

# PENGARUH PENAMBAHAN GULA DAN LAMA FERMENTASI TERHADAP KARAKTERISTIK SELULOSA BAKTERIAL DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* L.)

Muhammad Najri, N. Semadi Antara\*, I. M. Mahaputra Wijaya

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, pos: 80361; Telp/Fax: (0361) 701801.

**ABSTRACT:** Kulit pisang kepok merupakan hasil samping pengolahan pisang kepok yang merupakan jenis pisang yang sering digunakan sebagai bahan baku olahan pisang, dan bernilai ekonomis rendah. Kulit pisang kepok dapat dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan *Acetobacter xylinum* untuk menghasilkan selulosa bakteri. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan gula dan lama fermentasi terhadap karakteristik selulosa bakteri yang dihasilkan, serta untuk penghasil kombinasi penambahan gula dan lama fermentasi terbaik untuk penghasil selulosa bakteri dari kulit pisang kepok. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor. Faktor pertama penambahan gula yang terdiri dari 30, 35 dan 40 g. Faktor kedua yaitu lama fermentasi terdiri dari 7, 14 dan 21 hari. Data dianalisis dengan analisis varian dan dilanjutkan dengan Uji BNJ. Variabel yang diamati antara lain, kadar air, ketebalan, gula reduksi, kadar selulosa, hemiselulosa dan lignin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan gula dan lama fermentasi berpengaruh terhadap rendemen, ketebalan, berat, selulosa, hemiselulosa, lignin, dan gula reduksi. Interaksi antar perlakuan berpengaruh terhadap berat, rendemen, ketebalan, kandungan hemiselulosa dan gula reduksi, namun tidak berpengaruh terhadap kandungan selulosa dan lignin. Perlakuan terbaik proses fermentasi untuk menghasilkan selulosa bakteri dengan karakteristik terbaik yaitu dengan penambahan gula 40 g dan lama fermentasi 14 hari. Karakteristik selulosa bakteri yang dihasilkan yaitu ketebalan, gula reduksi, kadar selulosa, berat, rendemen, kadar hemiselulosa dan lignin berturut-turut sebesar  $0.104 \pm 0.01$  cm,  $1,65 \pm 0,09$  mg/mL,  $86,00 \pm 0,99\%$ ,  $8,34 \pm 0,01$  g,  $3.33 \pm 0,01\%$ ,  $5,80 \pm 0,1\%$ ,  $2,30 \pm 0,28\%$ .

**KATA KUNCI:** *Bacterial Cellulose, Acetobacter xylinum, Banana Peel, Addition of Sugar, Fermentation Time*

## PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Direktorat Jenderal Hortikultura pada tahun 2016 Indonesia memproduksi pisang sebanyak 7 juta ton, di tahun 2017 sebanyak 7,16 juta ton dan di tahun 2018 meningkat kembali sebanyak 7,26 juta ton. Pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) merupakan salah satu varietas pisang yang banyak digunakan sebagai bahan baku olahan pisang. Menurut Lukanku-bo (2007) Pisang kepok memiliki wujud gepeng serta kulit yang sangat tebal, kurang lebih 1/3 bagian dari buah pisang yang belum dikupas. Menurut Setiawati et al. (2013), dalam kulit pisang terdapat kandungan karbohidrat yang cukup tinggi yaitu 18,5%, serta mengandung monosakarida terutama glukosa sebesar 8,16 %. Kandungan karbohidrat yang cukup tinggi dalam kulit pisang menjadi potensi pemanfaatan kulit pisang dalam memproduksi nata. Pemanfaatan kulit buah pisang kepok menjadi bahan baku nata akan meningkatkan nilai ekonomis kulit pisang kepok.

\*Korespondensi penulis

Email: [semadi.antara@unud.ac.id](mailto:semadi.antara@unud.ac.id)

Nata yaitu lapisan polisakarida ekstraseluler (selulosa) yang dibentuk oleh mikroba pembentuk kapsul (Ahmad et al., 2014). Struktur nata menyerupai gel berbentuk padat, berwarna putih, bertekstur kenyal, transparan, serta terapung pada bagian permukaan cairan (Iguchi et al., 2000). Karbohidrat yang terkandung pada kulit pisang kepok dapat digunakan oleh mikroorganisme *Acetobacter xylinum* untuk pertumbuhan dan menghasilkan produk nata yang berbentuk membran selulosa. Penelitian sebelumnya telah membuktikan potensi kulit pisang raja sebagai media pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* dan sebagai bahan produksi selulosa bakterial (Wardiet et al., 2018), dan tentang bagaimana pembentukan alpa selulosa dan identifikasi selulosa dari kulit pisang kepok (Yannasandi et al., 2017).

Pada penelitian ini kulit pisang kepok dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan bakteri melalui proses fermentasi, untuk menghasilkan selulosa bakterial. Bakteri *Acetobacter xylinum* dapat memecah gula untuk mensintesis selulosa ekstraseluler. Proses fermentasi yang dilakukan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* dilakukan dengan penyusunan (polimerisasi) senyawa glukosa menjadi polisakarida yang dikenal dengan selulosa (Permatasari et al., 2018). Selulosa yang terbentuk berupa benang-benang yang bersama-sama dengan polisakarida berlendir membentuk suatu jalinan secara terus-menerus menjadi lapisan nata. Selulosa bakterial merupakan salah satu alternatif sumber selulosa. Selulosa bakteri bersifat renewable, dapat diproduksi dari berbagai macam substrat yang relatif mudah dan murah, mempunyai karakteristik yang unik dan relatif lebih murni dibandingkan dengan selulosa kayu (Harianingsih et al., 2018). Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa selulosa bakterial dapat dimanfaatkan sebagai selulosa mikrokristal (Ardiana et al., 2019), sebagai penguat pada bioplastik (Maryam et al., 2019) dan sebagai biofilm selulosa asetat (Syamsu et al., 2014).

