

The Effect of *Acetobacter xylinum* Starter Concentration and Fermentation Time on the Quality of Nata de Pina

Mila Aulina Agustin^{1*}, Lalu Zulkifli¹, Prapti Sedijani¹, AA Sukarso¹

¹Biology Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education, University of Mataram, Mataram, Indonesia

Article History

Received : June 07th, 2026

Revised : June 27th, 2026

Accepted : July 17th, 2026

*Corresponding Author:

Mila Aulina Agustin,
Biology Education Study
Program, Faculty of Teacher
Training and Education,
University of Mataram,
Mataram, Indonesia
Email: milaaulinaa@gmail.com

Abstract: The utilization of pineapple peel waste as a fermentation substrate has the potential to increase product value while reducing environmental pollution. One product that can be developed from this waste is *nata de pina*. This study aimed to analyze the effects of *Acetobacter xylinum* starter concentration and fermentation time on the quality of *nata de pina*. The research employed a quantitative experimental method using a Completely Randomized Design (CRD) with three replications. The treatments consisted of starter concentrations of 10%, 15%, and 20%, and fermentation periods of 8, 10, and 12 days. The observed parameters included nata thickness, yield, color, and texture. Data were analyzed using Two-Way ANOVA, and Tukey's post hoc test at a 5% significance level. The results showed that starter concentration and fermentation time significantly affect the thickness and yield of *nata de pina* with the results showing a significant effect ($p < 0.05$). The highest thickness (0.78 mm) and yield (48%) were obtained at a 20% starter concentration with 12 days of fermentation. The best color and texture were produced by *nata de pina* fermented with a 20% starter concentration for 10 days. Furthermore, The results showed no significant interaction between starter concentration and fermentation time on nata thickness ($p > 0.05$), whereas a significant interaction was observed for nata yield ($p < 0.05$). In conclusion, increasing the concentration of *A. xylinum* starter and extending fermentation time improved the physical quality of *nata de pina*, while the combination of a 20% starter concentration and 10 days of fermentation produced the best characteristics. These findings demonstrate the potential of pineapple peel waste as a sustainable raw material for producing value-added functional food.

Keywords: *Acetobacter xylinum*, fermentation time, nata de pina, pineapple peel, thickness.

Pendahuluan

Pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan baku pangan saat ini semakin dikembangkan sejalan dengan upaya mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan nilai guna hasil samping pertanian. Kulit nanas merupakan salah satu sumber bahan organik yang potensial karena mengandung karbohidrat yang dapat mendukung aktivitas metabolisme bakteri selama proses fermentasi. Pengolahan produk dari buah nanas memanfaatkan sari nanas sebagai bahan baku dalam pembuatan nata de pina (Majesty et al., 2015). Kulit buah

nanas kaya akan karbohidrat dan gula, sehingga dapat digunakan sebagai substrat untuk mendukung pertumbuhan bakteri yang menghasilkan nata (Wardhana, 2009).

Pengolahan kulit nanas menjadi nata de pina tidak hanya berkontribusi dalam mengurangi limbah organik, tetapi juga menghasilkan produk pangan inovatif yang memiliki nilai ekonomi lebih tinggi (Elshiva et al., 2024). Sedangkan menurut (Lisanty et al., 2024). Pemanfaatan kulit nanas untuk dijadikan nata de pina dapat mendorong pengembangan industri kecil, serta meningkatkan daya saing produk komersial dan komunitas petani dan usaha.

