

Pemanfaatan Limbah Cair Sagu untuk Memproduksi Selulosa Bakteri (Utilization of Sago Liquid Waste for Bacterial Cellulose Production)

Sitti Wirdhana Ahmad¹, Nur Arfa Yanti^{1*}, & Nurhayani H. Muhiddin²

¹Jurusan Biologi FMIPA Universitas Halu Oleo

Kampus Hijau Bumi Tridharma, Anduonohu, Kendari Sulawesi Tenggara, 93232

²Jurusan Pendidikan IPA FMIPA Universitas Negeri Makassar

Kampus UNM Parangtambung, jl. Malengkeri Raya, Makassar Sulawesi Selatan, 90224

E.mail: arfayanti73@gmail.com

Memasukkan: Desember 2018, Diterima: Februari 2019

ABSTRACT

Bacterial cellulose is an exopolysaccharide produced by bacteria and has a high purity level compared to plant cellulose and has unique structural and mechanical characteristics that can be utilized for various industrial purposes such as food, medical, plastic and paper. This study aims to determine the potential of sago liquid waste as a substrate for producing biocellulose and sugar concentration is required in producing bacterial cellulose from sago liquid waste. Production of bacterial cellulose from sago liquid waste was done with static condition for 14 days with treatment of sugar concentration 5, 10, 15 and 20% (w/v) using *Acetobacter xylinum*. Parameters were measured include of thickness, yield, crude fiber content and moisture content. Production of bacterial cellulose using sago liquid waste requires the addition of sugar as much as 10% with a thickness of 21.73 mm, yield of 34.97%, crude fiber of 4.5% and moisture content of 91.35%. Therefore, sago liquid waste is potentially used as a substrate for producing bacterial cellulose.

Keywords : Biocellulose, nata, *Acetobacter xylinum*, Production substrate

ABSTRAK

Selulosa bakteri adalah eksopolisakarida yang diproduksi oleh bakteri dan mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi dibandingkan selulosa tumbuhan serta memiliki karakteristik struktural dan mekanik yang unik sehingga dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan industri seperti makanan, medis, plastik dan kertas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi limbah cair sago sebagai substrat untuk memproduksi selulosa dan konsentrasi gula pasir yang dibutuhkan dalam memproduksi selulosa bakteri dari limbah cair sago. Produksi selulosa bakteri dari limbah cair sago dilakukan dengan kondisi statis (diam) selama 14 hari dengan perlakuan konsentrasi gula 5, 10, 15 dan 20% (b/v) menggunakan bakteri *Acetobacter xylinum*. Parameter yang diukur meliputi ketebalan, rendemen, kadar serat kasar dan kadar air. Produksi selulosa bakteri menggunakan limbah cair sago membutuhkan penambahan gula pasir sebanyak 10% (b/v) dengan ketebalan 21,73 mm, rendemen 34,97%, serat kasar 4,5% dan kadar air 91,35%. Dengan demikian, limbah cair sago berpotensi digunakan sebagai substrat untuk memproduksi selulosa bakteri.

Kata Kunci : Bioselulosa, nata, bakteri *Acetobacter xylinum*, substrat produksi

PENDAHULUAN

Industri pengolahan sagu, baik tradisional maupun modern yang berkapasitas besar akan menghasilkan limbah cair sago dan dibuang begitu saja di lingkungan, baik di darat maupun di sungai. Limbah cair sago berasal dari proses penyaringan bubur empulur sago (ekstraksi) dan pengendapan pati. Menurut Bujang & Ahmad (2000), untuk menghasilkan 1 Kg tepung sago akan dihasilkan air limbah sebanyak 20 Liter. Limbah cair sago masih mengandung nutrien-nutrien, seperti karbohidrat, protein, dan bahan-bahan lainnya yang jika dibiarkan atau dibuang begitu saja ke sungai justru dapat mencemari air

sehingga menurunkan kualitas air dan menimbulkan bau yang tidak sedap di sekitar tempat pengolahan sago tersebut (Kanro *et al.*, 2003).

