

PENGGUNAAN *BIO-FABRIC* HASIL FERMENTASI LIMBAH AGRIKULTUR SEBAGAI *GARNITURE* BUSANA *READY TO WEAR* *THE UTILIZATION OF BIO-FABRIC FERMENTED FROM AGRICULTURAL WASTE AS GARNITURE ON READY TO WEAR CLOTHES*

Eka Oktariani, Ahmad Ibrahim Makki, Ursae Pramesvari

Politeknik STTT Bandung, Jalan Jakarta No. 31 Bandung
E-mail: ekaoktariani90@gmail.com

Tanggal diterima: 21 April 2022, direvisi: 22 November 2022, disetujui terbit: 9 Desember 2022

ABSTRAK

Bio-fabric merupakan material yang berasal dari hasil metabolit makhluk hidup, seperti jamur dan bakteri. Karakteristik *bio-fabric* bergantung pada biomassa pembentuknya. *Bio-fabric* yang berasal dari bakteri genus *Acetobacter* memberikan kenampakan seperti kulit hewan, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai material pengganti kulit hewan. Kulit hewan merupakan material yang masih digemari penikmat *fashion* untuk dijadikan sebagai bahan pelengkap busana (*garniture*), tetapi penggunaannya memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan pelestarian hewan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan imitasi material kulit yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan selulosa bakterial yang ditumbuhkan dengan bakteri *Acetobacter*. Penggunaan substrat yang berbeda sebagai medium tumbuh memberikan karakteristik selulosa bakterial yang berbeda, maka pada penelitian ini digunakan campuran limbah agrikultur (buah nanas dan mangga) dengan teh pada variasi perbandingan 1:1, 1:5, 1:10, 5:1, dan 10:1 (w/w) untuk mendapatkan selulosa bakterial dengan karakteristik terbaik. Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa kultur media yang memberikan *yield* paling baik pada medium limbah mangga adalah pada perbandingan limbah mangga : teh 1:5 dengan *yield* 1,35 g/g, sementara untuk medium dari limbah nanas adalah pada perbandingan limbah nanas : teh 1:10 dengan *yield* 1,194 g/g. Berdasarkan hasil uji karakteristik, selulosa bakterial yang ditumbuhkan dengan limbah nanas : teh 1:10 memberikan nilai ketebalan dan kekuatan tarik terbaik, yakni masing-masing sebesar 0,52 mm dan 6890 g. Selulosa bakterial ini kemudian dijahit menjadi *garniture* pada busana *ready to wear*.

Kata kunci: *Acetobacter*, selulosa bakterial, tekstil, *garniture*, *bio-fabric*

ABSTRACT

Bio-fabric is a biomaterial produced by living organism, such as fungal and bacteria. The characteristic of *bio-fabric* is affected by constituent biomass. *Bio-fabric* produced by *Acetobacter* has a unique appearance like animal skin, hence can be utilized as animal skin material substitutes. Animal skin is a material that is still popular for fashion connoisseurs to be used as the main material and complementary material for clothing (*garniture*), but it has a negative impact on the environment and animal conservation. This research was carried out to obtain environmentally friendly material that has a skin-like appearance, by utilizing bacterial cellulose grown with *Acetobacter* bacteria. The use of different substrates as growing medium gives different bacterial cellulose characteristics, so in this study a mixture of agricultural waste (pineapple and mango pulp) was used with tea in a ratio of 1:1, 1:5, 1:10, 5:1, and 10:1 (w/w) to obtain bacterial cellulose with the best characteristics. The result of this research which presents the best yield on mango medium is at the ratio of mango: tea 1:5 with a yield of 1.35 g/g, while on pineapple medium, at the ratio of pineapple waste : tea 1:10 with a yield of 1.194 g/g. Based on the characteristic testing results, bacterial cellulose grown with pineapple waste : tea 1:10 gives the best thickness value of 0.52 mm and a tensile strength of 6890 g. This bacterial cellulose is then sewn into *garniture* on ready to wear clothing.