Nata de pina merupakan produk selulosa bakteri yang dihasilkan melalui proses fermentasi ekstrak kulit nanas dengan bantuan *A. xylinum*. Produk ini dihasilkan dengan memanfaatkan air perasan nanas yang difermentasi secara aerob menggunakan bantuan mikroorganisme tertentu (Budhiono et al., 2000). Menurut Ramadhan et al. (2019), nata de pina terbentuk melalui aktivitas bakteri asam asetat yang berkembang di permukaan cairan (medium) yang mengandung gula, sari buah, atau ekstrak tanaman lainnya dengan bantuan bakteri *Acetobacter xylinum*. Kulit nanas sebagai limbah pertanian memiliki kandungan karbohidrat yang berpotensi dimanfaatkan sebagai substrat fermentasi untuk menghasilkan produk pangan bernilai tambah. Melalui aktivitas fermentasi, *A. xylinum* mampu mensintesis selulosa ekstraseluler yang membentuk struktur nata. Selain memiliki kandungan serat pangan dan rendah lemak, nata de pina juga menjadi salah satu alternatif pemanfaatan limbah pertanian yang mendukung pengembangan pangan berkelanjutan serta peningkatan nilai ekonomi komoditas lokal (Krisanjaya, 2024). Nata juga dapat digunakan sebagai makanan rendah energi untuk keperluan diet dan membantu penderita diabetes untuk membantu proses pencernaan dalam tubuh (Suprihatin, 2010).

Menurut Herawati & Endang, (2011). Kualitas nata de pina dipengaruhi oleh kondisi fermentasi, terutama konsentrasi starter *A. xylinum* dan lama fermentasi. Kedua faktor tersebut berperan dalam menentukan pertumbuhan bakteri dan aktivitas biosintesis selulosa yang selanjutnya memengaruhi karakteristik produk, seperti ketebalan, rendemen, warna, dan tekstur. Konsentrasi starter yang rendah dapat menyebabkan jumlah bakteri penghasil selulosa tidak mencukupi sehingga pembentukan nata berlangsung kurang optimal, sedangkan konsentrasi starter yang terlalu tinggi dapat menyebabkan keterbatasan nutrisi dan perubahan kondisi fermentasi yang berpotensi memengaruhi kualitas nata (Nurdin et al., 2023).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa konsentrasi starter dan lama fermentasi berperan penting terhadap pembentukan selulosa dan kualitas nata. Namun, sebagian besar kajian masih menggunakan air kelapa sebagai substrat

utama dalam produksi nata, sedangkan pemanfaatan limbah kulit nanas sebagai bahan baku nata de pina masih relatif terbatas. Selain itu, informasi mengenai kombinasi optimal antara konsentrasi starter *A. xylinum* dan lama fermentasi dalam menghasilkan nata de pina dengan karakteristik terbaik masih perlu dikaji lebih lanjut. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi starter *A. xylinum* dan lama fermentasi terhadap kualitas nata de pina yang dihasilkan dari ekstrak kulit nanas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai kondisi fermentasi yang optimal dalam menghasilkan nata de pina berkualitas, sekaligus mendukung pemanfaatan limbah pertanian sebagai produk pangan bernilai tambah dan berkelanjutan sesuai dengan konsep *Sustainable Development Goals* (SDG) 12 tentang konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.

Bahan dan Metode

Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial 3 x 3. Faktor pertama adalah konsentrasi starter (10%, 15% dan 20%) dengan rumus v/v dan faktor kedua adalah lama fermentasi (8, 10, dan 12 hari) Selain itu, penelitian ini juga dilengkapi dengan analisis deskriptif kualitatif terhadap warna dan tekstur nata sebagai data pendukung.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi 4, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, selama 3 bulan pada bulan Februari – April 2026.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi blender, beaker glass, incubator, timbangan digital, jangka sorong, pipet tetes, pisau, talenan dan tabung reaksi. Bahan yang digunakan antara lain kulit nanas, sukrosa (gula), ZA foodgrade, asam asetat, air, dan starter *A. xylinum*.

