

VARIASI PENGGUNAAN SUKROSA PADA MEDIUM NATA DE BANANA SKIN TERHADAP KINETIKA PERTUMBUHAN SELULOSA MIKROBIAL

VARIATION OF THE USE OF SUCROSE TO THE MEDIUM OF NATA DE BANANA SKIN ON THE GROWTH KINETICS OF MICROBIAL CELLULOSE

Alexander Hutagaol^{1*}, Fajar Restuhadi¹, Emma Riftyan¹, Edo Saputra¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Kode Pos 28293, Pekanbaru

ABSTRAK

Nata de banana skin merupakan nata yang berasal dari kulit pisang. Pertumbuhan mikroba secara kuantitatif dengan studi kinetika fermentasi berguna untuk mengetahui pertumbuhan selulosa dengan kecepatan maksimum (V_{maks}) dan tetapan *Michaelis-Menten* (K_M). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan formulasi sukrosa terbaik dan kecepatan maksimum (V_{maks}) serta konstanta *Michaelis-Menten* (K_M) pada selulosa mikroba yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan dan empat ulangan sehingga diperoleh 16 satuan percobaan. Perlakuan dalam penelitian ini adalah P1 (5% sukrosa), P2 (7% sukrosa), P3 (9% sukrosa) dan P4 (11% sukrosa). Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA). Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. Hasil variansi menunjukkan bahwa kinetika pertumbuhan biomassa selulosa mikroba pada pembuatan *nata de banana skin* dengan penggunaan sukrosa berpengaruh nyata terhadap ketebalan nata, bobot basah nata, bobot kering nata, rendemen, dan kadar gula total. Perlakuan formulasi penambahan sukrosa terbaik pada penelitian ini adalah perlakuan P3 (sukrosa 9%) yang memiliki ketebalan nata 0,30 cm, berat basah nata 6,18 g, berat kering nata 0,079 g, rendemen 5,16%. Nilai kinetika pertumbuhan biomassa mikrobial selulosa kulit pisang (*Nata de banana skin*) yang dihasilkan adalah kecepatan maksimum (V_{maks}) sebesar 0,96019 $\mu\text{M}/\text{ml}$ dan optimum konstanta *Michaelis-Menten* (K_M) 0,61614 μM .

Kata Kunci: Kulit pisang, *nata de banana skin*, kecepatan maksimum, tetapan *Michaelis-Menten*

ABSTRACT

*This study aims to determine the best sucrose formulation and the maximum velocity (V_{max}) and Michaelis-Menten constant (K_M) on the resulting microbial cellulose. This research was conducted experimentally using a completely randomized design with four treatments and four replications to obtain 16 experimental units. The treatments in this study were P1 (5% sucrose), P2 (7% sucrose), P3 (9% sucrose), and P4 (11% sucrose). The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA). If $F_{count} \geq F_{table}$, it will be continued with the Duncan's multiple range test (DMRT) at the 5% level. The results of variance showed that the growth kinetics of microbial cellulose biomass in the manufacture of *nata de banana skin* with the use of sucrose had a significant effect on the thickness of the nata, the wet weight of the nata, the dry weight of the nata, the yield and the total sugar content. The best formulation treatment for adding sucrose in this study was treatment P3 (9% sucrose), which had a thickness of 0.30 cm nata, wet weight of nata 6.18 g, dry weight of nata 0.079 g, yield 5.16%. The growth kinetics value of *Nata de banana skin* microbial cellulose biomass produced was the maximum speed (V_{max}) of 0.96019 $\mu\text{M}/\text{ml}$ and constant optimum according to Michaelis-Menten (K_M) 0.61614 μM .*

Keywords: banana skin, *nata de banana skin*, maximum speed, constant by Michaelis-Menten