Penambahan gula dan lama fermentasi merupakan faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik selulosa bakterial. Menurut Yanti et al. (2017), banyaknya gula yang ada pada media fermentasi akan mempengaruhi produksi selulosa bakteri, hal ini karena semakin banyak gula yang digunakan maka selulosa ekstraseluler yang terbentuk dari pemanfaatan gula juga semakin banyak. Menurut Wardi et al. (2018), pada media fermentasi berbahan kulit pisang raja perlakuan variasi sukrosa didapatkan hasil nata terbaik pada penambahan sukrosa 35 g dari 500 mL. Penelitian Majesty et al. (2015), menunjukkan pengaruh penambahan sukrosa dan lama fermentasi terhadap kadar serat nata dari sari nanas (Nata de pina) pada penambahan gula 40 g kedalam 500 mL substart fermentasi.

Lama fermentasi juga mempengaruhi karakteristik selulosa. Lama fermentasi dapat menyebabkan selulosa hasil sekresi *Acetobacter xylinum* berikatan kuat satu dengan yang lainnya membentuk lapisan-lapisan yang terus menebal (Iryandi et al., 2014). Menurut Latumahina et al. (2017), semakin lama fermentasi maka selulosa bakteri yang terbentuk akan semakin tebal, namun waktu fermentasi yang terlalu lama juga akan menghasilkan warna selulosa bakteri yang dihasilkan menjadi lebih kecokelatan karena jalinan selulosa yang terbentuk semakin menebal. Menurut Majesty et al. (2015), lama fermentasi yang paling optimal dalam pembentukan selulosa bakteri dengan bahan substrat dari kulit nanas oleh *Acetobacter xylinum* yaitu 14 hari, sedangkan menurut Andrianus (2009) Nata de coco sebagai kandidat serat dalam komposit untuk panel anti peluru memiliki lama fermentasi selama 7 hari.

Berdasarkan hal tersebut diatas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan gula dan lama fermentasi terhadap karakteristik selulosa bakterial dari kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) yang dihasilkan dan menentukan kombinasi optimum penambahan gula dan lama fermentasi terbaik untuk menghasilkan selulosa bakterial dari kulit pisang kepok dengan karakteristik terbaik.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kulit pisang kepok yang sudah matang berwarna kuning kecoklatan, bersumber dari pedagang gorengan yang berjualan di Tukad Pancoran, Pan-ger, Denpasar Selatan, starter murni *Acetobacter xylinum* (Biotechno Store), air (Aqua), aquades, sukrosa (Gulaku), asam cuka (Indomaret), ZA Foodgrade, NaOH 1%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain UV Spektrofotometer, timbangan, panci, loyang plastik untuk wadah fermentasi dengan panjang 30 cm, lebar 25 cm dan tinggi 8 cm, kain saring, kompor gas, pisau, talenan, pengaduk kayu, kertas roti, karet gelang, nampan, thermometer, pH meter, oven, timbangan analitik (Shimadzu), kompor listrik (Maspion), Soxhlet, muffle furnace (Thermolyne), gelas ukur (Pyrex), gelas beaker (Iwaki), thermometer digital, batang pengaduk, ayakan 35 mesh, baskom, cawan porselen, dan kertas saring.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dengan dua faktor, faktor yang pertama yaitu penambahan gula pada 500 mL media fermentasi yang terdiri dari 3 level yaitu

K1: 30 g

K2: 35 g

K3: 40 g

Faktor yang kedua adalah lama fermentasi yang terdiri dari 3 level yaitu

W1: 7 hari

W2: 14 hari

W3: 21 hari

Dengan demikian diperoleh 9 kombinasi perlakuan dikelompokkan berdasarkan 2 waktu percobaan sehingga diperoleh 18 unit percobaan. Data hasil pengamatan yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA) dan apabila terdapat pengaruh perlakuan yang nyata maka dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) menggunakan perangkat lunak Minitab 17. Perlakuan terbaik ditentukan dengan perlakuan yang menghasilkan kadar selulosa tertinggi.

### **Pelaksanaan Penelitian**

#### **Ekstraksi Kulit Pisang Kepok**

Kulit pisang kepok terlebih dahulu dicuci dan dikecilkan ukurannya kurang lebih dengan lebar 5 cm, kemudian kulit pisang dihancurkan menggunakan blender dengan penambahan air bersih, dengan perbandingan 1:2. Air yang digunakan sebanyak 4.5 L dan kulit pisang sebanyak 2.25 Kg. Hasil penghancuran disaring dan diperoleh larutan kulit pisang sebanyak 4.5 L. Cairan ekstraksi kulit pisang kepok siap digunakan untuk produksi selulosa bakteri (Purwanto., 2012).