Keywords: *Acetobacter*, bacterial cellulose, textile, *garniture*, *bio-fabric*

PENDAHULUAN

Industri *fashion* merupakan industri yang dinamis. Konsep industri *eco-fashion* merupakan salah satu tren yang banyak digemari saat ini terutama pada busana *ready to wear*. Busana *ready to wear* merupakan busana yang tersedia dalam desain dan ukuran siap pakai, tanpa harus melakukan

pengukuran badan terlebih dahulu. Penambahan *garniture*/aplikasi berbahan kulit pada busana *ready to wear* dapat menambah unsur estetika dengan kesan *edgy* dan modern pada busana tersebut. Sayangnya, material kulit hewan yang banyak digunakan sebagai *garniture* memberikan dampak buruk bagi lingkungan, di antaranya menghasilkan limbah zat

berbahaya seperti kromium dan sulfida,¹ serta pertimbangan terhadap kepunahan hewan. Hal ini bertentangan dengan konsep *eco-fashion* yang banyak diusung saat ini. Dasar inilah yang mendorong dikembangkannya material ramah lingkungan yang memiliki karakteristik seperti kulit hewan, namun berasal dari material dan proses yang ramah lingkungan.

Selulosa bakterial merupakan material ramah lingkungan yang berasal dari hasil fermentasi glukosa atau sukrosa bakteri *Acetobacter* sp. Selulosa bakterial memiliki sifat seperti selulosa namun secara visual memiliki kenampakan seperti kulit.² Material ini dapat digunakan sebagai alternatif untuk menggantikan kulit hewan.

Salah satu biomassa yang dapat mensintesis selulosa bakterial adalah bakteri *Acetobacter*. Pembentukan selulosa bakterial terjadi melalui proses sintesis polimer polisakarida secara ekstraseluler dan menghasilkan lapisan selulosa bakterial pada sekeliling sel biomassa.³ Jaringan fibril selulosa bakterial yang terbentuk dari jaringan nanofiber tiga dimensi terstruktur, menghasilkan lembaran hidrogel dalam luas permukaan yang cukup besar dan tingkat porositas yang besar.⁴

Bakteri ini membutuhkan sumber karbon untuk tumbuh dan menghasilkan selulosa bakterial dalam proses fermentasinya. Penggunaan limbah agrikultur sebagai sumber karbon yang murah dan ramah lingkungan telah diteliti sebelumnya, seperti penggunaan substrat dari limbah buah dan sayuran,⁵ limbah buah nanas,⁶ ampas ragi,⁷ limbah gandum,⁸ dan produk samping pengolahan jagung⁹ terbukti efektif digunakan sebagai sumber karbon dalam produksi selulosa bakterial. Selulosa bakterial yang diproduksi oleh sumber karbon yang berbeda memiliki *yield* dan ketebalan yang berbeda pula.¹⁰ Hal ini berpengaruh terhadap kenampakan visual selulosa bakterial yang dihasilkan. Selulosa bakterial yang memiliki ketebalan terlalu tinggi atau terlalu rendah mengakibatkan selulosa bakterial menjadi sulit untuk dijahit dan diaplikasikan sebagai *garniture*.

Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini dilakukan pembuatan material selulosa bakterial dengan memanfaatkan limbah agrikultur buah nanas dan mangga sebagai alternatif material ramah lingkungan pengganti kulit hewan sebagai *garniture* pada busana *ready to wear*. Pada penelitian ini dilakukan pula variasi penggunaan limbah nanas dan mangga sebagai sumber karbon bakteri *Acetobacter* untuk mengetahui pengaruh sumber karbon terhadap karakteristik (ketebalan, *yield*, dan kekuatan tarik) selulosa bakterial. Karakteristik selulosa bakterial berpengaruh terhadap kemudahan pengaplikasian *garniture* pada bahan.

METODE

Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah *Starter Scoby* dari Indo Kombucha Indonesia sebagai starter bakteri, cuka apel dari S&W *Apple Cider Vinegar*, teh hijau, limbah agrikultur buah-buahan (buah mangga dan buah nanas), sukrosa, sabun netral, dan air destilasi.

Peralatan

Peralatan yang digunakan di laboratorium meliputi botol contoh uji kaca mulut lebar, gelas ukur 1000 ml, pengaduk, neraca digital, kotak plastik sebagai tempat kultur bakteri, mikroskop, kaca preparat, dan *thickness tester*.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Persiapan dan Pencelupan Politeknik STTT Bandung. Metode fermentasi dilakukan dengan membuat kultur medium kontrol dan kultur medium tumbuh dari limbah agrikultur.