Limbah cair sago yang mengandung karbohidrat cukup tinggi dan bersifat asam mempunyai prospek untuk dimanfaatkan sebagai media fermentasi bakteri, diantaranya bakteri asam asetat yaitu *Acetobacter xylinum* (Afreen & Lokeshappa 2014; Esa *et al.* 2014). *Acetobacter xylinum* dapat mengubah gula pada substrat/media menjadi gel selulosa yang biasa dikenal sebagai selulosa bakteri (Esa *et al.* 2014).

Selulosa bakteri atau serat bioselulosa lebih dikenal dengan sebutan “nata”, memiliki banyak manfaat, salah satunya sebagai makanan kaya

serat yang baik digunakan untuk diet dan sebagai makanan penutup (Chawla *et al.* 2009). Sifat fisik yang unik selulosa bakteri antara lain memiliki kemurnian, kristalinitas, kekuatan mekanik, dan porositas yang tinggi serta memiliki kapasitas dalam menyerap air yang cukup besar dan mudah terurai. Hal ini yang membuat selulosa bakteri berpotensi untuk dikembangkan lebih jauh bukan hanya sebagai bahan olahan makanan atau minuman, tetapi juga dapat digunakan untuk industri-industri penting seperti industri pembuatan diafragma transduser untuk *speaker* dan *headphone*, kulit buatan untuk pengganti kulit yang rusak akibat terbakar (Esa *et al.* 2014; Keshk 2014), membran separasi dan membran ultrafiltrasi (Keshk, 2014), bahan pencampur dalam industri kertas, produksi karbon film elektrokonduktif, alat optik dan bahan-bahan untuk keperluan biomedis (Esa *et al.* 2014; Keshk 2014; Gayatri & Srinikethan 2016) dan bahan baku plastik (Iskandar dkk. 2010; Darni dkk. 2014; Hidayati dkk. 2015). Pengembangan selulosa bakteri untuk berbagai industri, memerlukan produksi yang tinggi dengan mempertimbangkan biaya produksi. Pemanfaatan limbah cair sagu untuk memproduksi selulosa bakteri diharapkan mampu menurunkan biaya produksi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi limbah cair sagu sebagai substrat untuk memproduksi selulosa bakteri serta konsentrasi gula pasir yang dibutuhkan dalam memproduksi selulosa bakteri dari limbah cair sagu.

BAHAN DAN CARA KERJA

Bahan utama dalam pembuatan selulosa bakteri adalah limbah cair sagu yang diperoleh dari industri pengolahan sagu di kecamatan Sampara kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. Inokulum bakteri *Acetobacter xylinum* yang digunakan adalah bakteri asam asetat lokal yang diisolasi dari limbah kulit nenas dan dipersiapkan dalam bentuk inokulum cair (starter) menggunakan air kelapa sebagai substratnya.

Peralatan dalam pembuatan selulosa bakteri dari limbah cair sagu meliputi toples kaca untuk wadah fermentasi dengan diameter 6 cm, tinggi = 9 cm dan luas permukaan 56.4 cm², kertas lakmus untuk mengukur pH. Alat untuk analisa

kadar serat, rendemen dan kadar air selulosa adalah neraca analitik dan oven, sedangkan untuk mengukur ketebalan menggunakan jangka sorong.

Prosedur produksi selulosa bakteri dari limbah cair sagu secara terperinci dijelaskan dalam deskripsi paten dengan nomor pendaftaran P00201709533. Produksi selulosa bakteri dilakukan menggunakan limbah cair sagu sebagai substratnya dengan penambahan gula pasir sesuai dengan perlakuan yaitu konsentrasi 5, 10, 15 dan 20% (b/v), ZA sebagai sumber nitrogen dan asam asetat glasial untuk mengatur pH media sekitar 4-5. Inokulum bakteri *A. xylinum* ditambahkan pada media produksi sebagai starter. Fermentasi dilakukan selama kurang lebih 14 hari menggunakan wadah kaca dan ditutup menggunakan koran. Lapisan selulosa yang terbentuk setelah akhir fermentasi, diangkat dari wadah fermentasi dan dicuci dengan air hingga bersih. Selanjutnya, dilakukan pengukuran parameter selulosa bakteri yang meliputi ketebalan, rendemen, kadar serat dan kadar air yang dilakukan sebanyak 3 ulangan.