#### **Produksi selulosa bakteri**

Metode ini mengikuti penelitian Purwanto. (2012) dan Permatasari et al. (2018). Pertama proses pasteurisasi, sebanyak 500 mL larutan ekstraksi dimasukkan ke dalam panci, ditambahkan gula sesuai dengan perlakuan yaitu 30, 35 dan 40 g, ditambahkan ZA 1,5 % dan asam cuka sebanyak 4 %. Proses pasteurisasi dilakukan selama 15 menit. Selanjutnya wadah fermentasi disiapkan dengan melalui proses sterilisasi terlebih dahulu menggunakan alkohol, hasil pasteurisasi selanjutnya dimasukkan ke dalam wadah fermentasi, kemudian ditutup dengan kertas roti dan diikat dengan karet gelang. Selanjutnya masuk pada tahap pendinginan sampai medium berada di suhu  $\pm 25$  0C, Setelah dingin, kultur murni *Acetobacter xylinum* ditambahkan sebanyak 10% dari 500 mL media fermentasi. Dilanjutkan tahap inokulasi yang dilakukan secara aseptis, dilakukan penutupan kembali dengan kertas roti steril dan diikat karet gelang. Tahap inkubasi dilakukan sesuai dengan perlakuan lama fermentasi yang diberikan yaitu 7, 14 dan 21 hari di dalam ruangan steril pada suhu ruang. Setelah lama fermentasi setiap perlakuan tercapai selanjutnya selulosa bakterial dipanen. Selulosa direndam terlebih dahulu pada larutan NaOH 1% pada suhu kamar selama 24 jam dan kemudian dinetralkan (pH 7-8) menggunakan air bersih. Selulosa bakterial dari kulit pisang hasil pemurnian selanjutnya dipress dan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 48 jam. Lembaran selulosa bakterial yang telah kering dihaluskan menggunakan blender hingga diperoleh serbuk selulosa bakterial dengan ukuran lolos 35 mesh (Harianingsih et al., 2018).

#### **Variabel yang Diamati**

Variabel yang diamati pada penelitian ini yaitu ketebalan (Permatasari *et al.*, 2018), gula reduksi (Efevbokhan, 2019), berat selulosa bakteri (Permatasari *et al.*, 2018), rendemen (Rodsamran *et al.*, 2015), selulosa, hemiselulosa dan lignin (Fitriana *et al.*, 2020).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Ketebalan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan gula dan lama fermentasi berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ), sedangkan interaksinya berpengaruh nyata ( $p \leq 0,05$ ) terhadap ketebalan lembaran kering selulosa bakteri hasil fermentasi. Nilai rata-rata ketebalan selulosa bakteri hasil fermentasi dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Nilai rata-rata ketebalan (cm), lembaran kering selulosa bakteri hasil fermentasi pada perlakuan penambahan gula dan lama fermentasi

Penambahan Gula (g)	Lama Fermentasi (Hari)		
	7	14	21
30	0,05±0,00 <sup>d</sup>	0,08±0,00 <sup>b</sup>	0,08±0,00 <sup>b</sup>
35	0,06±0,00 <sup>c</sup>	0,09±0,00 <sup>b</sup>	0,08±0,00 <sup>b</sup>
40	0,06±0,00 <sup>c</sup>	0,10±0,01 <sup>a</sup>	0,09±0,00 <sup>b</sup>

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ ).

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata ketebalan selulosa bakteri kering tertinggi diperoleh menggunakan kombinasi perlakuan penambahan gula 40 g dan lama fermentasi 14 hari, yaitu sebesar 0.104±0,01 cm. Ketebalan lembaran kering selulosa bakteri terendah diperoleh menggunakan kombinasi perlakuan penambahan gula 30 g dan lama fermentasi 7 hari, yaitu sebesar 0.050±0,00 cm. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi sukrosa pada media maka glukosa yang diubah semakin banyak (Galung, 2021). Ketebalan nata diperoleh dari hasil sintesis gula oleh bakteri *Acetobacter xylinum* yang menghasilkan padatan selulosa, bertambahnya konsentrasi sukrosa akan memperbesar yield yang diperoleh (Galung, 2021).

Pada waktu lama fermentasi 21 hari ketebalan selulosa bakteri tidak mengalami peningkatan dari hari ke 14. Hal ini disebabkan penggunaan waktu fermentasi yang terlalu lama juga menyebabkan timbulnya kontaminasi yang ikut tumbuh dan menempel pada selulosa yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan kerusakan pada selulosa bakterial. Pada penelitian ini penggunaan waktu fermentasi 21 hari menyebabkan selulosa bakteri ditumbuhi oleh jamur dan selulosa bakterial yang dihasilkan menjadi rusak. Selulosa bakterial merupakan selulosa yang dapat ditumbuhi jamur, apabila kondisi keasamannya tinggi (Januar, 2010). Menurut Putriana et al. (2013), seiring dengan bertambahnya lama fermentasi akan menyebabkan turunnya pH media fermentasi karena metabolisme dari proses fermentasi. *Acetobacter xylinum* akan menghasilkan asam organik sebagai metabolit, hal ini dapat memicu pertumbuhan jamur (Agus, 2006).