*Penulis Korespondensi:

hutagaolalex20@gmail.com

PENDAHULUAN

Pisang merupakan salah satu buah hortikultura yang populer dan menjadi komoditas unggulan ekspor Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik (2021), pada tahun 2020 produksi pisang di Indonesia mencapai 8,18 juta ton. Salah satu provinsi di Indonesia yang menjadi penghasil pisang adalah Provinsi Riau dengan jumlah produksi sebesar 37.457 ton. Berdasarkan cara mengonsumsinya pisang dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *banana* dan *plantain*. Menurut Tuhouloula *et al.* (2013), *banana* merupakan jenis pisang yang banyak mengandung gula dan dapat dimakan langsung seperti pisang ambon, sedangkan *plantain* merupakan jenis pisang yang banyak mengandung tepung yang biasanya perlu diolah sebelum dikonsumsi seperti pisang kepok.

Limbah kulit pisang kepok yang tidak dimanfaatkan, akan terurai oleh mikroorganisme yang akan berdampak pada lingkungan seperti pencemaran udara. Kulit pisang kepok dalam 100 g memiliki kandungan air 68,90%, karbohidrat sebesar 18,50%, protein 0,32%, lemak 2,11%, serta vitamin 17,7% dan mineral 14,51% (Rustanti, 2018). Salah satu cara untuk mengurangi limbah kulit pisang kepok serta memanfaatkan nutrisi yang terkandung di dalamnya adalah dengan pembuatan *nata de banana skin*.

Nata de banana skin adalah nata yang memanfaatkan kulit pisang sebagai bahan utama. Bakteri yang digunakan dalam fermentasi nata adalah *Acetobacter xylinum*. *Acetobacter xylinum* dapat tumbuh dan berkembang membentuk nata karena mengandung air, protein, lemak, dan karbohidrat. Kandungan karbohidrat pada kulit pisang cukup tinggi yaitu 18,5% serta mengandung monosakarida terutama glukosa sebesar 8,16% (Setiawati *et al.*, 2013). Meskipun kandungan glukosa yang terdapat pada kulit pisang kepok sudah cukup untuk membentuk nata, namun untuk mempercepat pembentukannya diperlukan tambahan sumber karbon yang tinggi. Salah satu sumber karbon yang harganya murah dan mudah didapatkan adalah sukrosa.

Sukrosa merupakan disakarida yang dibentuk oleh kombinasi glukosa dan fruktosa. Glukosa dibutuhkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* untuk

melakukan metabolisme selama proses fermentasi berlangsung. Menurut Yoshinaga *et al.* (2014), nata adalah produk selulosa yang dihasilkan oleh sejumlah bakteri pada substrat cair yang mengandung gula. Jumlah sukrosa yang ditambahkan sangat berpengaruh terhadap produk selulosa yang dihasilkan. Penambahan sukrosa pada medium nata dapat berfungsi sebagai inducer yang berperan dalam pembentukan enzim ekstraseluler selulosa polimerase yang bekerja menyusun benang-benang nata sehingga nata dapat terbentuk secara maksimal (Pambayun, 2002).

Produksi selulosa mikrobial dapat dianalisis menggunakan studi kinetika fermentasi dengan metode kuantitatif. Parameter yang dicari untuk mengetahui kinetika pertumbuhan biomassa adalah kecepatan reaksi maksimum (V_{maks}) dan tetapan *Michaelis-Menten* (K_M). Menurut Damiri (2003) nilai K_M dan V_{maks} didapatkan dengan cara menghitung biomassa dan membuat grafik hubungan antara $1/V$ dan $1/[s]$ atau grafik *Lineweaver-Burk*. Persamaan *Lineweaver-Burk* digunakan untuk menentukan nilai kecepatan maksimum (V_{maks}) dan tetapan *Michaelis-Menten* (K_M) secara tepat. Kecepatan pembentukan selulosa mikrobial dapat memengaruhi ketebalan, berat, dan rendemen nata. Fadilah (2021) telah melakukan penelitian tentang kinetika pertumbuhan selulosa mikrobial terhadap pembuatan *nata de pina* dimana didapatkan ketebalan nata sebesar 0,81 cm, berat basah nata 15,92 g, berat kering nata 12,92 g dan rendemen 3,32% pada penambahan sukrosa optimum 6% dan nilai kecepatan maksimum (V_{maks}) sebesar 1,4708 $\mu\text{M}/\text{mL}$ menit dan nilai tetapan *Michaelis-Menten* (K_M) sebesar 3,7341 μM . Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi sukrosa optimum dan nilai kinetika pertumbuhan selulosa mikrobial yang dihasilkan pada *nata de banana skin*.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan *nata de banana skin* adalah limbah kulit buah pisang kepok yang didapat dari pedagang gorengan Pasar Selasa di Jalan H.R. Soebrantas, Kelurahan Tuah Karya, Kecamatan Tuah Madani, Kota Pekanbaru dan tempat penjualan gorengan di sekitar Universitas Riau,