Ketebalan selulosa bakteri diukur menggunakan jangka sorong pada 5 tempat yang berbeda. Nilai ketebalan selulosa bakteri yang diperoleh, merupakan rata-rata hasil pengukuran dari lima tempat yang berbeda.

Penentuan rendemen selulosa bakteri diperoleh dengan cara: lapisan selulosa bakteri yang terbentuk dinetralkan dan dicuci dengan akuades beberapa kali lalu ditiriskan selama ±30 menit hingga jumlah air minimum dan ditimbang untuk mengetahui berat basah. Selanjutnya, perhitungan Rendemen bioselulosa dilakukan berdasarkan rumus yang dilaporkan oleh Goh *et al.* (2012).

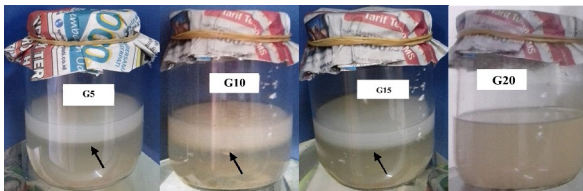
Penentuan kadar serat kasar selulosa bakteri dilakukan menggunakan metode yang disampaikan oleh Sudarmadji dkk. (1997).

Kadar air selulosa bakteri yang dihasilkan diukur berdasarkan berat basah dan berat kering. Berat basah ditentukan seperti yang dijelaskan pada analisis rendemen selulosa. Berat kering selulosa ditentukan dengan cara lapisan selulosa yang telah ditimbang berat basahnya, dilakukan pengepresan untuk mengurangi kadar air dengan tekanan 300 Psi, lalu dioven pada suhu 125°C selama 10 menit.

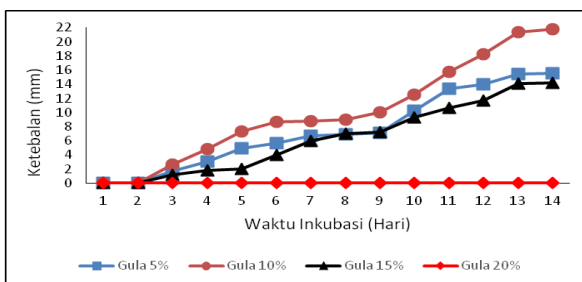
Kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit sampai tercapai berat yang konstan. Kadar air dihitung dengan rumus yang dilaporkan oleh Iskandar dkk. (2010).

HASIL

Produksi selulosa bakteri pada limbah cair sagu ditandai dengan terbentuknya lapisan pelikel selulosa di permukaan media, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan bahwa pelikel selulosa bakteri terbentuk di permukaan media limbah cair sagu berwarna putih keruh dan penambahan gula pasir pada media limbah cair sagu mempengaruhi pembentukan pelikel selulosa. Media limbah cair sagu yang ditambahkan gula pasir dengan konsentrasi 5-15%, mendukung pembentukan pelikel selulosa oleh bakteri sedangkan pada media limbah cair sagu dengan konsentrasi gula 20% tidak terbentuk pelikel selulosa (Gambar 1). Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi gula pasir pada media mempengaruhi produksi selulosa bakteri. Mohammad *et al.* (2014) menyatakan bahwa penambahan gula pada media produksi berfungsi sebagai sumber karbon untuk



Gambar 1. Pembentukan lapisan pelikel selulosa dipermukaan media limbah cair sagu dengan penambahan gula pasir setelah 14 hari inkubasi. G5 : gula 5%, G10 : gula 10%, G15 : gula 15%, G20 : gula 20%. Tanda panah menunjukkan pelikel selulosa.



Gambar 2. Ketebalan pelikel selulosa bakteri yang terbentuk pada permukaan media limbah cair sagu selama 14 hari inkubasi.

pertumbuhan bakteri dan juga mempengaruhi aktivitas bakteri dalam produksi bioselulosa.

Parameter selulosa bakteri yang diukur meliputi ketebalan selulosa, rendemen, kadar serat dan kadar air. Pengukuran parameter tersebut dilakukan untuk mengetahui produksi dan kualitas selulosa yang dihasilkan dari limbah cair sagu.