Prosedur Penelitian

Menurut Nurdin et al. (2023) prosedur penelitian terdiri atas beberapa tahapan, yaitu: (1)

Penyiapan Ekstrak Kulit Nanas. Ekstrak kulit nanas disiapkan menggunakan 500 g kulit nanas yang telah dipisahkan dari daging buah, dicuci, dan dipotong menjadi ukuran kecil. Kulit nanas kemudian dihaluskan dengan blender menggunakan penambahan air sebanyak 1000 mL, selanjutnya disaring menggunakan kain saring atau kertas saring untuk memperoleh ekstrak. Ekstrak yang dihasilkan dipanaskan selama 10 menit sambil menghilangkan busa yang terbentuk pada permukaan. Setelah itu, media diperkaya dengan penambahan sukrosa sebanyak 50 g (Yustinah, 2012), ZA food grade sebanyak 3 g (Yanti et al., 2017), dan asam cuka sebanyak 20 mL hingga pH media mencapai 4 (Maulani et al., 2018). Campuran diaduk hingga homogen dan dipanaskan kembali sampai mendidih sehingga diperoleh media fermentasi yang siap digunakan. (2) Media fermentasi yang masih panas dituangkan ke dalam wadah steril, kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Volume media dasar disesuaikan dengan perlakuan, yaitu 270 mL untuk konsentrasi starter 10%, 255 mL untuk konsentrasi starter 15%, dan 240 mL untuk konsentrasi starter 20%. Setelah media dingin, starter *A. xylinum* ditambahkan masing-masing sebanyak 30 mL, 45 mL, dan 60 mL sehingga volume total media pada setiap perlakuan tetap 300 mL. Campuran dihomogenkan secara perlahan, kemudian wadah ditutup menggunakan kertas koran steril untuk menjaga ketersediaan oksigen selama fermentasi. Fermentasi dilakukan pada suhu ruang (28–30°C) selama 8, 10, dan 12 hari sesuai dengan perlakuan.

Selama proses fermentasi, seluruh perlakuan dikendalikan pada kondisi yang sama untuk meminimalkan pengaruh faktor luar. (3) Variabel yang dikendalikan meliputi volume total media fermentasi (300 mL), jenis dan ukuran wadah, suhu inkubasi 28–30°C Aswini et al. (2020), pH awal media, ketersediaan oksigen, serta jumlah ulangan pada setiap perlakuan. Setelah mencapai lama fermentasi yang ditentukan, nata de pina dipanen dengan mengambil lapisan nata yang terbentuk di permukaan media secara perlahan. Nata kemudian dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan sisa media fermentasi, ditiriskan, dan selanjutnya dianalisis berdasarkan parameter

penelitian, yaitu ketebalan, rendemen, serta karakteristik lainnya.

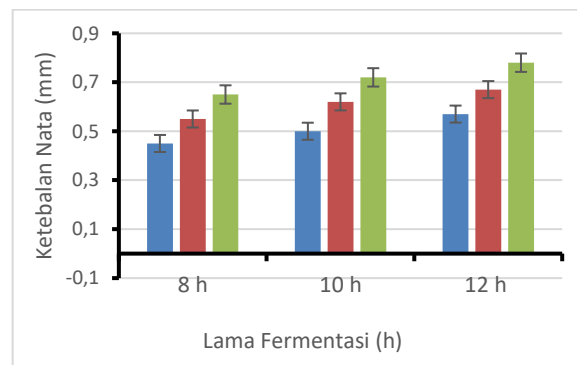
Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengukuran ketebalan dan rendemen dianalisis menggunakan Analisis Varian Dua Arah (Two-Way ANOVA) berdasarkan rancangan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial untuk mengetahui pengaruh konsentrasi starter, lama fermentasi, serta interaksi antara kedua faktor tersebut. Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf signifikansi 5% ($p < 0,05$), maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji Tukey. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian diinterpretasikan untuk menjelaskan pengaruh konsentrasi starter dan lama fermentasi terhadap kualitas *nata de pina*.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Konsentrasi Starter *Acetobacter xylinum* dan Lama Fermentasi terhadap Ketebalan Nata de Pina

Hasil pengukuran ketebalan nata de pina pada berbagai kombinasi konsentrasi starter dan lama fermentasi disajikan pada Gambar 1. Ketebalan nata mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi starter dan lama fermentasi. Ketebalan tertinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi starter 20% dengan lama fermentasi 12 hari, sedangkan ketebalan terendah diperoleh pada perlakuan konsentrasi starter 10% dengan lama fermentasi 8 hari. Gambar 1 Pengaruh konsentrasi starter dan lama fermentasi terhadap ketebalan nata de pina.