Kultur medium kontrol dibuat dengan melarutkan 1,25% (w/v) teh hijau kering sebagai sumber nitrogen dan 20% (w/v) sukrosa sebagai sumber karbon ke dalam air mendidih selama 10 menit.¹⁰ Kemudian dilakukan penambahan 10% (w/v) cuka apel ke dalam larutan teh dan pemasukan *starter scoby* ke dalam kultur medium kontrol. Waktu fermentasi berlangsung selama 9 hari. Setelah 9 hari dilakukan panen selulosa bakterial dengan memisahkan selulosa bakterial dari larutan dan merendamnya menggunakan air panas 100°C dan NaOH dengan konsentrasi 4 g/L selama 15 menit. Pengeringan dilakukan pada suhu kamar selama 24 jam.

Kultur medium tumbuh dengan limbah agrikultur dibuat sesuai dengan metode pembuatan kultur medium kontrol menggunakan variasi perbandingan larutan limbah (mangga atau nanas) : teh yakni 1:1, 1:5, 1:10, 5:1, dan 10:1 (w/w). Limbah buah berupa buah mangga ataupun nanas yang telah busuk dipisahkan dari kulit dan bijinya, kemudian dihaluskan sampai berbentuk cairan. Sementara sumber nitrogen didapat dengan cara melarutkan 1,25% (w/v) teh hijau kering. Limbah buah nanas ataupun mangga serta larutan teh kemudian ditimbang sesuai dengan variasi perbandingan yang digunakan (basis w/w). Pembuatan kultur medium tumbuh untuk limbah nanas dan limbah mangga masing-masing dilakukan pada kotak plastik yang berbeda.

Pengujian

Karakterisasi dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap *bio-fabric* selulosa bakterial dengan jenis pengujian berupa uji ketebalan selulosa bakterial dengan *Analogue Fabric Thickness Gauge Meter* sesuai dengan ASTM D-1777-96 : *Standard*

Method for Thickness of Textile Material dan uji kekuatan tarik kain sesuai dengan SNI ISO 0276 : 2009 Cara Uji Kekuatan Tarik dan Mulur Kain Tenun. Pada *bio-fabric*, dilakukan pula analisis morfologi dengan uji SEM. Karakterisasi dan pengujian *bio-fabric* dilakukan di laboratorium evaluasi kimia dan teknik tekstil di Politeknik STTT Bandung.

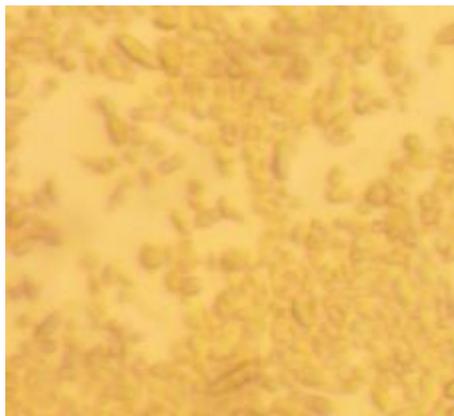
Aplikasi pada Busana *Ready to Wear*

Selulosa bakterial hasil fermentasi menggunakan media kultur limbah agrikultur dengan *yield*, kekuatan tarik, dan ketebalan paling sesuai kemudian dilakukan proses penjahitan sebagai *garniture* pada busana *ready to wear*. Selulosa bakterial dijahit pada bagian punggung busana *ready to wear* dengan model mantel panjang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kultur Selulosa Bakterial

Starter bakteri yang digunakan untuk kultur bakteri selulosa berasal dari *starter scoby* komersial untuk teh yang difermentasi dengan bakteri *Acetobacter*. Identifikasi kultur bakteri awal dilakukan dengan analisis citra, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Berdasarkan analisis citra yang dilakukan, terlihat kumpulan sel bakteri berbentuk bulat memanjang, berukuran kecil dalam bentukan sel individual ataupun berkaitan dengan sel individual lainnya, sesuai dengan ciri bakteri *Acetobacter*. Citra ini sejalan dengan gambaran umum sel *Acetobacter*, yaitu berbentuk bulat, memanjang, menggebu, berserabut, dan dapat terlihat dalam bentuk sel individual atau berkoloni.^{11,12}