### Gula Reduksi

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan gula, lama fermentasi dan interaksinya berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap persentase kandungan gula reduksi cairan selulosa bakteri hasil fermentasi. Nilai rata-rata kadar gula reduksi pada cairan fermentasi selulosa bakteri hasil fermentasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata Gula reduksi (mg/mL), cairan selulosa bakteri hasil fermentasi pada perlakuan penambahan gula dan lama fermentasi

Penambahan Gula (g)	Lama Fermentasi (Hari)		
	7	14	21
30	1,409±0,06 <sup>cd</sup>	1,009±0,22 <sup>efg</sup>	0,727±0,11 <sup>g</sup>
35	1,887±0,04 <sup>ab</sup>	1,154±0,19 <sup>def</sup>	0,801±0,11 <sup>fg</sup>
40	2,612±0,04 <sup>a</sup>	1,656±0,09 <sup>bc</sup>	1,168±0,18 <sup>de</sup>

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p < 0,05$ ).

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata gula reduksi pada hasil fermentasi tertinggi terdapat pada perlakuan penambahan gula 40 g dan lama fermentasi 7 hari yaitu sebesar 2,612±0,04%. Gula reduksi

terendah terdapat pada perlakuan penambahan gula 30 g dengan lama fermentasi 21 hari. Nilai rata-rata kandungan gula reduksi pada setiap lama fermentasi mengalami penurunan dari hari ke 7 sampai hari ke 21. Hal ini dikarenakan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* mengkonsumsi glukosa yang ditandai dengan penurunan kadar gula reduksi pada peningkatan waktu fermentasi. Aktivitas *Acetobacter xylinum* selama proses fermentasi telah menghasilkan metabolit primer dalam bentuk selulosa maupun sekunder dalam bentuk asam organik dimana gula sebagai sumber karbon (Yuniarta,2010).

### Selulosa

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan gula berpengaruh nyata ( $p \leq 0,05$ ) dan lama fermentasi berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ), sedangkan interaksinya berpengaruh tidak nyata ( $p \geq 0,05$ ) terhadap persentase selulosa dari serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi. Nilai rata-rata persentase selulosa dari serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata selulosa (%), pada serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi pada perlakuan penambahan gula dan lama fermentasi

Penambahan Gula (g)	Lama Fermentasi (Hari)			Rata- rata
	7	14	21	
30	81,70	85,15	83,15	83,33±1,66 <sup>b</sup>
35	82,55	85,45	83,35	83,78±1,68 <sup>ab</sup>
40	82,80	86,00	84,45	84,37±1,74 <sup>a</sup>
Rata-rata	82,30±0,46 <sup>c</sup>	85,53±0,59 <sup>a</sup>	83,65±0,30 <sup>b</sup>	.

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai pada baris atau kolom yang sama menunjukkan Perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ ).

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan adanya peningkatan peresentase kandungan selulosa pada setiap kenaikan perlakuan penambahan gula. Nilai rata rata kandungan selulosa pada selulosa bakteri hasil fermentasi diperoleh persentase tertinggi dari perlakuan penambahan gula 40 g yaitu 84,42±1,94%, diikuti dengan penambahan gula 35 g yaitu sebesar 83,78±1,68% dan yang terendah diperoleh dengan penambahan gula 30 g yaitu sebesar 83,33±1,66%. Hal tersebut terjadi karena senyawa glukosa dan sukrosa digunakan oleh *Acetobacter xylinum* sebagai sumber karbon dalam proses metabolisme, sehingga menghasilkan enzim yang mampu menyusun senyawa glukosa menjadi polisakarida yang dikenal dengan selulosa bakterial (Pambayun, 2002).

Nilai rata rata kandungan selulosa pada selulosa bakterial hasil fermentasi diperoleh presentasi tertinggi dari lama fermentasi 14 hari yaitu 85,53±0.59%, diikuti dengan lama fermentasi 21 hari yaitu sebesar 83,65±0.30% dan yang terendah diperoleh dengan lama fermentasi 7 hari yaitu sebesar 82,30±0.46%. Lama fermentasi yang berbeda akan menghasilkan kadar selulosa yang berbeda. Semakin lama proses fermentasi dilakukan, terdapat perubahan pada lapisan atas media yaitu terbentuknya lapisan tipis yang semakin menebal yaitu lapisan selulosa. Semakin banyak hasil sekresi *Acetobacter xylinum*, maka semakin tebal serat kasar selulosa bakterial yang dihasilkan dari proses fermentasi (Iryandi et al. 2014). Penelitian lain juga menunjukkan penghasilan selulosa yang optimum pada waktu fermentasi 14 hari (Lusi et al., 2017).

### Berat Serbuk Selulosa Bakteri

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan gula, lama fermentasi dan interaksinya berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap berat serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi. Nilai rata-rata berat serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata-rata berat (g) serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi pada perlakuan penambahan gula dan lama fermentasi

Penambahan Gula (g)	Lama Fermentasi (Hari)		
	7	14	21
30	7,13±0,07 <sup>d</sup>	8,07±0,01 <sup>ab</sup>	7,91±0,01 <sup>b</sup>
35	7,56±0,01 <sup>c</sup>	8,31±0,02 <sup>a</sup>	7,98±0,00 <sup>b</sup>

40	7,90±0,01 <sup>b</sup>	8,34±0,01 <sup>a</sup>	8,12±0,01 <sup>ab</sup>
----	------------------------	------------------------	-------------------------

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ ).