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Starter dan Lama Fermentasi terhadap Kualitas Nata de Pina

■ Konsentrasi 10% ■ Konsentrasi 15 % ■ Konsentrasi 20%

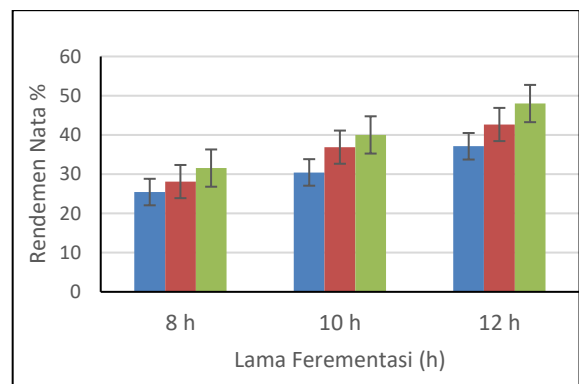
Berdasarkan Gambar 1, ketebalan nata de pina menunjukkan pola peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi starter dan lama fermentasi. Perlakuan konsentrasi starter 20% dengan lama fermentasi 12 hari menghasilkan ketebalan tertinggi sebesar 0,78 mm, sedangkan perlakuan konsentrasi starter 10% dengan lama fermentasi 8 hari menghasilkan ketebalan terendah sebesar 0,45 mm. Berdasarkan hasil analisis Two-Way ANOVA, lama fermentasi dan konsentrasi starter berpengaruh nyata terhadap ketebalan nata de pina ($p < 0,05$), sedangkan interaksi antara kedua faktor tersebut tidak memberikan pengaruh nyata ($p > 0,05$). Hasil uji lanjut Tukey menunjukkan bahwa setiap taraf lama fermentasi dan konsentrasi starter memberikan perbedaan nyata terhadap ketebalan nata. Perlakuan fermentasi 12 hari menghasilkan ketebalan tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, sedangkan konsentrasi starter 20% menghasilkan ketebalan tertinggi dibandingkan konsentrasi starter lainnya.

Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan Nurdin et al. (2023) yang melaporkan bahwa peningkatan lama fermentasi dan konsentrasi starter mampu meningkatkan ketebalan nata melalui peningkatan aktivitas *A.xylinum* dalam menghasilkan selulosa. Juwita et al. (2020) juga menyatakan bahwa peningkatan jumlah starter dan waktu fermentasi berpengaruh terhadap peningkatan ketebalan nata de pina karena berkaitan dengan peningkatan produksi selulosa selama fermentasi. Meskipun demikian, peningkatan lama fermentasi tidak selalu menghasilkan kualitas nata yang semakin baik. Fermentasi yang melewati kondisi optimum dapat menyebabkan penurunan aktivitas metabolisme bakteri akibat berkurangnya nutrisi dan perubahan kondisi lingkungan fermentasi. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pembentukan selulosa menjadi kurang efektif (Fadilah et al., 2023).

Tidak adanya interaksi antara konsentrasi starter dan lama fermentasi terhadap ketebalan nata menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut bekerja secara independen dalam memengaruhi pembentukan selulosa. Dengan demikian, peningkatan ketebalan nata lebih dipengaruhi oleh pengaruh masing-masing faktor secara terpisah dibandingkan kombinasi kedua faktor tersebut

Pengaruh Konsentrasi Starter *Acetobacter xylinum* dan Lama Fermentasi terhadap Rendemen Nata de Pina

Hasil pengukuran rendemen nata de pina menunjukkan adanya peningkatan nilai rendemen pada peningkatan konsentrasi starter dan lama fermentasi (Gambar 2). Rendemen tertinggi diperoleh pada perlakuan konsentrasi starter 20% dengan lama fermentasi 12 hari, sedangkan rendemen terendah diperoleh pada perlakuan konsentrasi starter 10% dengan lama fermentasi 8 hari.