Gambar 1. Morfologi *Acetobacter* dari Kultur Media

Aklimatisasi kultur awal *Acetobacter* dilakukan pada media kontrol selama 5 hari dengan pengamatan dilakukan secara visual hari per hari. Berdasarkan pengamatan secara visual yang dilakukan, selulosa bakterial dapat tumbuh dengan baik pada lapisan permukaan antara kultur media dengan udara membentuk lapisan film tipis berwarna

putih berdiameter seukuran dengan diameter tempat kultur pada hari kedua dan terus bertambah ketebalannya sampai hari kelima, sebagaimana disajikan pada Gambar 2.



Hari ke-1



Hari ke-2



Hari ke-3



Hari ke-4



Hari ke-5

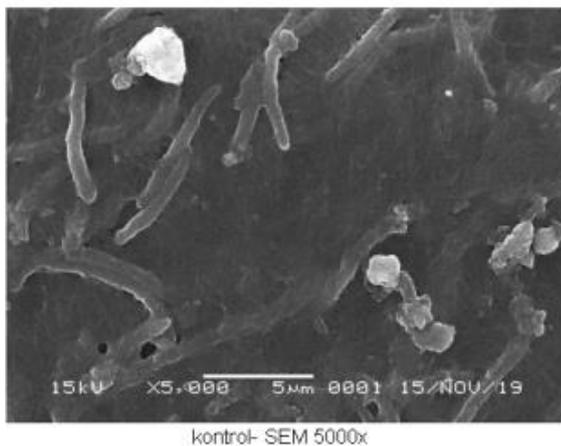
Gambar 2. Pengamatan Pertumbuhan Selulosa Bakterial oleh *Acetobacter*

Selulosa bakterial yang terbentuk selama total 9 hari memiliki penampakan yang halus, licin, kenyal, berwarna putih gading dengan kandungan air yang cukup tinggi berdasarkan pengamatan secara visual.

Analisis Morfologi

Selulosa bakterial yang telah dimurnikan dan dikeringkan kemudian diamati menggunakan SEM.

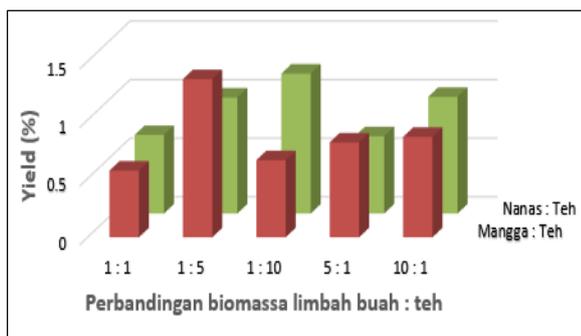
Citra untuk selulosa bakterial yang ditumbuhkan dalam media kontrol menunjukkan bahwa selulosa bakterial memiliki jaringan *microfibril* yang sangat halus. *Microfibril* yang terbentuk merupakan produk ekstraseluler dari *Acetobacter*. *Microfibril* yang menumpuk dan tersusun dalam beberapa *layer* membentuk lapisan film yang kemudian bertambah ketebalannya.¹³



Gambar 3. Citra SEM Selulosa Bakterial

Pengaruh Sumber Karbon terhadap Yield Selulosa Bakterial

Jenis sumber karbon serta konsentrasi sumber karbon dalam media tumbuh sangat berpengaruh terhadap *yield* selulosa bakterial. Pada penelitian ini, digunakan dua jenis sumber karbon sebagai medium tumbuh, yaitu limbah buah mangga dan limbah buah nanas dengan perbandingan terhadap sumber nitrogen (teh) adalah 1:1, 1:5, 1:10, 5:1, dan 10:1.