Ketebalan Selulosa Bakteri

Pembentukan pelikel selulosa di permukaan media limbah cair sagu hingga mencapai ketebalan tertentu menunjukkan proses sintesis selulosa oleh bakteri sedang terjadi, oleh karena itu ketebalan lapisan selulosa menjadi indikator produksi selulosa bakteri. Ketebalan selulosa bakteri yang terbentuk selama 14 hari inkubasi, ditampilkan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa pelikel selulosa bakteri pada permukaan media limbah cair sagu dengan penambahan gula pasir 5-15% semakin lama semakin tebal hingga mencapai ketebalan yang statis pada hari ke 13-14. Ketebalan pelikel selulosa bakteri yang terbentuk setelah 14 hari inkubasi pada media limbah cair sagu dengan kadar gula 5, 10 dan 15% berturut-turut adalah 15,5; 21,8 dan 14,4 mm.

Rendemen Selulosa Bakteri

Rendemen merupakan hasil persentase pembagian antara berat basah selulosa yang dihasilkan dengan berat bahan. Semakin banyak konsentrasi gula yang ditambahkan ke dalam media, maka rendemen selulosa yang dihasilkan juga meningkat sampai batas konsentrasi tertentu. Rendemen selulosa bakteri yang diperoleh dari media limbah cair sagu ditampilkan pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa rendemen selulosa yang tertinggi diperoleh dari media limbah cair sagu yang ditambahkan gula pasir 10%, yaitu 34,97% sedangkan penambahan gula yang kurang (5%) atau lebih dari 10% (15%) menghasilkan rendemen selulosa yang lebih rendah, yaitu 27,12% (gula 5%) dan 24,16% (gula 15%). Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi gula 10% merupakan konsentrasi optimum bagi pertumbuhan bakteri *A.xylinum* sehingga meningkatkan aktivitas bakteri tersebut dalam mensintesis selulosa.

Kadar Serat Selulosa Bakteri

Kadar serat selulosa merupakan parameter yang penting diketahui untuk pemanfaatan selulosa bakteri. Kadar serat selulosa bakteri yang dihasilkan dari media limbah cair sagu, ditampilkan pada Gambar 4.

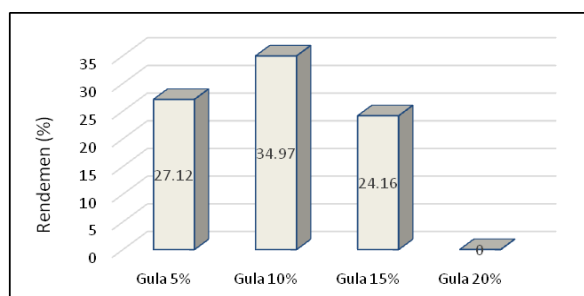
Gambar 4 menunjukkan bahwa kadar serat selulosa meningkat dengan meningkatnya konsentrasi gula pasir yang ditambahkan pada media limbah cair sagu hingga 10%, namun menurun pada saat gula ditambahkan sebanyak 15%. Hal ini mengindikasikan bahwa kadar serat dipengaruhi oleh konsentrasi gula pasir di dalam media. Gula sebagai sumber karbon dalam medium dapat merangsang aktivitas bakteri dalam menghasilkan bioselulosa dengan ikatan selulosa yang kuat dalam jaringan selulosa tersebut, sehingga mengakibatkan serat selulosa semakin meningkat (Chawla *et al.* 2009; Faridah *et al.* 2014).