starter nata de coco, sukrosa (*Gulaku*), amonium sulfat (ZA food grade) asam sitrat, alkohol 70%. Bahan yang digunakan untuk analisis adalah asam asetat glasial 20%, alkohol 70%, akuades, larutan *luff schoorl*, lalrutaln Pb-asetat, NaCO₃, CuSO₄, Na-fosfat, KI, H₂SO₄, Nal-tiosulfat 0,1 N, dan indikator amilum 1%.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu nampan dengan ukuran 5x5x10 cm, labu ukur, *erlenmeyer*, gelas ukur, pipet tetes, desikator, timbangan analitik, pH meter, jangka sorong, lampu bunsen, penangas air, kompor, botol jar, kertas koran, panci *stainless steel*, kertas saring, saringan, pisau *stainless steel*, cawan porselen, oven, kertas label, tisu, plastik, karet, blender, dandang, dan alat tulis.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan empat ulangan sehingga diperoleh 16 unit percobaan. Perlakuan penggunaan sukrosa mengacu pada Hidayat (2018). P1 = penggunaan sukrosa 5% (b/v), P2 = penggunaan sukrosa 7% (b/v), P3 = penggunaan sukrosa 9% (b/v), dan P4 = penggunaan sukrosa 11% (b/v). Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi ketebalan nata, berat basah nata, berat kering nata, nilai K_M dan V_{maks} serta kadar gula total.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketebalan nata

Tabel 1 menunjukkan nilai ketebalan pada setiap perlakuan mengalami peningkatan kecuali pada perlakuan P4. Ketebalan *nata de banana skin* yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar 0,17–0,30 cm. Ketebalan terbaik sebesar 0,30 cm dihasilkan pada perlakuan P3 (penggunaan sukrosa 9%). Peningkatan ketebalan nata didapatkan seiring dengan peningkatan penggunaan konsentrasi sukrosa sampai batas perlakuan P3, semakin tinggi konsentrasi sukrosa maka semakin banyak selulosa yang terbentuk sehingga ketebalan nata yang dihasilkan juga semakin meningkat. Bakteri *A. xylinum* akan memecah gula untuk mensintesis selulosa ekstraseluler dan akan menyusun (polimerasi) senyawa glukosa menjadi selulosa.

Hal ini sesuai dengan pendapat Rizal *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa pada medium fermentasi yang mengandung gula akan dipecah menjadi selulosa yang akan berikatan satu sama lain membentuk lapisan yang terus akan menebal (nata). Penurunan nilai ketebalan pada perlakuan P4 (penggunaan sukrosa 11%) diduga karena penggunaan sukrosa yang melebihi kebutuhan akan menghasilkan nata yang tipis. Hal ini disebabkan bakteri *A. xylinum* dapat menghasilkan asam-asam organik dari fermentasi glukosa yang kemudian akan mengakibatkan penghambatan terhadap proses fermentasi itu sendiri dengan menurunnya jumlah total bakteri yang menghasilkan nata. Menurut Herawaty dan Moulina (2015), penambahan sumber gula yang tinggi mengakibatkan semakin tinggi gula yang diubah menjadi asam, kemudian menyebabkan penurunan pH secara drastis pada medium. Hal tersebut akan mengganggu pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri dalam menghasilkan nata sehingga tidak maksimal.

