

B016

**PRODUKSI SELULOSA BAKTERIAL DARI AIR BUAH KELAPA  
DALAM BERBAGAI KONSENTRASI SUKROSA DAN UREA  
(Production Of Bacterial Cellulose From Coconut Fruit Water  
In The Varies Of Sucrose And Urea Concentration)**

Suharjono<sup>1</sup>, Tri Ardyati<sup>1</sup>, Elok Zubaidah<sup>2</sup>, Munawaroh<sup>1</sup>, Citra Pradani P.<sup>1)</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang

<sup>2</sup>Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.

Email: -

**ABSTRACT**

Cellulose is a nature biopolymer that mainly derived from plant and it has been application broadly in textile and paper industries. Usage of forest plants to cellulose fiber production continually caused negative impact to environment. Waste of coconut fruit water can be metabolism by some species of *Gluconacetobacter* (*Acetobacter*) to produce bacterial cellulose as alternative of plant cellulose. The objective of the research is to study effect of increasing of sucrose and urea concentration to bacterial cellulose productivity in coconut fruit water medium. Starter of microbial culture 10% with  $2.2 \times 10^7$  cell/mL (90% of bacteria and 10 % of yeast) was inoculated into coconut fruit water medium with variation of sucrose and urea concentration. It was incubated seven days in static culture at room temperature. Productivity of cellulose bacterial highest was 10.849 gram in the medium with 5.0 % sucrose and 0.25 % urea concentration.

**Key words:** *Acetobacter*, cellulose, sucrose, urea

**ABSTRAK**

Selulosa adalah biopolimer alamiah yang sebagian besar diperoleh dari tanaman dan telah diaplikasikan secara luas terutama di industri kertas dan tekstil. Penggunaan tanaman hutan untuk produksi serat selulosa secara kontinyu mengakibatkan dampak negatif pada lingkungan. Limbah air buah kelapa dapat dimetabolisme oleh bakteri anggota Genus *Gluconacetobacter* (*Acetobacter*) menghasilkan selulosa bakterial sebagai alternatif bagi selulosa tanaman. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari pengaruh peningkatan konsentrasi sukrosa dan urea pada produktivitas selulosa bakterial dalam medium air buah kelapa. Starter suspensi mikrobial 10% dengan densitas  $2,2 \times 10^7$  sel/ml (90% bakteri dan 10 % khamir) diinokulasikan ke medium air buah kelapa 150 mL dengan variasi konsentrasi sukrosa dan urea yang dibiakkan secara statis selama tujuh hari pada suhu ruang. Produktivitas selulosa tertinggi 10,849 gram pada formula medium dengan konsentrasi sukrosa 5 % dan urea 0,25 %.

**Kata kunci:** *Acetobacter*, selulosa, sukrosa, urea

**PENDAHULUAN**

Selulosa adalah biopolimer alamiah yang sangat melimpah di bumi. Serat selulosa yang digunakan dalam industri kertas dan tekstil dominan diperoleh dari tanaman tingkat tinggi. Selulosa juga dapat disintesis oleh alga, jamur, dan berbagai jenis bakteri (Skinner & Cannon, 2000; Saxena *et al.*, 2002; Amano *et al.*, 2005; Rezaee *et al.*, 2005). Selulosa bakterial merupakan eksopolisakarida yang dihasilkan oleh berbagai spesies bakteri anggota Genus *Gluconacetobacter* (*Acetobacter*), *Agrobacterium*, *Aerobacter*, *Achromobacter*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Sarcina* dan *Salmonella*. Namun produsen selulosa yang paling efektif adalah dari Genus *Gluconacetobacter* (*Acetobacter*). Struktur molekul selulosa bakterial ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub> adalah sama dengan selulosa tanaman, tetapi sifat fisikokimiawinya berbeda. Selulosa bakterial secara kimiawi lebih murni karena bebas dari lignin, pektin, dan hemiselulosa, memiliki derajat kristalinitas polimer dan derajat polimerisasi yang lebih tinggi serta kekuatan mekanik dan kapasitas menyimpan air juga lebih tinggi dibandingkan serat selulosa tanaman (Tsuchida & Yoshinaga, 1997). Dengan berbagai sifat yang unggul seperti transparan, ringan, fleksibel dan mudah dibentuk menjadikan komposit berbahan dasar nata de coco mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai layar monitor, kaca jendela mobil ataupun jendela kereta api. Selain itu selulosa bakterial tersebut memiliki prospek untuk digunakan di industri kertas, pangan, tekstil, sebagai biomaterial kosmetik dan obat serta merupakan biomassa yang besar untuk menghasilkan energi yang terbarui (Keshk & Sameshima, 2005; Rezaee *et al.*, 2005; Hoenich, 2006).