Kadar Air Selulosa Bakteri

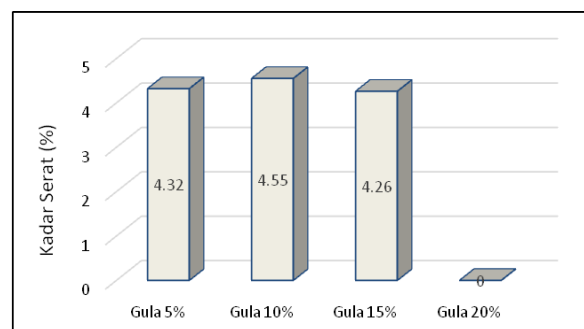
Kadar air pada selulosa bakteri merupakan persentase air yang terperangkap dalam selulosa. Kemampuan *Acetobacter xylinum* mengkonversi gula dengan baik menjadi selulosa menyebabkan air pada media fermentasi berkurang karena selama pembentukan lapisan selulosa, rongga-rongga yang terdapat dalam selulosa akan terisi oleh air sehingga selulosa menjadi tebal dan mengandung air ± 95-98% dan 2-5% selulosa (Chawla *et al.* 2009). Kadar air selulosa bakteri yang diperoleh dari media limbah cair sagu, disajikan pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan gula sebanyak 10% pada media limbah cair sagu menghasilkan selulosa bakteri dengan kadar air terendah, yaitu 91,65% sedangkan selulosa yang diperoleh dari media dengan gula 5%, kadar airnya meningkat yaitu 93,36% dan kadar air selulosa tertinggi diperoleh dari media yang ditambahkan gula 15%, yaitu 94,45%. Hasil pengukuran kadar air selulosa tidak berbanding lurus dengan ketebalan dan rendemen serta kadar serat selulosa bakteri, yakni perlakuan gula 10% yang menghasilkan selulosa dengan ketebalan, rendemen dan kadar serat selulosa tertinggi, namun kadar air selulosanya terendah, sedangkan perlakuan 15% yang menghasilkan selulosa dengan ketebalan, rendemen dan kadar serat selulosa terendah, kadar air selulosanya

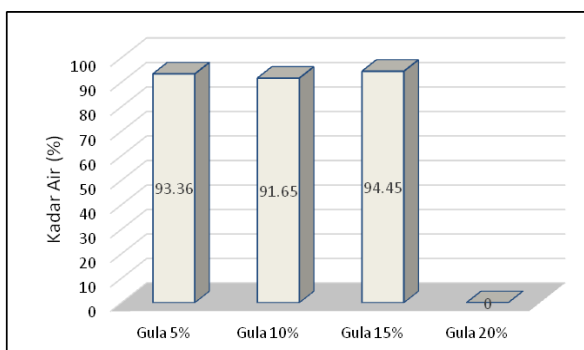
tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi gula pasir 10% pada media limbah cair sagu merupakan konsentrasi optimum untuk menghasilkan selulosa bakteri yang lebih tebal dengan ikatan serat kuat dan pori yang kecil. Kuatnya ikatan selulosa ini menyebabkan jumlah air yang terperangkap dalam jaringan selulosa lebih rendah, sehingga kadar air menjadi rendah. Mohammad *et al.* (2014) menyatakan bahwa penambahan gula dengan konsentrasi sampai batas tertentu, akan



Gambar 3. Histogram rendemen selulosa bakteri dari media limbah cair sagu dengan konsentrasi gula yang berbeda.



Gambar 4. Histogram kadar serat selulosa bakteri yang dihasilkan dari limbah cair sagu dengan konsentrasi gula yang berbeda.



Gambar 5. Kadar air selulosa bakteri yang dihasilkan dari media limbah cair sagu dengan konsentrasi gula yang berbeda.

menyebabkan pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* semakin optimal dan massanya akan bertambah besar untuk membentuk selulosa yang lebih banyak. Pertumbuhan bakteri yang optimum akan membuat bakteri mengubah glukosa menjadi selulosa lebih optimal dan mengakibatkan selulosa yang terbentuk semakin tebal dan jaringan selulosa akan semakin rapat sehingga air yang terperangkap semakin kecil yang mengakibatkan kadar air selulosa menjadi rendah (Chawla *et al.* 009; Mohammad *et al.* 2014).

