasi menjadi BC. Hal ini menunjukkan bahwa glukosa bukan merupakan satu-satunya faktor yang mempengaruhi terbentuknya BC. Pembentukan BC juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti sumber nitrogen seperti yang diungkapkan pada penelitian lain [9]. Pada penelitian tersebut diungkapkan bahwa sumber karbon seperti glukosa berhasil diproduksi menjadi BC dalam media kultur yang sumber nitrogennya berasal dari ekstrak ragi dan pepton. Oleh karena itu, tidak terbentuknya BC dari sumber karbon glukosa sangat mungkin terjadi karena ketidakcocokan media kultur yang dipakai pada penelitian ini.

Dari delapan jenis BC yang berhasil dibuat, hanya lima jenis BC yang dipilih untuk dikarakterisasi. Pemilihan tersebut didasarkan pada bentuk fisik masing-masing BC. Secara fisik, *nata de sukrosa* mirip dengan *nata de fruktosa*, *nata de corn* mirip dengan *nata de cassava*, dan *nata de banana* mirip dengan *nata de rambutan* sehingga yang dikarakterisasi hanya salah satunya saja. Kelima BC yang

dipilih mempunyai warna putih dan tekstur yang lembut dengan kandungan air di atas 98%. Tingginya kadar air dalam BC disebabkan oleh sifat liofil dari BC tersebut. Sifat liofil BC menyebabkan daya serap terhadap molekul-molekul air menjadi besar sehingga terjadi pengembangan sampai batas tertentu [10]. Dari kelima BC tersebut, *nata de cassava* merupakan BC yang memiliki kandungan paling tinggi yaitu sebesar 99,6%.

Pengamatan menunjukkan bahwa dalam keadaan basah (belum diberikan perlakuan), air yang berada di luar BC susah untuk masuk ke dalam BC. Hal tersebut dikarenakan serat-serat BC yang berlapis-lapis dan rapat membatasi jumlah air yang masuk ke dalamnya. Selain itu, susunan dan banyaknya serat juga menyebabkan BC memiliki kekuatan tarik yang sangat besar. Pada Gambar.2 berikut ini diperlihatkan bentuk fisik dari masing-masing BC.



(a)



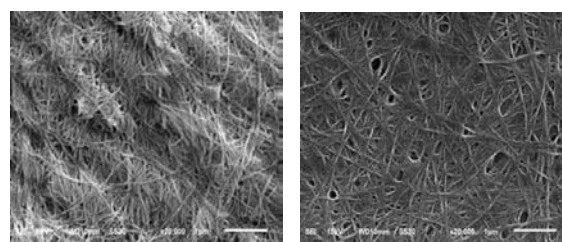
(b)

Gambar 2. Bentuk fisik *bacterial cellulose*: (a) *nata de cassava*, (b) *nata de leri*.

Gambar 2 menunjukkan bahwa *nata de cassava* merupakan BC yang paling lentur di antara lima BC yang berhasil dibuat. Hal tersebut terjadi karena dua faktor yaitu jumlah serat dan jumlah air yang dikandungnya. Semakin banyak jumlah serat dalam BC, maka semakin sedikit air yang dapat masuk ke dalam BC tersebut. Jika air yang dikandung BC semakin sedikit, maka BC tersebut akan semakin kaku. Jika dilihat dari tingginya kadar air dalam *nata de cassava*, maka dapat dikatakan bahwa *nata de cassava* memiliki jumlah serat paling sedikit jika dibandingkan dengan BC lainnya. Kesimpulan ini didukung dengan hasil SEM pada Gambar 3 yang memperlihatkan besarnya celah antar serat dalam *nata de cassava*.

Gambar 3 merupakan foto SEM permukaan atas dari *nata de leri* dan *nata de cassava*.

Melalui Gambar 3 tersebut terlihat bahwa kedua BC tersusun atas banyak serat yang bertumpuk. Serat-serat tersebut merupakan serat selulosa yang mengalami proses pengeringan. Pada Gambar 3(a) terlihat bahwa serat-serat selulosa dalam *nata de leri* tersusun secara tidak teratur dan membentuk celah yang sangat kecil (berukuran nano). Berbeda dengan *nata de leri*, *nata de cassava* memiliki serat-serat selulosa dengan ukuran dan celah yang lebih besar seperti yang terlihat pada Gambar 3(b).



(a)

(b)

Gambar 3. Hasil SEM dari (a) *nata de leri*, dan (b) *nata de cassava*.