Gambar 4. Pengaruh Sumber Karbon Terhadap Yield Selulosa Bakterial

Dari data yang ditunjukkan pada Gambar 4, diketahui bahwa *yield* terbesar didapat dari penggunaan limbah mangga sebagai sumber karbon dengan perbandingan 1:5 dengan *yield* sebesar 1,35g/g, sementara pada kultur media dengan limbah nanas, *yield* yang paling besar didapat dari perbandingan limbah nanas : teh 1: 10 dengan *yield* sebesar 1,194 g/g. *Yield* terbesar menunjukkan

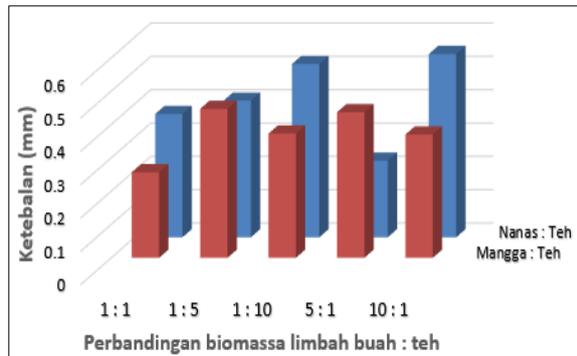
bahwa perbandingan limbah buah terhadap teh yang digunakan mampu menghasilkan perolehan optimum, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pemilihan biomassa untuk *garniture*. Perbandingan limbah mangga terhadap teh 1:5 dan limbah nanas : teh 1: 10 memberikan *yield* yang cukup besar disebabkan oleh produksi selulosa bakterial yang sangat dipengaruhi oleh jenis sumber karbon yang digunakan. Komposisi gula pada limbah mangga adalah sebagai berikut: sukrosa 59,9%, glukosa 12,5%, dan fruktosa 12,17%.¹⁴ Sementara berdasarkan data Abdullah dan Hanafi (2008), limbah nanas memiliki kandungan glukosa sebesar 8,24% dan fruktosa sebesar 12,17%, tanpa kandungan sukrosa.¹⁵ Hal ini menunjukkan bahwa kadar gula yang dapat dijadikan sebagai sumber karbon oleh *Acetobacter* pada limbah mangga lebih besar dibandingkan pada limbah nanas. Selain itu, kandungan glukosa yang lebih tinggi pada limbah mangga mengakibatkan *yield* yang dihasilkan menjadi lebih besar. Hal ini sejalan dengan penelitian Khesk (2005) yang menunjukkan bahwa selulosa bakterial yang dihasilkan dengan sumber karbon glukosa dapat memberikan *yield* mencapai 97%.¹⁶

Menurut Sharma dan Bharwadaj (2019), meningkatnya konsentrasi gula di atas konsentrasi optimum dapat mengakibatkan pembentukan produk samping berupa asam glukonik yang dapat menurunkan *yield* selulosa bakterial.¹⁷ Hal ini sejalan dengan data pada Gambar 4. Konsentrasi limbah mangga atau nanas yang terlalu tinggi, dengan rasio mencapai 5:1 atau 10:1, mangga atau nanas : teh justru memberikan *yield* yang tidak terlalu tinggi, berkisar antara 0,6 – 0,8 g/g.

Pengaruh Sumber Karbon terhadap Ketebalan Selulosa Bakterial

Selulosa bakterial terbentuk dari lapisan *microfibril* dalam jumlah besar yang membentuk jaringan 3 dimensi secara kompak. Ketebalan selulosa bakterial sangat dipengaruhi oleh sumber karbon yang digunakan. Pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa penggunaan kultur media limbah nanas sebagai sumber karbon menunjukkan kecenderungan ketebalan selulosa bakterial yang lebih tebal dibandingkan penggunaan kultur media limbah mangga sebagai sumber karbonnya. Hal ini dapat disebabkan karena kandungan sumber karbon yang berbeda antara limbah mangga dan limbah nanas. Kandungan sukrosa pada limbah nanas dan mangga sangat berpengaruh terhadap pembentukan *microfibril* yang berpengaruh pada ketebalan selulosa bakterial. Kandungan sukrosa pada limbah mangga mencapai 59,9% sementara pada limbah nanas tidak ditemukan kandungan sukrosa.^{14,15} *Acetobacter* memerlukan setidaknya 4 proses enzimatik untuk mengolah sukrosa menjadi glukosa agar mudah dimanfaatkan sebagai sumber karbon

saat proses pembentukan selulosa bakterial. Jalur metabolit yang lebih kompleks, menurunkan jumlah *microfibril* yang terbentuk.¹⁸ Hal ini berakibat pada menurunnya ketebalan selulosa bakterial.