Bakteri *Gluconacetobacter xylinus*/*Acetobacter xylinum* adalah bakteri asam asetat yang tidak menyebabkan penyakit dan ramah dengan manusia (Tsuchida & Yoshinaga, 1997). Bakteri *Gluconacetobacter xylinus* mampu memproduksi selulosa bakterial yang relatif banyak dari berbagai sumber karbon dan nitrogen (Chawla *et al.*, 2009). Biosintesis selulosa dicapai dengan polimerisasi residu glukosa menggunakan substrat UDP-glukosa yang dikatalisis oleh enzim selulosa synthase yang berada dalam membran sel bakteri. Dalam sistem biakan statis, bakteri *G. xylinus* menghasilkan fibril-fibril selulosa terikat membentuk pelikel yang mengikat sel-sel bakteri. Pelikel mengapung di permukaan medium cair yang memungkinkan sel-sel bakteri memperoleh banyak oksigen yang diperlukan untuk tumbuh memperbanyak diri dan sintesis selulosa. Pelikel selulosa dapat berperan sebagai penopang sel-sel bakteri tetap mendapat suplai oksigen dari udara, melindungi dari pengaruh radiasi ultraviolet, melindungi dari kekeringan karena



memiliki sifat pembawa air/absorbtif, bertindak sebagai biofilm untuk memegang sel-sel bakteri tetap berada pada substrat yang didekomposisi, dan atau melindungi dari pemangsa atau pesaingnya.

*Acetobacter xylinum* dalam pertumbuhan dan aktivitasnya membentuk nata memerlukan suatu media yang tepat sehingga produksi nata yang dihasilkan dapat optimal. Sebagai media dalam pembentukan nata de coco, media yang digunakan harus memiliki kandungan komponen-komponen yang dibutuhkan oleh biakan bakteri pemfermentasi yang dalam hal ini yaitu *G. xylinus*. Komponen media nata yang dibutuhkan antara lain memiliki sumber karbon, sumber nitrogen, mineral dan vitamin yang mendukung pertumbuhan bakteri *G. xylinus*. Pada fermentasi nata kondisi lingkungan juga sangat berpengaruh karena bakteri *G. xylinus* memiliki kondisi optimum lingkungannya untuk tumbuh baik yaitu pada suhu 25-30°C, pH 5,0, cahaya, oksigen dan lain-lainnya (Masanto, 2008; Surma-Slusarska *et al.*, 2008).

Indonesia memiliki lahan perkebunan kelapa terluas di dunia yakni 3,88 juta ha (31,2 persen) dari total areal dunia sekitar 12 juta ha (Astawan, 2007; Sunny, 2007; Faozi, 2009). Kelapa memberikan banyak hasil bagi manusia, tetapi airnya yang dihasilkan di Indonesia mencapai lebih dari 900 juta liter per tahun terbuang percuma sebagai limbah. Air kelapa oleh bakteri *Acetobacter xylinum* dapat diolah menjadi nata de coco. Pemanfaatan kembali sumber daya adalah tren baru mencapai pembangunan berkelanjutan. Limbah air buah kelapa dapat dipandang sebagai bahan sumber daya sekunder dan pada saat yang sama sebagai bahan sumber daya yang terbaharui (Keshk *et al.*, 2006). Produksi selulosa bakterial yang dapat dilakukan secara intensif merupakan alternatif selulosa tanaman, karena bakteri menghasilkan selulosa bakterial dalam waktu beberapa hari sedangkan tanaman memerlukan waktu 30 tahun pada usia produktif sehingga menjadikan selulosa bakterial merupakan bahan kunci untuk mencegah pemanasan global dan pelestarian alam. Salah satu masalah dalam aplikasi selulosa bakterial di industri adalah rendahnya produktivitas dan mahalnya biaya produksi. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi sukrosa dan urea pada produksi selulosa bakterial dengan substrat air buah kelapa yang murah dan tersedia dalam jumlah banyak di Indonesia.