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Starter dan Lama Fermentasi terhadap Kualitas Nata de Pina
■ Konsentrasi 10% ■ Konsentrasi 15% ■ Konsentrasi 20%

Data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas sehingga dilanjutkan dengan analisis Two-Way ANOVA. Hasil analisis Two-Way ANOVA menunjukkan bahwa lama fermentasi, konsentrasi starter, serta interaksi antara kedua faktor memberikan pengaruh yang nyata terhadap rendemen nata de pina ($p < 0,05$). Hasil uji lanjut Tukey menunjukkan bahwa setiap tingkat lama fermentasi dan konsentrasi starter memberikan perbedaan nyata terhadap rendemen nata. Lama fermentasi 12 hari menghasilkan rendemen tertinggi dengan rata-rata 42,59%, sedangkan konsentrasi starter 20% menghasilkan rendemen tertinggi dengan rata-rata 39,85%.

Peningkatan rendemen selama proses fermentasi berkaitan dengan meningkatnya aktivitas *A.xylinum* dalam mengubah sumber karbon menjadi selulosa. Selama fermentasi berlangsung, bakteri memanfaatkan sukrosa dalam media sebagai prekursor pembentukan selulosa ekstraseluler. Selulosa yang terbentuk akan mengalami akumulasi pada permukaan

media dan membentuk jaringan nata, sehingga semakin banyak selulosa yang dihasilkan maka massa nata yang diperoleh juga semakin meningkat.

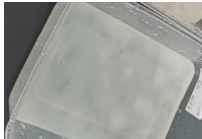
Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian dari Rizal et al. (2013) yang menyatakan bahwa lama fermentasi berpengaruh terhadap jumlah selulosa yang terbentuk karena berkaitan dengan waktu aktivitas bakteri dalam menghasilkan nata. Selain lama fermentasi, peningkatan konsentrasi starter juga berpengaruh terhadap peningkatan rendemen nata. Konsentrasi starter yang lebih tinggi menyediakan jumlah sel *A. xylinum* yang lebih banyak pada awal fermentasi. Kondisi tersebut menyebabkan proses pemanfaatan nutrisi media berlangsung lebih cepat sehingga pembentukan selulosa menjadi lebih optimal. Menurut Asnurita dan Budaraga (2017), peningkatan konsentrasi starter dapat meningkatkan aktivitas fermentasi karena jumlah mikroorganisme yang berperan dalam pembentukan selulosa menjadi lebih besar. Penelitian Nurtjahaja (2020) turut mendukung hasil tersebut dengan menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi starter yang digunakan, semakin tinggi pula produksi nata yang dihasilkan karena aktivitas bakteri dalam mensintesis selulosa berlangsung lebih optimal.

Interaksi antara kedua faktor tersebut terjadi karena rendemen tidak hanya dipengaruhi oleh ketebalan lapisan nata, tetapi juga dipengaruhi oleh jumlah total selulosa dan kandungan air yang terperangkap dalam jaringan nata. Semakin tinggi aktivitas *A. xylinum* dalam menghasilkan selulosa, maka jaringan nata yang terbentuk menjadi semakin besar dan mampu meningkatkan bobot akhir produk. Hal tersebut menyebabkan nilai rendemen meningkat pada kombinasi perlakuan dengan konsentrasi starter lebih tinggi dan lama fermentasi lebih panjang (Isnaeni & Eryna, 2025).