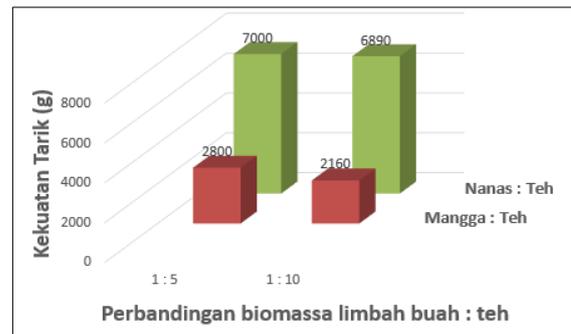


Gambar 5. Pengaruh Sumber Karbon Terhadap Ketebalan Selulosa Bakterial

Pengaruh Sumber Karbon terhadap Kekuatan Tarik Bahan

Kekuatan tarik bahan merupakan salah satu syarat agar suatu material dapat digunakan sebagai material untuk tekstil. Berdasarkan Gambar 6, kekuatan tarik selulosa bakterial pada *yield* terbaik dengan media kultur nanas (perbandingan nanas : teh 1:10) lebih baik jika dibandingkan dengan selulosa bakterial yang ditumbuhkan pada kultur media limbah mangga pada perbandingan yang sama. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kristalinitas pada selulosa bakterial. Kristalisasi dapat disebabkan oleh adanya proses agregasi *fine fibril* menjadi *supplementary fibril*. Kandungan vitamin C pada limbah buah mangga dan nanas, biasanya terukur sebagai asam askorbat, berpengaruh penting terhadap pembentukan *microfibril*.¹⁹

Kandungan vitamin C pada buah mangga mencapai 55 mg/100g sementara pada buah nanas berkisar pada 26,9 mg/100g.²⁰ Hal ini menunjukkan bahwa kandungan vitamin C buah mangga lebih tinggi dibandingkan buah nanas. Kandungan vitamin C yang tinggi mengakibatkan konsentrasi asam askorbat dalam medium bertambah, sehingga berdampak pada menurunnya kristalinitas selulosa bakterial.¹⁹ Senyawa dengan berat molekul rendah, seperti asam askorbat memiliki gugus fungsional yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan selulosa, menghalangi terbentuknya *microfibril*, dan berdampak pada rendahnya kristalinitas selulosa bakterial.¹⁴ Selain itu, senyawa polimer seperti pektin yang terkandung pada mangga dapat menghambat terjadinya agregasi *microfibril* selama proses fermentasi.¹⁴



Gambar 6. Pengaruh Sumber Karbon Terhadap Kekuatan Tarik Bahan

Selulosa bakterial sebagai *Garniture* pada Busana *Ready to Wear*

Berdasarkan evaluasi hasil pengujian dan karakterisasi, dipilih selulosa bakterial hasil penelitian dengan ketebalan 0,52 mm (hasil selulosa bakterial dengan *yield* terbaik dari variasi limbah nanas : teh 1:10), untuk diaplikasikan sebagai *garniture* pada busana *ready to wear*. Proses pola dan penjahitan dilakukan pada selulosa bakterial ini untuk digunakan sebagai *garniture* pada busana *ready to wear* bagian punggung (berwarna coklat tua) seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 7. Selulosa Bakterial sebagai *Garniture* pada Busana *Ready To Wear*

KESIMPULAN

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa selulosa bakterial berpotensi untuk digunakan sebagai kulit imitasi. Karakteristik selulosa bakterial terbaik untuk aplikasi *garniture* busana *ready to wear* diperoleh dengan menggunakan media tumbuh limbah nanas dan teh dengan perbandingan 1:10, dimana dihasilkan *yield* selulosa bakterial 1,194 g/g, ketebalan 0,52 mm, dan kekuatan tarik sebesar 6890 g.