## METODE PENELITIAN

Isolat mikrobial didapatkan dari suspensi biakan starter nata de coco. Setiap isolat diisolasi menurut metode Surma-Slusarska *et al.* (2008) serta Aydin dan Aksoy (2009). Suspensi sampel sebanyak 25 mL disuspensikan dalam 225 mL akuades kemudian dibuat seri pengenceran sampai  $10^{-7}$ . Suspensi sampel pada masing-masing tingkat pengenceran diambil satu mililiter dan diinokulasikan secara *pour plate* ke dalam cawan petri steril dengan medium Nutrien Herstin-Schramm (HS) pada pH 4,5 atau medium  $\text{CaCO}_3$  agar. Medium Nutrien Herstin-Schramm (HS) memiliki komposisi senyawa glukosa 2 %, ekstrak khamir 0,5 %, bakto pepton 0,5 %, asam sitrat 0,115 %,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0,27 %,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,05 % (w/v), Agar-agar 1,2% dan etanol 1 % ditambahkan setelah sterilisasi (Surma-Slusarska *et al.*, 2008; Pourramezan *et al.*, 2009). Medium  $\text{CaCO}_3$  agar menurut Aydin dan Aksoy (2009) mengandung 0,05 % D-Glukosa, 0,3 % Pepton, 0,5 % Ekstrak Khamir, 1,5 %  $\text{CaCO}_3$ , 1,2 % Agar-agar, dan 1,5 % etanol (v/v). Suspensi sampel dan medium dihomogenkan dan dibiarkan sampai padat. Biakan diinkubasikan pada suhu 30°C selama tiga hari.

Air buah kelapa disaring dengan menggunakan kain kasa, kemudian direbus sampai mendidih selama 15 menit. Suspensi air buah kelapa kemudian dibuat variasi formula medium yang mengandung sukrosa sebagai sumber karbon dengan variasi konsentrasi 0%, 2,5%, 5% dan 7,5% dan urea sebagai sumber nitrogen dengan variasi konsentrasi 0%, 0,25%, 0,5%, dan 0,75%. Setiap formula suspensi medium sebanyak 150 mL dalam labu Erlenmeyer diatur pada pH 4,5 kemudian direbus sampai mendidih selama 15 menit. Suspensi medium tersebut kemudian dituang secara aseptis ke dalam kotak *tupperware* bening ukuran 9 x 13 x 4,5 cm<sup>3</sup>.

Isolat mikrobial kemudian dilakukan uji optimasi produksi selulosa menurut Aydin & Aksoy (2009). Uji kemampuan isolat untuk memproduksi selulosa bakterial dalam setiap komposisi medium dilakukan menurut rancangan acak kelompok faktorial dengan dua ulangan. Isolat bakteri dan khamir diambil sebanyak dua ose dan diinokulasikan ke labu Erlenmeyer yang berisi 500 mL medium HS cair kemudian diinkubasikan dalam inkubator gojog Kuhner Shaker pada suhu 30°C sampai fase pertumbuhan logaritmik sebagai starter. Starter mikrobial yang berada dalam fase pertumbuhan logaritmik sebanyak 15 mL dengan densitas  $4,3 \times 10^7$  sel/ml (dengan khamir 10 % dan bakteri 90 %) diinokulasikan ke setiap formula suspensi



medium. Suspensi biakan dalam formula medium perlakuan diinkubasikan secara statis pada suhu ruang selama tujuh hari.

Parameter yang diamati setelah inkubasi tujuh hari meliputi pH medium, densitas sel bakteri, dan jumlah selulosa yang dihasilkan dalam setiap medium uji. Parameter pH medium diukur dengan menggunakan pH meter digital JENWAY 3205, sedangkan densitas sel bakteri diukur secara spektrofotometri menggunakan spektrofotometer UV mini 1240 pada panjang gelombang 600 nm. Pelikel *nata de coco* diukur tebal dan kadar selulosanya menurut Rezaee *et al.* (2005). Pelikel *nata de coco* dicuci dengan air mengalir kemudian direbus dalam larutan 5 % NaOH pada suhu 100°C selama 30 menit untuk menghilangkan sel-sel bakteri dan substrat dari bagian dalam lapisan film selulosa. Pelikel selulosa kemudian dibilas dengan air sampai bersih dan dikeringkan dalam oven Heraeus UT 6060 pada suhu 100°C selama 24 jam atau sampai kering dan ditimbang. Setiap data parameter yang diamati kemudian dianalisis ragam (*anova*) dilanjutkan dengan uji beda nyata menurut Tukey dengan selang kepercayaan 5%. Analisis statistik terhadap data setiap parameter tersebut dilakukan dengan menggunakan program *SPSS release 12*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Suspensi starter dengan densitas mikrobial  $4,3 \times 10^7$  sel/mL dengan komposisi bakteri 90 % dan khamir 10 % (v/v) ternyata mampu menghasilkan pelikel selulosa bakterial (Tabel 1). Aktivitas komunitas mikrobial dalam medium dasar air buah kelapa menyebabkan penurunan pH medium. Penurunan pH medium tersebut disebabkan komunitas mikrobial menghasilkan antara lain asam asetat, asam glukonat dan asam laktat. Produksi asam tersebut sebagai produk samping akan menurunkan pH medium yang menyebabkan turunnya produksi selulosa (Hesse & Kondo, 2005). Namun demikian pH medium selama inkubasi masih dalam kisaran toleransi untuk pertumbuhan komunitas mikrobial.