Berdasarkan Gambar 3, *nata de cassava* merupakan BC yang memiliki rentang celah lebih besar dibandingkan dengan *nata de leri*. Hal ini dimungkinkan terjadi karena kadar air *nata de cassava* (99,6%) lebih besar daripada *nata de leri* (99%). Selain itu, besarnya celah dalam *nata de cassava* juga menjadi salah satu indikator yang menyatakan bahwa *nata de cassava* memiliki jumlah serat paling sedikit. Meskipun *nata de cassava* memiliki celah paling besar, namun *nata de cassava* masih mungkin untuk dijadikan sebagai reaktor mikro, membran, atau pengontrol ukuran kristal. Hal tersebut dikarenakan besar celah serat dalam *nata de cassava* berkisar antara 5 – 200 nm.

Berbeda dengan *nata de cassava*, serat-serat yang ada dalam *nata de coco* [6,7] dan *nata de leri* tersusun sangat banyak dan rapat seperti yang terlihat pada Gambar 3(a). Kerapatannya menyebabkan celah yang terbentuk sangat kecil sekali yaitu sebesar 5-100 nm. Dengan kecilnya celah serat dalam BC tersebut, ukuran logam atau senyawa kompleks dapat dikontrol sehingga terbentuk kristal tunggal atau kompleks berskala nano.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- Fruktosa merupakan gula yang penting dalam dalam pembentukan BC.
- Glukosa bukan sumber karbon yang sesuai untuk berkembangnya *acetobacter xylinum* dalam media dengan sumber nitrogen ammonium sulfat.
- BC dari air cucian beras (leri) memiliki ukuran celah paling kecil diantara BC lainnya, yaitu 5-100 nm.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan finansial dari BPPDN Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi KEMENRISTEK pada penelitian ini.

Referensi

- [1] R. Jonas., and L.F. Farah, "Production and application of microbial cellulose", *Polymer Degradation and Stability* (59), 101 -106 (1998)
- [2] G.O. Philips and P.A. Williams, "Handbook of Hydrocolloids", Woodhead Publishing Limited, Cambridge, United Kingdom, 2nd edition., 2008, pp.724-739
- [3] Z. Shi, Y. Zhang, G.O. Phillips., and G. Yang, "Review Utilization of bacterial cellulose in food", *Food Hydrocolloids* (35), 539-545 (2014)
- [4] T. Mulyono, Asnawati, I. Noviandri., dan Buchari, "Potensi Membran Nata de Coco Sebagai Material Biosensor" , *Jurnal ILMU DASAR* (8), 128 – 134 (2007)
- [5] C.J. Radiman., and G. Yuliani, "Coconut Water as Potential Resource for Cellulose Acetate Membrane Preparation", *Polym. Int.* (57), 502-508 (2008)
- [6] D. Onggo, J.A. Real, I. Mulyani, I. Syahbanu, M. Aminah, "The Study of Thermal Spin Crossover Tris-Amino Triazole Iron (II) Complex in A Natural Biopolymer *Nata de Coco*", *Proceeding of the XXII International Conference on Coordination and Bioinorganic* (2011), Bratislava, Slovakia, pp. 425-430
- [7] Sumarno, "Studi Komposit Besi(II)-Htrz-*Nata De Coco* Untuk Pembelajaran Kimia Kompleks", Tesis Program Magister Pengajaran Kimia, Institut Teknologi Bandung, Indonesia, 2011
- [8] Trinarti Ekajati, "Sintesis Kompleks Besi(II)-1,2,4-4H-Triazol dengan Anion Sulfat, Iodida, dan Bromida dalam Biopolimer *Nata de Coco*", Tesis Program Magister

Pengajaran Kimia, Institut Teknologi Bandung, Indonesia, 2014

- [9] F. Mohammadkazemi, M. Azin., and A. Ashori, "Production of Bacterial Cellulose Using Different Carbon Sources and Culture Media", *Carbohydrate Polymers* (117), 518 – 523 (2015)
- [10] T. Maneerung, S. Tokura., and R. Rujiravanit, "Impregnation of Silver Nanoparticles into Bacterial Cellulose for Antimicrobial Wound Dressing", *J. Carbohydrate Polymers* (07), 025 (2007)

Anas Santria*

Program Studi Magister Kimia, FMIPA
Institut Teknologi Bandung
anas.santria@gmail.com

Djulia Onggo

Program Studi Magister Kimia, FMIPA
Institut Teknologi Bandung
djulia@chem.itb.ac.id

*Corresponding author