PEMBAHASAN

Produksi selulosa bakteri ditandai dengan pembentukan lembaran-lembaran (pelikel) selulosa yang terbentuk di permukaan media limbah cair sagu. Pelikel selulosa terbentuk karena aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* dan pengapungan pelikel selulosa di permukaan media disebabkan oleh gas karbon dioksida yang dihasilkan secara lambat oleh bakteri tersebut (Esa *et al.* 2014). Produksi selulosa bakteri pada substrat limbah cair sagu dipengaruhi oleh konsentrasi gula yang ditambahkan pada media tersebut. Ketebalan pelikel dan rendemen selulosa bakteri yang tertinggi diperoleh pada media limbah cair sagu dengan konsentrasi gula 10% (Gambar 2 dan Gambar 3). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa konsentrasi gula 10% merupakan konsentrasi gula yang optimum ditambahkan pada media limbah cair sagu untuk memenuhi kebutuhan sumber karbon bakteri sehingga bakteri dapat bekerja dengan optimal untuk mensintesis selulosa. Bakteri yang bekerja memproduksi selulosa secara optimal akan menghasilkan pelikel nata yang banyak sehingga nata yang terbentuk menjadi lebih tebal dan rendemennya juga besar. Hal ini didukung oleh penelitian Mohammad *et al.* (2014), yang menyatakan bahwa gula merupakan nutrisi penting yang menunjang aktivitas mikroba pada pembentukan lapisan selulosa dan pemberian gula sebagai sumber karbon akan merangsang peningkatan pertumbuhan bakteri *A. xylinum* dan pembentukan enzim pembentuk selulosa sehingga meningkatkan produksi selulosa. Faridah *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa kecukupan sumber karbon dalam medium dapat merangsang

bakteri dalam mensintesa selulosa sehingga meningkatkan berat selulosa.

Penambahan gula pada media limbah cair sagu dengan konsentrasi kurang atau lebih dari 10%, menyebabkan penurunan produksi selulosa bakteri (Gambar 3). Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan gula dengan konsentrasi 10% telah memenuhi kebutuhan sumber karbon bakteri *A. xylinum* dalam memproduksi selulosa dari limbah cair sagu. Faridah *et al.* (2013) dan Rizal *et al.* (2013) menyatakan bahwa penambahan gula yang berlebihan, dapat mempengaruhi ketebalan selulosa dan dapat mengakibatkan terbentuknya limbah baru berupa buangan dari sisa gula tersebut, namun penambahan gula yang terlalu sedikit juga akan mengakibatkan selulosa yang dihasilkan tidak optimal karena sintesis enzim akan terganggu sehingga mengakibatkan metabolisme sel dalam bentuk selulosa terganggu pula.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa limbah cair sagu berpotensi digunakan sebagai media/substrat untuk memproduksi selulosa bakteri namun membutuhkan penambahan gula pasir sebagai sumber karbon yang mudah. Substrat limbah cair sagu yang digunakan pada produksi selulosa memiliki sumber nutrisi yang terbatas dengan sumber karbon yang kompleks, yaitu pati dan relatif lebih sulit digunakan. Muhiddin (2012), menyatakan bahwa limbah cair sagu mengandung karbohidrat 12,09%, protein 2,0% dan serat kasar 0,28% sehingga harus ditunjang dengan penambahan nutrisi dari sumber lain, terutama sumber karbon dan nitrogen yang sangat dibutuhkan oleh bakteri yang berperan dalam produksi selulosa bakteri.

Selulosa bakteri yang diproduksi dari limbah cair sagu memiliki kadar serat yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 01-4317-1996, mengenai nata dalam kemasan, yang mensyaratkan kadar serat nata maksimal adalah 4,5%, maka selulosa bakteri yang diperoleh dari media limbah cair sagu pada penambahan gula pasir 5, 10 dan 15% yang kadar seratnya berturut-turut 4,32, 4,55 dan 4,26% (Gambar 4). memenuhi standar SNI untuk digunakan sebagai makanan kaya serat (nata). Hal ini mengindikasikan bahwa selulosa bakteri yang diproduksi dari limbah cair sagu potensial dikonsumsi sebagai makanan penutup