Tabel 1. Rata-rata produksi selulosa pada berbagai variasi substrat

Konsentrasi (%)		pH Medium Akhir	Densitas Sel (sel/mL)	Pelikel selulosa basah		Berat Selulosa kering (g)
Sukrosa	Urea			tebal (mm)	Berat (g)	
0	0	3.64 <sup>a</sup>	$9.06 \times 10^8$ <sup>a</sup>	4.565 <sup>ab</sup>	49.946 <sup>ab</sup>	2.253 <sup>ab</sup>
	0,25	3.83 <sup>ab</sup>	$50.2 \times 10^8$ <sup>a</sup>	7.41 <sup>ab</sup>	78.359 <sup>ab</sup>	4.737 <sup>ab</sup>
	0,50	3.375 <sup>a</sup>	$12 \times 10^8$ <sup>a</sup>	10.355 <sup>b</sup>	97.4 <sup>ab</sup>	6.665 <sup>ab</sup>
	0,75	3.69 <sup>a</sup>	$26.675 \times 10^8$ <sup>a</sup>	10.435 <sup>b</sup>	91.12 <sup>ab</sup>	6.395 <sup>ab</sup>
2,5	0	3.37 <sup>a</sup>	$27.7 \times 10^8$ <sup>a</sup>	6.855 <sup>ab</sup>	68.841 <sup>ab</sup>	4.65 <sup>ab</sup>
	0,25	3.51 <sup>a</sup>	$3.62 \times 10^8$ <sup>a</sup>	5.45 <sup>ab</sup>	64.315 <sup>ab</sup>	2.076 <sup>ab</sup>
	0,50	3.395 <sup>a</sup>	$2.18 \times 10^8$ <sup>a</sup>	8.005 <sup>ab</sup>	59.53 <sup>ab</sup>	1.422 <sup>a</sup>
	0,75	4.495 <sup>b</sup>	$5.163 \times 10^8$ <sup>a</sup>	10.955 <sup>b</sup>	53.755 <sup>ab</sup>	3.663 <sup>ab</sup>
5,0	0	3.33 <sup>a</sup>	$82.525 \times 10^8$ <sup>a</sup>	8.27 <sup>ab</sup>	99.611 <sup>ab</sup>	6.134 <sup>ab</sup>
	0,25	3.94 <sup>ab</sup>	$4.218 \times 10^8$ <sup>a</sup>	11.625 <sup>b</sup>	98.302 <sup>ab</sup>	10.849 <sup>b</sup>
	0,50	3.465 <sup>a</sup>	$4,278 \times 10^8$ <sup>a</sup>	8.455 <sup>ab</sup>	77.806 <sup>ab</sup>	4.149 <sup>ab</sup>
	0,75	3.635 <sup>a</sup>	$8,452 \times 10^8$ <sup>a</sup>	5.82 <sup>ab</sup>	49.249 <sup>ab</sup>	3.046 <sup>ab</sup>
7,5	0	3.33 <sup>a</sup>	$3,495 \times 10^8$ <sup>a</sup>	7.26 <sup>ab</sup>	40.857 <sup>ab</sup>	6.092 <sup>ab</sup>
	0,25	3.495 <sup>a</sup>	$64,525 \times 10^8$ <sup>a</sup>	10.525 <sup>b</sup>	117.773 <sup>b</sup>	7.47 <sup>ab</sup>
	0,50	3.42 <sup>a</sup>	$65,25 \times 10^8$ <sup>a</sup>	3.835 <sup>ab</sup>	42.964 <sup>ab</sup>	2.771 <sup>ab</sup>
	0,75	3.645 <sup>a</sup>	$82,45 \times 10^8$ <sup>a</sup>	0.375 <sup>a</sup>	0.738 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>

Keterangan: Densitas sel awal  $4,3 \times 10^7$  sel/mL, pH medium awal 4,5 huruf yang sama di belakang angka pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata ( $\alpha > 0,5$ )