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai rata-rata berat bubuk selulosa bakteri hasil fermentasi tertinggi diperoleh dari kombinasi perlakuan penambahan gula 40 g dan lama fermentasi 14 hari yaitu sebesar 8,34±0,01 g. Perlakuan penambahan gula 35 g dengan lama fermentasi 14 hari tidak berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan tertinggi dengan nilai rata-rata yaitu sebesar 8,31±0,02 g. Rendemen terendah diperoleh dari kombinasi perlakuan konsentrasi penambahan gula 30 g dan lama fermentasi 7 hari yaitu sebesar 7,13±0,07 g. Hal ini menunjukkan semakin banyak gula yang ditambahkan maka semakin tinggi berat bubuk selulosa yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena banyaknya gula yang ada pada media fermentasi akan meningkatkan selulosa ekstraseluler yang terbentuk dari pemecahan gula yang semakin banyak (Yanti et al., 2017). Pada perlakuan lama fermentasi terjadi penurunan berat bubuk selulosa bakteri yang dihasilkan pada perlakuan lama fermentasi 21 hari, hal ini disebabkan terjadinya kontaminasi pada selulosa bakteri yang dihasilkan pada lama fermentasi 21 hari. Hal ini dapat disebabkan karena bakteri *Acetobacter xylinum* dapat menghasilkan asam dari glukosa yang menyebabkan selulosa mudah ditumbuhi jamur (Januar, 2010).

### Rendemen

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan gula, lama fermentasi dan interaksinya berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap rendemen serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi. Nilai rata-rata rendemen selulosa bakteri hasil fermentasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata-rata rendemen (%) serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi pada perlakuan penambahan gula dan lama fermentasi

Penambahan Gula (g)	Lama Fermentasi (Hari)		
	7	14	21
30	2,85±0,07 <sup>d</sup>	3,22±0,01 <sup>ab</sup>	3,16±0,01 <sup>b</sup>
35	3,02±0,01 <sup>c</sup>	3,32±0,02 <sup>a</sup>	3,19±0,02 <sup>b</sup>
40	3,16±0,01 <sup>b</sup>	3,33±0,01 <sup>a</sup>	3,24±0,01 <sup>ab</sup>

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ ).

Hasil pada Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai rata-rata rendemen selulosa bakteri hasil fermentasi tertinggi diperoleh dari kombinasi perlakuan penambahan gula 40 g dan lama fermentasi 14 hari yaitu sebesar 3,33±0,01%. Perlakuan penambahan gula 35 g dengan lama fermentasi 14 hari tidak berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan tertinggi dengan nilai rata-rata yaitu sebesar 3,32±0,02%. Rendemen terendah diperoleh dari kombinasi perlakuan konsentrasi penambahan gula 30 g dan lama fermentasi 7 hari yaitu sebesar 2,85±0,07%. Banyaknya gula yang ada pada media fermentasi akan mempengaruhi produksi selulosa, hal ini karena semakin banyak gula yang digunakan maka selulosa ekstraseluler yang terbentuk dari pemecahan gula juga semakin banyak (Yanti et al., 2017). Semakin meningkat selulosa yang terbentuk maka semakin tebal nata yang dihasilkan, ketebalan nata akan berbanding lurus dengan rendemen yang dihasilkan (Sitorus, 2019). Rendemen dipengaruhi oleh variasi substrat, komposisi bahan, kondisi lingkungan, dan kemampuan *Acetobacter xylinum* dalam menghasilkan selulosa, Yanti et al. (2017). Pada perlakuan lama fermentasi terjadi penurunan rendemen selulosa bakteri yang dihasilkan pada perlakuan lama fermentasi 21 hari. Hal ini disebabkan karena timbulnya jamur dan terjadi kerusakan pada selulosa bakteri pada perlakuan penggunaan lama fermentasi 21 hari yang menyebabkan berkurangnya rendemen yang dihasilkan. Hal ini dapat disebabkan karena bakteri *Acetobacter xylinum* dapat menghasilkan asam dari glukosa yang menyebabkan selulosa mudah ditumbuhi jamur (Januar, 2010).

### Hemiselulosa

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan penambahan gula, lama fermentasi dan in-teraksinya berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap persentase kandungan hemiselulosa pada serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi. Nilai rata-rata hemiselulosa pada bubuk selulosa bakteri hasil fermentasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai rata-rata hemiselulosa (%), serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi pada perlakuan penambahan gula dan lama fermentasi

Penambahan Gula (g)	Lama Fermentasi (Hari)		
	7	14	21
30	2,15±1,06 <sup>b</sup>	3,00±0,71 <sup>b</sup>	6,45±0,07 <sup>a</sup>
35	2,65±0,49 <sup>b</sup>	3,20±0,71 <sup>b</sup>	6,70±0,00 <sup>a</sup>
40	2,75±0,64 <sup>b</sup>	5,80±0,14 <sup>a</sup>	6,75±0,07 <sup>a</sup>

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ ).