Hubungan Pembentukan Selulosa terhadap Warna dan Tekstur Nata de Pina

Tabel 1. Hasil Pengamatan Warna dan Tekstur pada Nata De Pina

Perlakuan (lama fermentasi (h) – Konsentrasi starter (%))	Warna	Tekstur
---	-------	---------

8 h -10%	 Putih (transparan)	Sedikit kenyal
10 h -10%	 Putih (transparan)	Kenyal
12 h -10%	 Putih sedikit kekuningan	Alot
8 h -15%	 Putih (transparan)	Sedikit kenyal
10 h -15%	 Putih	Sedikit kenyal
12 h – 15%	 Putih sedikit kekuningan	Alot
8 h – 20%	 Putih (transparan)	Sedikit kenyal
10 h – 20%	 Putih	Kenyal
12 h – 20%	 Putih sedikit kekuningan	Alot

Hasil pengamatan karakteristik organoleptik menunjukkan adanya perbedaan warna dan tekstur nata de pina pada setiap

kombinasi perlakuan konsentrasi starter *A. xylinum* dan lama fermentasi (Tabel 1). Perlakuan konsentrasi starter 20% dengan lama fermentasi 10 hari menghasilkan karakteristik terbaik dengan warna sangat putih dan tekstur sangat kenyal. Sementara itu, fermentasi 8 hari menghasilkan warna putih transparan dengan tekstur sedikit kenyal, sedangkan fermentasi 12 hari menghasilkan warna putih sedikit kekuningan dengan tekstur lebih alot.

Perbedaan karakteristik tersebut berkaitan dengan aktivitas *A. xylinum* dalam membentuk selulosa selama proses fermentasi. Selulosa yang dihasilkan akan membentuk jaringan tiga dimensi yang menentukan kekompakan, kekenyalan, dan struktur nata. Semakin optimal sintesis selulosa, maka jaringan nata yang terbentuk semakin rapat sehingga menghasilkan tekstur yang lebih kenyal. Hal ini sejalan dengan penelitian Hamad et al. (2014) yang menyatakan bahwa pembentukan selulosa oleh *A. xylinum* berperan penting dalam menentukan karakteristik fisik nata, terutama tekstur dan kepadatan struktur produk.

Pada fermentasi 8 hari, pembentukan selulosa masih belum optimal sehingga lapisan nata yang terbentuk relatif tipis dan menghasilkan tekstur yang kurang kompak. Sebaliknya, pada fermentasi 10 hari dengan konsentrasi starter 20%, jumlah bakteri yang lebih tinggi diduga mampu menghasilkan selulosa secara lebih optimal sehingga menghasilkan nata dengan struktur lebih kuat, tekstur kenyal, dan warna lebih putih. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nurdin et al. (2023) yang melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi starter dan lama fermentasi dapat meningkatkan pembentukan selulosa sehingga berpengaruh terhadap ketebalan dan karakteristik fisik nata.

Namun, fermentasi yang lebih lama tidak selalu menghasilkan warna dan tekstur yang lebih baik. Pada fermentasi 12 hari, meskipun menghasilkan ketebalan dan rendemen tertinggi, tekstur nata menjadi lebih alot dan warna berubah menjadi putih sedikit kekuningan. Kondisi tersebut diduga akibat fermentasi yang berlangsung melewati kondisi optimum sehingga terjadi perubahan lingkungan media, seperti peningkatan keasaman dan akumulasi metabolit hasil fermentasi yang dapat memengaruhi struktur selulosa. Hal ini sesuai dengan penelitian Putriana dan Aminah (2013) yang menyatakan

bahwa lama fermentasi berpengaruh terhadap kualitas nata, dimana waktu fermentasi yang terlalu panjang dapat menyebabkan penurunan mutu fisik produk.

Dengan demikian, pembentukan selulosa tidak hanya menentukan peningkatan ketebalan dan rendemen nata, tetapi juga memengaruhi karakteristik warna dan tekstur produk. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi optimum fermentasi diperlukan untuk memperoleh keseimbangan antara jumlah selulosa yang terbentuk.