PUSTAKA

1. Riski Yopi, M. S. & Sudarmaji. Penyamakan Kulit dan Keluhan Kesehatan Pekerja. *J. Berk. Kesehat.* **4**, 1–9 (2018).
2. Fernandes, M., Dourado, F. & Gama, M. Application of Bacterial Cellulose in the Textile and Shoe Industry: Development of Biocomposites. *Polysaccharides* **2**, 566–581 (2021).
3. Gorgieva, S. & Treck, J. Bacterial Cellulose: Production, Modification and Perspectives in Biomedical Applications. *Nanomaterials* **9**, 1–20 (2000).
4. Esa, F., Tasirin, S. M. & Rahman, N. A. Overview of Bacterial Cellulose Production and Application. *Agric. Agric. Sci. Procedia* **2**, 113–119 (2014).
5. Lima, H. L. S. *et al.* Komagataeibacter hansenii ATCC 23769 USING SISAL JUICE - AN AGROINDUSTRY WASTE. *Brazilian J. Chem. Eng.* **34**, 671–680 (2017).
6. Malvianie, E., Pratama, Y. & Salafudin. Fermentasi Sampah Buah Nanas menggunakan Sistem Kontinu dengan bantuan Bakteri Acetobacter Xylinum. *Reka Lingkungan. J. Inst. Teknol. Nas.* **2**, 1–11 (2014).
7. Rangaswamy, B. E., Vanitha, K. P. & Hungund, B. S. Microbial Cellulose Production from Bacteria Isolated from Rotten Fruit. *Int. J. Polym. Sci.* **2015**, 1–8 (2015).
8. Lestari, P., Elfrida, N., Suryani, A. & Suryadi, Y. Study on the Production of Bacterial Cellulose from Acetobacter xylinum using Agro-Waste. *Jordan J. Biol. Sci.* **7**, 75–80 (2014).
9. Zhao, H., Li, J. & Zhu, K. Bacterial Cellulose Production from Waste products and Fermentation conditions optimization. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **394**, 1–5 (2018).
10. Yim, S. M., Song, J. E. & Kim, H. R. Production and characterization of bacterial cellulose fabrics by nitrogen sources of tea and carbon sources of sugar. *Process Biochem.* (2016) doi:10.1016/j.procbio.2016.07.001.
11. Khusna, A., Prastujati, A. U., Setiadevi, S., Hilmi, M. & Damayanti, M. Isolation And Identification of Acetobacter sp. From Pineapple (Ananas comosus L.) As Nata Starter. *Online J. Anim. Feed Res.* **9**, 260–264 (2019).
12. Kowser, J., Aziz, M. G. & Uddin, M. B. Isolation and characterization of Acetobacter acetii from rotten papaya. *J. Bangladesh Agril Univ* **13**, 299–306 (2015).
13. Gayathry, G. & Gopalaswamy, G. Production and characterisation of microbial cellulosic fibre from Acetobacter xylinum. *Indian J. Fiber Text. Res.* **39**, 93–96 (2014).
14. Garcia-Sanchez, M., Robledo-Ortiz, J. R., Jimenez-Palomar, I., Gonzalez-Reynoso, O. & Gonzalez-Garcia, Y. Production of bacterial cellulose by Komagataeibacter xylinus using mango waste as alternative culture medium. *Rev. Mex. Ing. Química* **19**, 851–865 (2020).
15. Abdullah & Mat, H. Characterisation Of Solid And Liquid Pineapple. *Reactor* **12**, 48–52 (2008).
16. Keshk, S. M. A. S. & Sameshima, K. Evaluation of different carbon sources for bacterial cellulose production. *African J. Biotechnol.* **4**, 478–482 (2005).
17. Sharma, C. & Bhardwaj, N. K. International Journal of Biological Macromolecules Biotransformation of fermented black tea into bacterial nanocellulose via symbiotic interplay of microorganisms. *Int. J. Biol. Macromol.* **132**, 166–177 (2019).
18. Al-shamary, E. E. & Darwash, A. K. A.-. Influence of Fermentation Condition and Alkali Treatment on the Porosity and Thickness of Bacterial Cellulose Membranes. *Online J. Sci. Technol.* **3**, 194–203 (2013).
19. Keshk, S. M. A. S. Vitamin C enhances bacterial cellulose production in Gluconacetobacter xylinus. *Carbohydr. Polym.* **99**, 98–100 (2014).
20. Hernandez, Y., Lobo, M. G. & Gonzalez, M. Food Chemistry Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food Chem.* **96**, 654–664 (2006).