Hasil pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai rata rata kandungan hemiselulosa dari selulosa bakterial hasil fermentasi tertinggi diperoleh menggunakan perlakuan kombinasi penambahan gula 40 g dengan lama fermentasi 21 hari, yaitu sebesar 6,75±0,07%. Nilai rata-rata pada perlakuan lama fermentasi 21 hari dengan penambahan gula 30 g dan 35 g tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan gula tertinggi yaitu berturut-turut sebesar 6,45±0,07%, 6,70±0,00% dan juga perlakuan penambahan gula 40 g dengan lama fermentasi 14 hari sebesar 5,80±0,14%. Kandungan hemiselulosa terendah diperoleh menggunakan kombinasi perlakuan penambahan gula 30 g dan lama fermentasi 7 hari, yaitu sebesar 2,15±1,06% tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan gula 35 g dan 40 g pada lama fermentasi 7 hari berturut-turut sebesar 2,65±0,49%, 2,75±0,64%. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi penambahan gula dan lama fermentasi maka semakin tinggi presentase kandungan hemiselulosa yang terkandung pada serbuk selulosa bakteri dari hasil fermentasi, dikarenakan semakin banyak serat selulosa yang terbentuk (Galung, 2021). Menurut Setyowati et al. (2018), bahwa serat selulosa bakteri memiliki kandungan hemiselulosa dan lignin. *Acetobacter xylinum* menghasilkan agregat selulosa bakteri murni yang mengandung pengotor seperti hemiselulosa dan lignin (Sharmin et al., 2021).

### Lignin

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan gula dan lama fermentasi berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ), sedangkan interaksinya berpengaruh tidak nyata ( $p \geq 0,05$ ) terhadap persentase kandungan lignin pada serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi. Nilai rata-rata lignin hemiselulosa pada serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai rata-rata lignin (%), serbuk selulosa bakteri hasil fermentasi pada perlakuan penambahan gula dan lama fermentasi

Penambahan Gula (g)	Lama Fermentasi (Hari)			Rata-rata
	7	14	21	
30	0,75	1,45	2,50	1,56±0,79 <sup>b</sup>
35	1,10	1,90	2,70	1,90±0,72 <sup>a</sup>
40	1,20	2,30	2,80	2,10±0,75 <sup>a</sup>
Rata-rata	1,01±0,22 <sup>c</sup>	1,88±0,41 <sup>b</sup>	2,66±0,21 <sup>a</sup>	

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ ).

Hasil pada Tabel 7 menunjukkan adanya peningkatan presentase kandungan lignin pada setiap kenaikan perlakuan penambahan gula. Nilai rata-rata kandungan lignin pada selulosa bakteri hasil fermentasi diperoleh presentasi tertinggi dari perlakuan penambahan gula 40 g yaitu 2,10±0,75%, diikuti dengan penambahan gula 35 g yaitu sebesar 1,90±0,72% dan yang terendah diperoleh dengan penambahan gula 30 g yaitu

sebesar  $1,56 \pm 0,79\%$ . Nilai rata-rata kandungan lignin pada selulosa bakteri hasil fermentasi diperoleh presentasi tertinggi dari perlakuan lama fermentasi 21 hari  $2,66 \pm 0,21\%$  diikuti dengan lama fermentasi 14 hari yaitu  $1,88 \pm 0,41\%$  dan yang terendah diperoleh dengan lama fermentasi 7 hari yaitu sebesar  $1,01 \pm 0,22\%$ .

Terjadi kenaikan presentasi lignin pada setiap penambahan gula dan lama fermentasi 7 hari sampai 21 hari. Hal ini dikarenakan pembentukan serat selulosa berbanding lurus dengan pembentukan lignin (Galung, 2021). Menurut Setyowati et al. (2018), bahwa serat selulosa bakteri memiliki kandungan hemiselulosa dan lignin. Namun kadar lignin yang dihasilkan pada penelitian ini lebih besar dari penelitian yang telah dilakukan oleh Safriani (2010), dimana kadar lignin yang optimal untuk selulosa bakterial yaitu berkisar antara 0,21-0,42%. Hal ini dikarenakan faktor bahan substrat yang digunakan, dimana pada penelitian ini penggunaan bahan kulit pisang kepok memungkinkan menghasilkan kadar lignin yang masih terikat pada selulosa bakterial yang dihasilkan, yang dapat dilihat pada warna cokelat pada selulosa bakterial yang dihasilkan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penambahan gula dan lama fermentasi berpengaruh terhadap ketebalan, gula reduksi, kadar selulosa, berat, rendemen, hemiselulosa dan lignin, sedangkan intraksi antar perlakuan berpengaruh terhadap ketebalan, berat, rendemen, hemiselulosa dan kadar gula reduksi hasil fermentasi selulosa bakteri.

Perlakuan terbaik proses fermentasi untuk menghasilkan selulosa bakteri yaitu dengan penambahan gula 40 g dan lama fermentasi 14 hari. Karakteristik selulosa bakteri yang dihasilkan yaitu ketebalan, gula reduksi, kadar selulosa, berat, rendemen, kadar hemiselulosa dan lignin berturut-turut sebesar  $0,104 \pm 0,01$  cm,  $1,65 \pm 0,09$  mg/mL,  $86,00 \pm 0,99\%$ ,  $8,34 \pm 0,01$  g,  $3,33 \pm 0,01\%$ ,  $5,80 \pm 0,1\%$ ,  $2,30 \pm 0,28\%$ .