Kesimpulan

Lama fermentasi berpengaruh signifikan terhadap ketebalan dan rendemen *nata de pina*, di mana fermentasi selama 12 hari menghasilkan ketebalan dan rendemen tertinggi. Konsentrasi starter *A. xylinum* juga berpengaruh signifikan terhadap kedua parameter tersebut, dengan konsentrasi starter 20% menghasilkan ketebalan dan rendemen tertinggi. Selain itu, terdapat interaksi yang signifikan antara lama fermentasi dan konsentrasi starter terhadap rendemen *nata de pina*, sedangkan tidak ditemukan interaksi yang signifikan terhadap ketebalan. Secara keseluruhan, perlakuan konsentrasi starter 20% dengan lama fermentasi 10 hari menghasilkan karakteristik terbaik berdasarkan parameter tekstur dan warna, sedangkan perlakuan 20% dengan fermentasi 12 hari menghasilkan ketebalan dan rendemen tertinggi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak laboran dan rekan-rekan yang telah memberikan bantuan, bimbingan, serta dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian dan penyusunan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

- Asnurita, Y. M., & Budaraga, I. K. (2017). Asnurita, Y. M., & Budaraga, I. K. (2017). Pengaruh konsentrasi starter *A. xylinum* terhadap mutu nata de cucumber. *Journal of Agricultural Science Development*, 1(2).
<https://doi.org/10.33559/pertanian%20um.sb.v1i2.477>.

- Aswini, K., Gopal, N. O., & Uthandi, S. (2020). Optimized culture conditions for bacterial cellulose production by *Acetobacter senegalensis* MA1. *BMC Biotechnology*, 20(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s12896-020-00647-6>.
- Budhiono, A., Rosidi, B., Taher, H., & Iguchi, M. (1999). Kinetic aspects of bacterial cellulose formation in nata de coco culture system. *Carbohydrate polymer*, 40, 137 - 143. [https://doi.org/10.1016/S01448617\(99\)00048-2](https://doi.org/10.1016/S01448617(99)00048-2).
- Elshiva, D. M., Sabela, E., Putri, R. N., Anggraini, R., Toriq, M., Marzuq, I., & Budiandari, R. U. (2024). The Influence of the pH Value of the Media on Success and Failure in Making Nata de Coco Made from Coconut Water. *Jurnal Bilogi*. 2(1). 56-63. https://eprints.umsida.ac.id/13967/?utm_source=chatgpt.com.
- Fadilah, T., Restuhadi, F., & Pato, U. (2022). Kinetika Pertumbuhan Selulosa Mikrobial Terhadap Pembuatan Nata De Pina Dengan Penambahan Sukrosa. *Sagu*, 20(2), 73-79. https://doi.org/10.31258/sagu.20.2.p.73-79?utm_source=chatgpt.com.
- Hamad, A., Hidayah, B.I, Solekhah, A., dan Septhea, A.G. (2014). Potensi Kulit Nenas sebagai Substrat Dalam Pembuatan Nata de Pina. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, Volume1 e-ISSN 2549-9750. Hal. 9-14. https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRST/article/view/1082?utm_source=chatgpt.com.
- Herawati, D., & Andang, A. (2010). Pengaruh Konsentrasi Susu Skim dan Waktu Fermentasi Terhadap Hasil Pembuatan Soyghurt. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1(2), 48 – 58. https://text-id.123dok.com/document/z3dw95dy-pengaruh-konsentrasi-susu-skim-dan-waktu-fermentasi-terhadap-hasil-pembuatan-soyghurt.html?utm_source=chatgpt.com.
- Isnaeni, N., & Eryna, R. (2025). Pengaruh durasi fermentasi terhadap karakteristik selulosa bakterial dan rendemen dalam produksi nata de soya. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 16(2). <https://doi.org/10.35891/tp.v16i2.6382>.
- Juwita, D., Nurtjahja, k., Rahmianti, Susilo, F., Sartini. (2020). The Effect of *Acetobacter xylinum* Starter in Waste Liquid Pineapple peel the properties of Nata de Pina. *Internasional Jurnal of Echophysiology*, 02(02), 89-91. <https://doi.org/10.32734/ijoe.v2i02.4364>.
- Majesty, J., Argo, B. D., & Nugroho, W. A. (2015). Pengaruh penambahan sukrosa dan lama fermentasi terhadap kadar serat nata dari sari nanas (nata de pina). *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems* 3(1), 80-85. https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/BFT/article/view/2107?utm_source=chatgpt.com.
- Maulani, T. R., Hakiki, D. N., & Nursuciyoni. (2018). Karakteristik sifat fisikokimia nata de taro talas beneng dengan perbedaan konsentrasi *Acetobacter xylinum* dan sumber karbon. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 28(3), 294–299. https://www.researchgate.net/profile/Dini-Nur-Hakiki/publication/333464735_KARAKTERISTIK_SIFAT_FISIKOKIMIA_NATA_DE_TARO_TALAS_BENENG_DENGAN_PERBEDAAN_KONSENTRASI_ACETOBACTER_XYLINUM_DAN_SUMBER_KARBON/links/5d526954299bf1995b79ea55/KARAKTERISTIK-SIFAT-FISIKOKIMIA-NATA-DE-TARO-TALAS-BENENG-DENGAN-PERBEDAAN-KONSENTRASI-ACETOBACTER-XYLINUM-DAN-SUMBER-KARBON.pdf?_sg%5B0%5D=started_experiment_milestone&origin=journalDetail.
- Nisa, F.C., R.H. Hani, T. Wastono, B. Baskoro & Moestijanto. (2001). Produksi Nata dari Limbah Cair Tahu (Whey): Kajian penambahan sukrosa dan ekstrak kecambah. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 2, 74-7. <https://www.academia.edu/download/76610314/478.pdf>.
- Nurdin, G. M., Nurhidayah., Aminah., (2023). Pengaruh konsentrasi starter *Acetobacter*