Berat basah nata

Tabel 1 menunjukkan berat basah *nata de banana skin* yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 2,00–6,18 g dengan nilai berat basal tertinggi sebesar 6,18 g pada perlakuan P3 (penggunaan sukrosa 9%). Sukrosa merupakan sumber energi bagi bakteri, di mana ketersediaan energi yang cukup membuat viabilitas *A. xylinum* akan semakin meningkat, sehingga konversi sukrosa menjadi selulosa oleh bakteri semakin tinggi. Konsentrasi sukrosa yang bertambah menuju kondisi yang optimum akan menghasilkan nata yang lebih tebal dan bobot yang lebih berat, namun penambahan sukrosa yang berlebih dapat menyebabkan penurunan berat nata seperti pada perlakuan P4. Menurut Rizal *et al.* (2013), penambahan gula yang terlalu banyak kurang menguntungkan karena akan berpengaruh terhadap viabilitas bakteri dan pH medium yang menurun sehingga sel-sel bakteri tidak dapat melakukan fermentasi dengan sempurna.

Berat basah nata memiliki hubungan yang erat dengan ketebalan nata. Peningkatan berat basah dan ketebalan nata disebabkan adanya air yang terperangkap dalam proses pembentukan selulosa selama fermentasi. Semakin banyak selulosa yang terjalin maka berat

Tabel 1. Hasil analisis *nata de banana skin* dengan penggunaan sukrosa

Perlakuan	Ketebalan (cm)	Berat basah (g)	Berat kering (g)	Rendemen (%)	Kadar gula (%)
P1	0,17 ^a	2,00 ^a	0,032 ^a	3,07 ^a	1,89 ^a
P2	0,21 ^a	5,22 ^c	0,065 ^b	4,43 ^b	2,63 ^a
P3	0,30 ^b	6,18 ^d	0,079 ^b	5,16 ^c	3,04 ^a
P4	0,22 ^a	3,70 ^b	0,033 ^a	3,48 ^b	5,38 ^b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang tidak sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Menurut Nisa *et al.* (2001), lapisan selulosa sebagian besar terdiri dari cairan yang mengandung sel-sel bakteri yang dirangkai oleh serabut halus (mikrofibril) selulosa yang saling berkaitan. Menurut Fadilah *et al.* (2021), semakin banyak air yang terkandung di dalam nata maka semakin berat nata yang dihasilkan.

Berat kering nata

Tabel 1 menunjukkan Berat kering *nata de banana skin* yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 0,031–0,079 g dengan nilai berat kering terbaik sebesar 0,079 g pada perlakuan P3 (penggunaan sukrosa 9%). Tinggi rendahnya nilai berat kering nata ditentukan oleh selulosa yang dihasilkan *A. xylinum*. Peningkatan berat kering pada perlakuan P1, P2, dan P3 disebabkan adanya penambahan sukrosa yang dibutuhkan oleh *A. xylinum* dalam melakukan metabolisme secara terus menerus membentuk serat selulosa. Sesuai dengan penelitian Naufalin dan wibowo (2003) menyatakan bahwa semakin banyak nata yang terbentuk sebagai hasil metabolisme *A. xylinum* maka makin banyak pula serat yang terbentuk sehingga nilai berat basah dan berat kering nata yang terukur juga semakin besar.

Penurunan nilai berat kering nata pada penelitian ini disebabkan penggunaan sukrosa yang berlebih, dimana semakin tinggi konsentrasi gula maka viskositas medium semakin mengental dan menghambat pertumbuhan bakteri. Lusi *et al.* (2017) menyatakan bahwa konsentrasi gula yang semakin tinggi pada medium fermentasi mengakibatkan kelarutan oksigen semakin rendah

sehingga aktivitas metabolik semakin menurun dan menyebabkan semakin menurunnya juga aktivitas pembentukan selulosa.