Penambahan konsentrasi sukrosa dan urea dalam medium air buah kelapa pada penelitian ini tidak berpengaruh signifikan pada densitas komunitas mikrobial (Tabel 1). Densitas mikrobial pada awal inkubasi sebesar  $4,3 \times 10^7$  sel/mL tumbuh menjadi  $2,18 \times 10^8$  -  $82.525 \times 10^8$  sel/mL. Petumbuhan komunitas mikrobial dalam waktu inkubasi tujuh hari dapat menghasilkan pelikel selulosa dengan tebal antara 0,375 – 11,625 mm dan berat antara 0,738 – 117,773 gram. Pelikel selulosa paling tebal dihasilkan oleh perlakuan konsentrasi sukrosa 5 % dan urea 0,25 %, sukrosa 0% dan urea 0,5 % atau 0,75 %, sukrosa 2,5 % dan urea 0,75 %, serta sukrosa 7,5 % dan urea 0,25 %; sedangkan paling tipis pada perlakuan sukrosa 7,5 % dan



urea 0,75 %. Berdasarkan berat pelikel basah, produktivitas tertinggi pada perlakuan sukrosa 7,5 % dan urea 0,25 % sedangkan yang terendah pada perlakuan sukrosa 7,5 % dan urea 0,75 %. Produktivitas selulosa murni tertinggi sebesar 10,849 gram pada perlakuan sukrosa 5 % dan urea 0,25 % sedangkan yang terendah 0,03 gram pada perlakuan sukrosa 7,5 % dan urea 0,75 %.

Medium air buah kelapa tanpa penambahan sukrosa dan urea ternyata dapat menghasilkan selulosa kering sebesar 2,253 gram. Hal ini menunjukkan bahwa dalam medium tersebut sudah mengandung sumber karbon dan nitrogen untuk pertumbuhan komunitas mikrobia penghasil selulosa. Oleh karena itu penambahan konsentrasi sukrosa dan urea tidak memengaruhi produktivitas selulosa. Hasil ini sesuai penelitian Keefe (2006) yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi glukosa dari 10 g/L sampai dengan 50 g/L tidak menyebabkan peningkatan produksi biomassa selulosa bakterial oleh *A. xylinum*, namun dalam medium bebas glukosa, penambahan glukosa semakin tinggi konsentrasinya maka semakin tinggi produktivitas selulosa (Pourramezan *et al.*, 2009). Sumber nitrogen dalam air buah kelapa kemungkinan juga sudah ada, tetapi kemungkinan bakteri yang ada dapat pula memfiksasi nitrogen molekular. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Dutta & Gachhui (2007) bahwa strain bakteri *Gluconacetobacter hansenii* RG3<sup>T</sup> mampu tumbuh dalam medium cair tanpa nitrogen dan yang diperkaya nitrogen, serta mampu memfiksasi nitrogen molekular dan menghasilkan selulosa bakterial. Selulosa bakterial tersebut juga dapat dihasilkan oleh asosiasi antara bakteri *Acetobacter* dan khamir, dengan bakteri mampu memfiksasi nitrogen molekular. Namun demikian produktivitas komunitas mikrobia dalam penelitian ini masih lebih rendah dibandingkan *Acetobacter cilynum* strain TISTR 998, TISTR 893, dan TISTR 975 dalam medium air buah kelapa secara berurutan yang mampu menghasilkan selulosa sebanyak 553,33 g/l, 453,33, dan 243,33 g/L (Kongruang, 2007).

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil simpulan bahwa produktivitas selulosa bakterial tertinggi pada penambahan sukrosa 5 % dan urea 0,25 % ke dalam medium air buah kelapa. Penambahan kedua senyawa tersebut tidak memengaruhi densitas mikrobia.

### Saran

Untuk meningkatkan produktivitas selulosa bakterial dengan medium air buah kelapa, maka perlu dilakukan penelitian mengenai komposisi mikrobia pada starter. Penelitian lebih lanjut juga diperlukan untuk identifikasi mikrobia secara filogenetik.

### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana atas bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktur DGHE-IU I-MHERE yang menyetujui dan mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Penanggung jawab I-MHERE Jurusan Biologi dan I-MHERE Universitas Brawijaya serta LPPM Universitas Brawijaya yang membantu administrasi penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amano, Y., F. Ito and T. Kanda. 2005. Novel Cellulose Producing System by Microorganisms such as *Acetobacter* sp. *J. Biol. Macromol.* 5(1): 3-10.
- Astawan, Made. 2007. *Nata De Coco*. Departemen Teknologi Pangan dan Gizi – IPB.  
<http://kulinerkita.multiply.com/reviews/item/137>
- Aydin, Y. A. and N. D. Aksoy. 2009. Isolation of Cellulose Producing Bacteria from Wastes of Vinegar Fermentation. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science Vol I, WCECS, October 22-23, 2009, San Francisco, USA.*
- Chawla, P. R., I. B. Bajaj, S. A. Survase and R. S. Singhal. 2009. Microbial Cellulose: Fermentative Production and Application. *Food Technol. Biotechnol.* 47(2): 107-124.
- Dutta, D. and R. Gachhui. 2007. Nitrogen-fixing and Cellulose-producing *Gluconacetobacter kombuchae* sp. nov., Isolated from Kombucha Tea. *IJSEM* 57:353-357.
- Faozi, M. M. 2009. *Peluang Pasar Produk dari Kelapa Indonesia: Analisa Dampak dari Menipisnya Cadangan Minyak Bumi dan Perubahan Iklim*  
<http://www.mmfaozi.com/peluang-pasar-produk-dari-kelapa-indonesia-analisa-dampak-dari-menipisnya-cadangan-minyak-bumi-dan-perubahan-iklim.html>



- Hesse, S. and T. Kondo, 2005. Behavior of Cellulose Production of *Acetobacter xylinum* in <sup>13</sup>C-enriched Cultivation Media Including Movements on Nematic Ordered Cellulose Templates. *Carbohydrate Polymers* 60:457-465.
- Hoenich, N. 2006. Cellulose for Medical Application: Past, Present, and Future. *BioResources* 1(2): 270-280.
- Keefe, A. J. 2006. Fluid Dynamic Properties of Bacterial Cellulose and Application.
- Keshk, S. M. A. S., T. M. A. Razek, and K. Sameshima. 2006. Bacterial Cellulose Production from Beet Mollases. *Afr. J. Biotechnol.* 5(17): 1519-1523.
- Keshk, S. and K. Sameshima. 2005. Evaluation of Different Carbon Sources for Bacterial Cellulose Production. *Afr. J. Biotechnol.* 4(6): 478-482.
- Kongruang, S. 2007. Bacterial Cellulose Production by *Acetobacter xylinum* Strains from Agricultural Waste Products. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 148: 245-256.
- Masanto, R. 2008. Laporan pengolahan nata de coco. <http://one.indoskripsi.com/judul-skripsi-tugas-makalah/mikrobiologi/laporan-pengolahan-nata-de-coco>
- Pourramezan, G. Z., A. M. Roayaei and Q. R. Qezelbash. 2009. Optimization of Culture Conditions for Bacterial cellulose Production by *Acetobacter* sp. 4B-2. *Biotechnology* 8(1): 150-154.
- Rezaee, A., S. Solimani and M. Forozandemogadam. 2005. Role of Plasmid in Production of *Acetobacter xylinum* Biofilms. *Am. J. Biochem. Biotechnol.* 1(3): 121-124.
- Saxena, I. M., T. Dandekar and R. M. Brown. 2002. Mechanism in Cellulose Biosynthesis. School of Biological Sciences, University of Texas at Austin, Austin.
- Skinner, P. O. and R. E. Cannon. 2000. *Acetobacter xylinum*: An Inquiry into Cellulose Biosynthesis. *The American Biology Teacher* 62(6): 442-444.
- Sunny. 2007. Indonesia Masih Abaikan Potensi Kelapa. *SUARA PEMBARUAN DAILY*. Wed, 28 Mar 2007 08:21:39 -0800.
- Surma-Slusarska, B., S. Presler and D. Danielewics. 2008. Characteristics of Bacterial Cellulose Obtained from *Acetobacter xylinum* Culture for Application in Papermaking. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 16(4): 108-11.
- Tsuchida, T. And F. Yoshinaga. 1997. Production of Bacterial Cellulose by Agitation Culture System. *Pure & Appl. Chem.* 69(11): 2453 – 2458.

## **PERTANYAAN**

**Penanya: Dodin K (Balai Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian)**

Jenis isolat apa yang tidak impor? Apa pengaruh air buah kelapa?

Jawab:

Isolat impor mempunyai syarat tumbuh spesifik, sehingga perlu isolat lokal yang adaptif dan reproduktif. Voviasi air buah kelapa tidak berpengaruh pada selulosa bakteri.