- xylinum* dan lama fermentasi terhadap kualitas produk. *Techno: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 24(2), 115–123.
<http://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/bioma/article/download/3098/1543>
- Nurtjahaja, K. (2020). The effect of *Acetobacter xylinum* starter in waste liquid pineapple peel on the properties of nata de pina. *International Journal of Ecophysiology*, 2(2), 86–91.
<https://idjpcr.usu.ac.id/ijoe/article/download/4364/3276>
- Putriana, I. S., & Aminah, S. (2013). Mutu fisik, kadar serat dan sifat organoleptik nata de cassava berdasarkan lama fermentasi. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 4(1), 29–38.
- Ramadhan, B. R., Rangkuti, M. E., Safitri, S. I., Apriani, V., Raharjo, A. S., Titisgati, E. A., & Afifah, D. N. (2019). Pengaruh penggunaan jenis sumber gula dan urea terhadap hasil fermentasi nata de pina. *Journal of Nutrition College*, 8(1), 49-52.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jnc/article/download/23812/21644>
- Rizal, H. M., Priyanto, B. Z., Santi., (2013). Pengaruh Penambahan Gula, Asam Asetat dan Waktu Fermentasi terhadap Kualitas Nata de Corn. *Jurnal Teknik Kimia*, No1. Vol19.
<https://www.academia.edu/download/112559039/125.pdf>
- Suprihatin. (2010). *Teknologi fermentasi*. Surabaya: UNESA Press.
- Yanti, N. A., Ahmad, S. W., Tryaswaty, D., & Nurhana, A. (2017). Pengaruh penambahan gula dan nitrogen pada produksi nata de coco. *BioWallacea: Jurnal Penelitian Biologi (Journal of Biological Research)*, 4(1), 541-546.
<https://www.academia.edu/download/81333782/2477.pdf>
- Yustinah. 2012. Pengaruh jumlah sukrosa pada pembuatan nata de pina dari sari buah nanas. *Jurnal Konversi*. 1(1): 29-36.