Rendemen

Tabel 1 menunjukkan rendemen yang dihasilkan *nata de banana skin* berkisar antara 3,07–5,16% dengan nilai rendemen tertinggi terdapat pada perlakuan P3 (penggunaan sukrosa 9%). Rendemen *nata de banana skin* semakin meningkat pada perlakuan P1, P2, P3, dan mengalami penurunan pada perlakuan P4. Peningkatan nilai rendemen pada perlakuan P1, P2, dan P3 disebabkan konsentrasi sukrosa yang digunakan semakin tinggi pada setiap perlakuan. Nilai rendemen memiliki kecenderungan pola yang sama dengan ketebalan dan berat nata. Nilai rendemen menunjukkan tingkat efisiensi penggunaan substrat fermentasi yang digunakan sehingga semakin banyak selulosa semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan. Menurut Simangunsong (2012), ketebalan nata berkorelasi positif dengan rendemen yang dihasilkan, dimana semakin besar rendemen nata yang dihasilkan maka semakin tebal nata yang didapatkan.

Gula yang tersedia merupakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroba yang akan disintesis menjadi selulosa. Handadari *et al.* (2003) menyatakan bahwa kadar gula yang terkandung dalam medium fermentasi merupakan faktor terpenting yang memengaruhi rendemen nata. Penurunan rendemen pada perlakuan P4 disebabkan penggunaan sukrosa yang melebihi batas optimumnya sehingga pH medium menurun dan menghambat pertumbuhan bakteri.

Menurut Romansyah (2015), bakteri *A. xylinum* dapat tumbuh pada pH 3,5–7,0 dengan pH optimal 5,0 dan berkembang maksimal pada suhu 25–30°C.

Kinetika pertumbuhan selulosa mikrobial

Selulosa mikrobial adalah biomassa terdiri dari selulosa hasil sintesis gula oleh bakteri *A. xylinum*. Produksi selulosa mikrobial dapat digambarkan secara kuantitatif melalui kinetika fermentasi. Kinetika pertumbuhan selulosa digambarkan melalui laju pertumbuhan sel (V_{maks}), pembentukan produk, dan konsumsi substrat (K_M) yang dipengaruhi oleh berbagai kondisi proses, seperti komposisi substrat, suhu, dan pH. Pertumbuhan selulosa mikrobial digunakan untuk mendapatkan nilai K_M dan V_{maks} , dimana nilai tersebut dapat diketahui dengan cara menghitung biomassa yang didapatkan (Dalmiri, 2003).

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara $1/V$ dan $1/[S]$ dalam kurva *Lineweaver-Burk* selama fermentasi *nata de banana skin*. *Slope* garis miring yang terbentuk dalam penelitian ini adalah nilai K_M/V_{maks} , dan *intercept* merupakan nilai $1/V_{maks}$ (Lalksmono, 2012). Model permasalahan linear *Lineweaver-Burk* dituliskan $y = bx + a$, dimana nilai a menunjukkan *intercept* dan nilai b menunjukkan *slope* (Setianingsih, 2020). Persamaan yang diperoleh dari kurva adalah $y = 1,5584x + 1,1623$ dengan nilai $R^2 = 0,1556$. *R-Square* (R^2) merupakan koefisien determinasi yang menjelaskan seberapa besar pengaruh penambahan sukrosa terhadap pertumbuhan biomassa selulosa mikrobial.