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan menggunakan penambahan gula 40 g dan lama fermentasi 14 hari pada proses fermentasi untuk menghasilkan selulosa bakteri dari kulit pisang kepok dengan karakteristik terbaik. Untuk kesempurnaan dari penelitian ini agar memperhatikan semua kebersihan alat dan tempat sebelum melakukan penelitian, penulis menyarankan pada proses fermentasi agar mengontrol kondisi pH fermentasi dan untuk melakukan pemurnian menggunakan NaOH lebih dari 1%. Untuk kelanjutan dari penelitian ini penulis menyarankan agar menggunakan perlakuan bahan substrat yang berbeda dan memakai kondisi fermentasi yang berbeda seperti pH, konsentrasi substrat dan konsentrasi starter *Acetobacter xylinum*.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Universitas Udayana yang telah mendanai penelitian ini melalui skim *Penelitian Grup Riset Udayana* Tahun 2022.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrianus, F. 2009. Optimasi Proses Pengeringan Serat Nata de coco Sebagai Kandidat Serat Dalam Bahan Komposit Untuk Panel Anti Peluru. Skripsi S1. Tidak Dipublikasikan. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok.
- Agus. 2006. Pengaruh pH Awal Dan Jumlah Inokulum *Acetobacter xylinum* Pada Pembuatan Nata Sari Buah Nanas (*Ananas comosus* L). Skripsi S1. Tidak Dipublikasikan. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya, Malang.
- Ahmad, S. W., N. A. Yanti., dan N. H. Muhiddin. 2019. Pemanfaatan limbah cair sagu untuk memproduksi selulosa bakteri. *Jurnal Biologi Indonesia*. 15(1):33-39.
- Afrizal., dan A. Purwanto. 2011. Pemanfaatan selulosa bakterial Nata de coco sebagai adsorban logam Cu(ii) dalam sistem berpelarut air. *Jurnal Mesomeri* 1(1): 27-32.
- Ardiana, C. 2019. Isolasi dan karakterisasi selulosa mikrokristal dari Nata de coco untuk bahan pembuatan tablet. *Jurnal Life Science*. 1(2):1-7.
- Ariani, M. 2010. Analisis konsumsi pangan tingkat masyarakat. *Gizi Indon*. 33(1):20-28.
- Awang, N. 1991. Kelapa: Kajian sosial ekonomi. Aditya Media. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Jakarta Pusat. 2018. Produksi tanaman buah-buahan 2018. Badan Pusat Statistik. Jakarta Pusat.