(*desert*) seperti nata de coco. Patria dkk. (2013) menyatakan bahwa kandungan serat kasar melebihi 4,5%, akan menyebabkan kekenyalan nata tinggi sehingga tidak mudah putus pada saat dikonsumsi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka disimpulkan bahwa limbah cair sagu dapat dimanfaatkan sebagai substrat untuk memproduksi selulosa bakteri dengan konsentrasi gula pasir optimum adalah 10% untuk ditambahkan pada media produksi. Selulosa bakteri dari limbah cair sagu juga berpotensi digunakan sebagai makanan kaya serat (*dietary fiber*) seperti nata de coco.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi, Kementerian Riset, Teknologi dan Perguruan Tinggi yang telah memberikan bantuan dana penelitian dalam proyek Hibah Strategi Nasional 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Afreen, SS. & B. Lokeshappa. 2014. Production of Bacterial Cellulose from *Acetobacter Xylinum* using Fruits Wastes as Substrate. *The International Journal Of Science & Technoledge*, 2 (8) : 57-64.
- Bujang, KB. & FB. Ahmad. 2000. Sago starch : Production and Utilization in Malaysia. *Proceeding, The International Sago Seminar*. Bogor Indonesia. 22-23 March 2000.
- Chawla, PR., IB. Bajaj, SA. Survase, & RS. Singhal. 2009. Microbial Cellulose: Fermentative Production and Applications, *Food Technology and Biotechnology*. 47 (2): 107–124.
- Darni, Y., TM. Sitorus, & M. Hanif. 2014. Produksi Bioplastik dari Sorgum dan Selulosa Secara Termoplastik, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 10 (2): 55– 62.
- Esa, F., ST. Tasirin, & NA. Rahman. 2014. Overview of Bacterial Cellulose Production and Application, *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 2: 113 – 119.
- Faridah, S. Diana, Helmi, M. Sami, & Mudliana. 2013. Effect of Sugar Concentrations on Bacterial Cellulose Production as Cellulose Membrane in Mixture Liquid Medium and Material Properties Analysis, *Proceeding ASIAN Academic Society International Conference*, Nakhon Pathom, Thailand. 96-101.
- Gayathri, G. & G. Srinikethan. 2016. Review on production of Bacterial Cellulose from wastewater and its applications. *Research Journal Chemical Enviromental Science* 4 [4S] : 25-30.
- Goh, WN., A. Rosma, B. Kaur, A. Fazilah, AA. Karim. & B. Rajeev. 2012. Fermentation of black tea broth (Kombucha): I. Effects of sucrose concentration and fermentation time on the yield of microbial cellulose. *International Food Research Journal* 19 (1): 109-117.
- Hidayati, S., AS. Zubaidar & A. Ardiani. 2015, Aplikasi Sorbitol pada Produksi *Biodegradable Film* dari *Nata de Cassava*, *Jurnal Reaktor* 15 (3): 196-204.
- Iskandar, Zaki, M., Mulyati, S., Fathanah, U., Sari, I. & Juchairawati. 2010. Pembuatan Film Selulosa dari *Nata de Pina*, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 7 (3): 105-111.
- Kanro, M.Z., A. Rouw., A. Widjono., Syamsuddin., Amisnaipa., & Atekan. 2003. Tanaman Sagu dan Pemanfaatannya di Propinsi Papua. *Jurnal Litbang Pertanian* 22 (3).
- Keshk, SM. 2014. Bacterial Cellulose Production and its Industrial Applications. *Jurnal Bioproses Biotechniq.* 4 (2) : 2-10.
- Mohammad, SM., NA. Rahman, MS. Khalil, & SRS. Abdullah. 2014. An Overview of Biocellulose Production Using *Acetobacter xylinum* Culture. *Advances in Biological Research*, 8 (6): 307-313.
- Muhiddin, NH. 2012, Pemanfaatan Limbah Cair Sagu Melalui Teknologi Biosintesa untuk Memproduksi “*Nata de Sago*”, *Jurnal Paradigma*, 16 (2):111-124.
- Sudarmadji, S., B. Haryono. & Suhardi, 1997, *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, Liberty, Yogyakarta.
- Rizal, HM., DM. Pandiangan, & A. Saleh. 2013. Pengaruh Penambahan Gula, Asam

- asetat dan Waktu Fermentasi terhadap Kualitas Nata de Corn. *Jurnal Teknik Kimia*, 19 (1) : 34-39.
- Patria, A., M. Muzaifa. & Zurrahmah. 2013. Pengaruh Penambahan Gula dan Amonium Sulfat terhadap Kualitas Nata de Soya. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia* 5 (3) : 1-5.