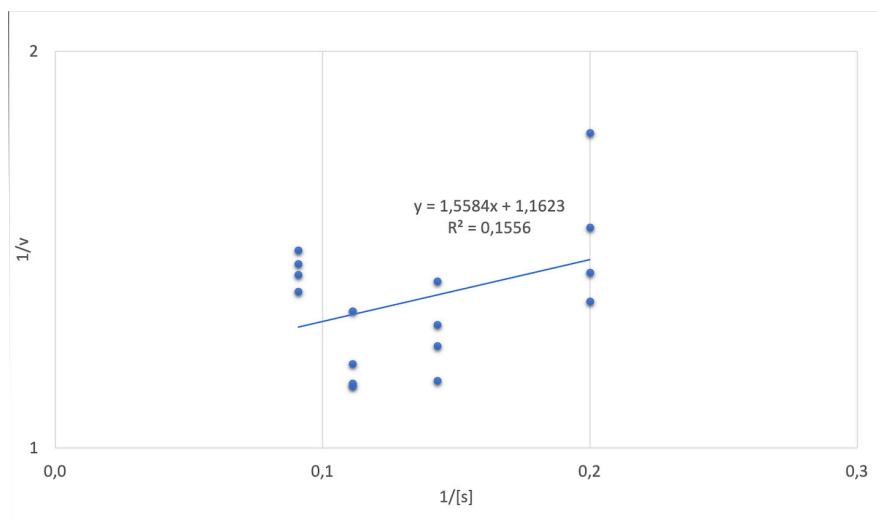
Nilai koefisien determinasi letaknya antara 0–1 dan dikatakan baik jika nilainya mendekati 1. Menurut Chin (1998), nilai *R-Square* dikategorikan sebagai berikut: kuat ($>0,67$), moderat ($>0,33$ dan $<0,67$), dan lemah ($>0,19$ dan $<0,33$).

Koefisien determinasi pada penelitian ini tergolong sangat rendah, yaitu 0,1556, hal ini berarti pertumbuhan biomassa selulosa mikrobial dipengaruhi sebesar 15,56% oleh penambahan sukrosa dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Sutarminingsih (2004) menyatakan bahwa aktivitas produksi nata dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: sumber karbon (C), nitrogen (N), pH medium, suhu dan lama fermentasi, serta konsentrasi starter *A. xylinum*.

Nilai K_M lebih tinggi dari nilai V_{maks} pada kinetika produksi selulosa mikrobial selama fermentasi. Nilai K_M dan V_{maks} yang didapatkan memberikan arti bahwa kinetika pertumbuhan selulosa mikrobial memerlukan nilai K_M 0,96019 μM untuk mendapatkan nilai V_{maks} sebesar 0,61614 $\mu\text{M}/\text{mL}$.

Kadar gula total

Kadar gula total medium berkisar 1,89–5,38 g dengan nilai persentase total gula tertinggi sebesar 5,38% (P4 : penggunaan sukrosa 11%). Penelitian ini menghasilkan % kadar gula total yang relatif kecil. Nilai kadar gula total yang dihasilkan lebih sedikit dari penggunaan gula semula.



Gambar 1. Kurva *Lineweaver Burk*

Viskositas medium yang terlalu tinggi akan mengakibatkan aktivitas metabolik bakteri menurun sehingga mengakibatkan lambatnya pertumbuhan bakteri *A. xylinum*, namun jumlah sel bakteri dalam medium semakin tinggi dibandingkan dengan jumlah sel bakteri yang mati sehingga gula dalam medium lebih sedikit disintesis menjadi selulosa. Lusi *et al.* (2017) menyatakan bahwa konsentrasi gula yang semakin tinggi pada substrat fermentasi mengakibatkan kelarutan oksigen semakin rendah sehingga aktivitas metabolik bakteri menurun dan menyebabkan menurunnya juga aktivitas pembentukan selulosa. Tingginya penggunaan konsentrasi sukrosa akan menghasilkan nata yang tipis karena sumber karbon yang disintesis oleh *A. xylinum* juga semakin tinggi sehingga jumlah CO₂ yang dihasilkan juga tinggi.

Kandungan gula dalam media akan semakin rendah disebabkan sukrosa akan diubah menjadi selulosa dengan mengonversi gula pada media serta peningkatan pembentukan selulosa menyebabkan struktur serat menjadi rapat, sehingga gula total setelah fermentasi pada nata menjadi lebih rendah. Hal ini sesuai dengan pendapat Novita *et al.* (2016), semakin baik pertumbuhan mikroba maka gula yang diubah menjadi nata juga semakin banyak, sehingga persentase penurunan gula dalam medium setelah waktu inkubasi (fermentasi) semakin tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan sukrosa yang optimum pada pembuatan *nata de banana skin* yaitu pada perlakuan P3 dengan penambahan sukrosa 9%. Perlakuan ini menghasilkan ketebalan 0,30 cm, berat basah 6,18 g, berat kering 0,079 g, rendemen 5,16%. Penggunaan konsentrasi sukrosa yang optimum pada pembuatan *nata de banana skin* menunjukkan persamaan pada kurva *Lineweaver-Burk* menghasilkan nilai K_M 0,96019 μ M dan nilai V_{maks} 0,61614 μ m/mL.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. 2021. Produksi Tanaman Buah-Buahan 2020. Badan Pusat Statistik.