- Effendi, D. S., dan U. Sulas. 2013. Pengaruh penggunaan bahan dasar dan jenis gula terhadap tebal lapisan dan uji organoleptik nata sebagai petunjuk praktikum biologi kd. 2.2 semester ganjil kelas x. *Jurnal Pendidikan* 19(1): 1-10.
- Efeovbokhan, V. E., L. Egwari, E. E. Alagbe, J. T. Adeyemi and O. S. Taiwo. 2019. Production of bioethanol from hybrid cassava pulp and peel using microbial and acid hydrolysis. *Bio Resources*. 14(2):2596-2609.
- Fitriana, N.E., A. Suwanto, T.H. Jatmiko, S. Mursiti dan D.J. Prasetyo. 2020. Cellulose extraction from sugar palm (*Arenga pinnata*) fibre by alkaline and peroxide treatments. *Earth & Environmental Science*. 462(1):12-15.
- Galung, F. S. 2001. Pengaruh penambahan gula terhadap pembentukan serat Nata de langsung (*Lansium domesticum*). *Jurnal Technology*. 1(2):1-5.
- Hamad, A., dan N. A. Handayani. E. Puspawiningtyas. 2014. Pengaruh umur starter *Acetobacter xylinum* terhadap produksi Nata de coco. *Jurnal Techno*. 15(1): 37 – 49.
- Hamad, A., dan Kristiono. 2013. Pengaruh penambahan sumber nitrogen terhadap hasil fermentasi Nata de coco. *Jurnal Momentum*. 9(1): 62-65.
- Harianingsih, dan F. Maharani. 2018. Karakterisasi selulosa asetat dari ketela pohon (*Manihot esculanta*). *Jurnal Prosiding SNST*. 14(9): 74-79.
- Iryandi, A. F., Y. Hendrawan, dan N. Komar. 2014. Pengaruh penambahan air jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) dan lama fermentasi terhadap karakteristik Nata de soya. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 1(1): 8-15.
- Januar, 2010. Penentuan Massa Glukosa Dan Waktu Fermentasi Terhadap Ketebalan Nata de rice. Skripsi S1. Tidak Dipublikasikan. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Alauddin Makassar.
- Kornmann, H., P. Duboc, I. Marison, and U.V. Stockar. 2003. Influence of nutritional factors on the nature, yield and composition of exopolysaccharides produced by *Gluconacetobacter xylinus* I-228. *Appl Environ Microbiol*. 69(1): 6091-6098.
- Latumahina, M., A. Ahmad., dan R. Dinda. 2017. Pengaruh suhu dan lama fermentasi terhadap uji organoleptik pada pembuatan nata buah enau (*Areng pin nata merr*). *Jurnal Biologi Pendidikan dan Terapan*. 4(1): 29-37.
- Lusi, P., dan Nurmiati. 2017. Pengaruh dosis gula dan penambahan ekstrak teh hitam terhadap fermentasi dan produksi Nata de coco. *Jurnal Metamorfosa*. 4(1): 126-131.
- Majesty, J., B. D. Argo., dan W. A. Nugroho. 2015. Pengaruh penambahan sukrosa dan lama fermentasi terhadap kadar serat nata dari sari nanas (Nata de pina). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 3(1): 80-85.
- Maryam., D. Rahmat, dan Yunizurwan. 2019. Sintesis mikro selulosa bakteri sebagai penguat (Reinforcement) pada komposit bioplastik dengan matriks polyvinyl alcohol (PVA). *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 41(2):110 – 118.
- Nurhayati, S. 2006. Kajian pengaruh kadar gula dan lama fermentasi terhadap kualitas Nata de soya. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*. 7(1): 40 – 47.
- Nurlina, R., 2006. Pembuatan "Nata de coco" Dari Sari Limbah Kulit Pisang Dalam Beberapa Konsentrasi Dengan Bakteri *Acetobacter xylinum*. Skripsi S1. Tidak Dipublikasikan. Jurusan Farmasi. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Permatasari, A. S., dan J. A. Prasetyo. 2018. Pembuatan biomaterial tekstil dengan limbah cair ukm rengginang umbi ketela pohon dan bakteri *Acetobacter xylinum*. *Jurnal Akademi Komunitas Negeri (AKN) Kajen*. 02(01): 30-44.
- Prabawati, S., Suyanti dan D.A. Setyabudi. 2008. Teknologi pasca panen dan teknik pengolahan buah pisang. balai besar penelitian dan pengembangan pasca panen pertanian. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian. 54 hal.
- Pujiarga, C. S., B. D. Argo., dan B. Susilo. 2015. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap kualitas kertas berbahan baku Nata de soya. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 3(2): 163-171.
- Purwanto, A. 2012. Produksi Nata Menggunakan Limbah Beberapa Jenis Kulit Pisang. *Widya Warta*.
- Putra, A. 2015. Pengembangan dan karakterisasi biomaterial berbasis mikroba selulosa sebagai material pengganti alter-natif. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 4(2):234-247
- Putriana, I, dan S. Aminah. 2013. Mutu fisik, kadar serat dan sifat organoleptik Nata de cassava berdasarkan lama fermentasi. *Jurnal Pangan Dan Gizi*. 4(7): 29-38.
- Rizal, H. M., D. M. Pandiangan., dan A. Saleh. 2013. Pengaruh penambahan gula, asam asetat dan waktu fermentasi terhadap kualitas Nata de corn. *Jurnal Teknik Kimia*. 19(1): 34-39
- Safriani., (2010). Produksi biopolimer dari selulosa asetat Nata de soya. *Jurnal Institut Pertanian Bogor*. 1(2):41-48
- Setiawati, D. R., A. R. Sinaga, dan T. K. Dewi. 2013. Proses Pembuatan bioetanol dari kulit pisang kepok. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(19): 9-15.
- Setyowati, W. A., dan S. Miati. 2018. Nata de coco, Nata de soya dan Nata de pina sebagai peluang wirausaha baru bagi anak panti asuhan yatim puteri di Surakarta. 7(2): 51 – 57.
- Sharmin, T and N. Asjiar 2021. Development of Nata de coco and strawberry flavored Nata de coco drink and comparative quality evaluation. *Jurnal Science and Technology*. 5(2):34-40
- Sitorus, A. K. 2019. Pengaruh Penambahan Fruktosa Dan Waktu Fermentasi Dengan Tauge Sebagai Sumber Nitrogen Terhadap Kualitas Nata de Buah Semangka (*Citrullus lanatus*). Skripsi S1. Tidak Dipublikasikan. Program Studi Sarjana Farmasi. Fakultas Farmasi Dan Kesehatan Umum. Institut Kesehatan Helvetia, Medan.

- Suprapti, M.L. 2005. Aneka Olahan Pisang. Kansius, Yogyakarta.
- Syamsu, K., dan T. Kuryan. 2014. Pembuatan biofilm selulosa asetat dari selulosa mikrobial Nata de cassava. E-Jurnal Agroindustri Indonesia. 3(1): 127-133.
- Wardi, E. S., dan S. T. J. Fendri. 2017. Pembuatan nata dari kulit pisang raja (*Musa paradisiaca*). Chempublish Journal. 3(1): 44-49.
- Yannasandy, D., U. H. Hasyim., dan G. Fitriyano. 2017. Pengaruh waktu delignifikasi terhadap pembentukan alfa selulosa dan identifikasi selulosa asetat hasil asetilasi dari limbah kulit pisang kepok. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi.
- Yanti, N. A., Ahmad, S. W., Tryaswaty, D., dan Nurhana, A. 2017. Pengaruh penambahan gula dan nitrogen pada produksi Nata de coco. Jurnal Penelitian Biologi (Journal of Biological Research) 4(1): 541-546.
- Yanti, N. A., S. W. Ahmad., dan N. H. Muhiddin. 2017. Potensi Nata de coco sebagai bahan baku plastik. Bioteknologi. 2(4):52-57.
- Yunianta. 2010. Limbah cair industri kakao sebagai bahan pembuat nata. Jurnal Teknik Industri. 11(1):31-34