- Chin, W.W. 1998. The partial least squares approach to structural equation modeling. In G. A. Marcoulides (Ed.), *Modern methods for business research* (pp. 295–336). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Damiri, K.R. 2003. Kinetika selulolitik isolat khamir dari Tanah Gunung Halimun, Jawa Barat. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fadillah, T., Restuhadi, F., dan Pato, U. 2021. Kinetika pertumbuhan selulosa mikrobial terhadap *nata de pina* dengan penambahan sukrosa. *SAGU Journal-Agri Sci Tech*. Vol. 20: No. 2 (Hal 73–79).
- Herawaty, N. dan M.A. Moulina. 2015. Kajian variasi konsentrasi sukrosa terhadap karakteristik nata timun sari (*Cucumis sativus* L.). *Agritepa*. 2(1): 89–104.
- Hidayat, Rafly. 2018. Pengaruh penambahan konsentrasi sukrosa terhadap karakteristik nata Bengkuang. Skripsi. Universitas Andalas. Padang.
- Nisa, F.C., R.H. Hani, T. Wastono, B. Baskoro dan Moestijanto. 2001. Produksi nata dari limbah cair tahu (*whey*): kajian penambahan sukrosa dan ekstrak kecambah. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 2(2): 74–78.
- Novita, R., F. Hamzah, dan F. Restuhadi. 2016. Optimalisasi konsentrasi sukrosa dan ammonium sulfat pada produksi *nata de citrus* menggunakan sari jeruk afkir. *JOM Faperta*. 3(2): 1–14.
- Nur'aini, H. dan E. R. Sari. 2016. Identifikasi mutu nata kulit buah naga (*Hylocereus undatus*) dengan variasi konsentrasi sukrosa. *Agritepa*. 2(2): 188–198.
- Pambayun, R. 2002. Teknologi pengolahan *nata de coco*. Kanisius. Yogyakarta.
- 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.
- Romansyah, R. 2015. Inovasi Rancang Bangun bioreaktor celup (*Alternate Dip Bioreactor*) untuk produksi bakteri selulosa (Bc). Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Riau.
- Rustanti, M. E. 2018. Potensi kulit pisang kepek kuning (*Musa paradisiaca* L.) sebagai bahan tambahan dalam pembuatan es krim. Skripsi. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.

- Setiawati, D.R., A. R. Sinaga, dan T. K. Dewi. 2013. Proses pembuatan bioetanol dari pisang kepok. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*. 1(19): 11–12.
- Simangunsong, R. M. 2012. Mutu *nata de madoe* hasil fermentasi *Acetobacter xylinum* pada media berbahan dasar madu afkir. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Utaminingsih, L. 2004. Peluang usaha *nata de coco*. Yogyakarta: Kanisius.
- Tuhuloula, A., Budiyarti, L., dan Fitriani, E. N. 2013. Karakterisasi pektin dengan memanfaatkan limbah kulit pisang menggunakan metode ekstraksi. *Konversi*. 2(1).
- Wardi, E. S. dan S.T.J. Fendri. 2018. Pembuatan nata dari kulit pisang raja (*Musa paradisiaca* L.). *Chamublish Journal*. 3(1): 44-49.
- Yoshinaga, F., N. Tonouchi, dan K. Watanabe. 2014. Research progress in production of bacterial cellulose by alteration and agitation culture and its application als al new industrial material. *Journal Bioscience*. 61: 219–224.