

Pengaruh Substitusi Media Limbah Cair Rebusan Kedelai Tempe terhadap Kondisi Pertumbuhan *Acetobacter xylinum* dalam Starter *Bacterial Cellulose*

Rini Nuraini Rohmatningsih¹

¹Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Email: nutrien@ugm.ac.id

Submisi: 26 Januari 2023; Penerimaan: 21 Februari 2023

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara produsen tempe. Proses produksi tempe cenderung menghasilkan limbah khususnya limbah cair rebusan kedelai. Limbah cair rebusan kedelai masih mengandung nutrisi lengkap. Tingginya kadar protein (N-total) dalam limbah cair rebusan kedelai tempe dapat digunakan sebagai media fermentasi bacterial cellulose seperti nata de soya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh media air kelapa yang disubstitusi dengan limbah cair rebusan tempe dan kajian umur inkubasi untuk optimalisasi pertumbuhan *Acetobacter xylinum* dalam starter bacterial cellulose. Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) 4x3 dengan dua faktor yaitu waktu inkubasi starter (0, 7, 14, dan 21 hari) dan substitusi limbah cair rebusan kedelai tempe (0, 30, dan 60%) pada media pertumbuhan starter. Penelitian ini menggunakan dua belas perlakuan dan tiga kali ulangan. Parameter yang diuji meliputi jumlah sel, pH (derajat keasaman), kekeruhan, dan ketebalan bacterial cellulose. Hasil pengamatan dari grafik kekeruhan menunjukkan bahwa konsentrasi air kelapa murni akan memberikan angka tertinggi untuk kekeruhan, sedangkan konsentrasi limbah cair rebusan kedelai tertinggi 60% memberikan kekeruhan terendah. Dari grafik pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* dapat dilihat jumlah sel mencapai 10^4 di awal inkubasi dan pertumbuhan mengalami fase relatif stabil di angka 10^6 pada umur inkubasi setelah 15 hari. pH media relatif sama pada awal pertumbuhan berada pada kisaran 3,0 meningkat pada pertumbuhan optimum di angka 3,95 dan menurun setelah umur inkubasi melewati 15 hari dan berada di angka pH 2,9 pada umur inkubasi 21 hari. Ketebalan bacterial cellulose tertinggi dicapai oleh media limbah cair rebusan kedelai tempe sebanyak 60%. Limbah cair rebusan kedelai dapat digunakan sebagai media alternatif menggantikan air kelapa untuk pertumbuhan *Acetobacter xylinum* sampai dengan perbandingan 60%. Pertumbuhan sel bakteri melewati fase konstan setelah umur inkubasi 15 hari. Semakin lama waktu inkubasi maka pH yield semakin asam, jumlah sel bakteri bertambah, dan ketebalan bacterial cellulose lebih tinggi dibandingkan dari media air kelapa.

Keyword: *Acetobacter xylinum*; Limbah cair tempe; Nata

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara produsen tempe terkemuka. Gakoptindo dalam Arief (2019) menyatakan bahwa produksi tempe dan tahu pada tahun 2019 mencapai angka 4 juta ton dengan perbandingan produksi tempe dengan tahu sebesar 65%:35%. Angka produksi tersebut tidaklah sedikit dan berpotensi

menimbulkan limbah dalam pengolahannya. Wiryani (2007) menguraikan setiap proses produksi tempe serta menerangkan bahwa hampir setiap proses tersebut akan banyak menghasilkan limbah, khususnya limbah cair rebusan kedelai tempe. Limbah cair rebusan kedelai masih mengandung nutrisi lengkap. Diba dkk. (2013) menyatakan nutrisi pada limbah cair

rebusan kedelai antara lain Protein 0,42%; Lemak 0,13%; Karbohidrat 0,11%; Air 98,87%; Kalsium 13,60 ppm; Fosfor 1,74 ppm; dan besi 4,55 ppm. Tingginya kadar protein (N-total) dalam limbah cair rebusan kedelai tempe dapat digunakan sebagai media fermentasi bacterial cellulose seperti nata de soya (Alwi dkk., 2011), (Iryandi dkk., 2014), (Tamimi dkk., 2015).

Bacterial cellulose adalah polimer yang tidak memiliki cabang dengan nanofibril terdiri dari (1/4) β -glikosidik terikat unit glukosa. Bacterial cellulose merupakan eksopolisakarida yang diproduksi oleh berbagai bakteri salah satunya adalah *Acetobacter xylinum* melalui proses fermentasi statis (Nugroho dkk., 2020). Beberapa faktor yang mempengaruhi fermentasi menurut Sihmawati dkk., (2014) yaitu derajat keasaman (pH), sumber karbon dan nitrogen, waktu fermentasi, dan starter yang digunakan. Hamad dkk. (2011) menyatakan bacterial cellulose (produk metabolit sekunder) akan terbentuk jika nutrisi yang tersedia cukup. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2018) air kelapa mengandung protein sebanyak 0,2% (per 100 gram Berat Dapat dimakan). Tidak ditemukan standar minimal kadar nitrogen yang dapat digunakan untuk fermentasi bacterial cellulose namun menurut Edria dkk. (2009) kadar nitrogen yang optimal adalah 0,25%. Oleh karena kadar nitrogen air kelapa masih belum mencukupi kadar optimal untuk fermentasi bacterial cellulose sehingga diperlukan adanya penambahan kadar nitrogen yaitu dengan cara substitusi air kelapa menggunakan limbah cair rebusan kedelai tempe.

Selain sumber nutrisi yang harus dipenuhi, kondisi starter juga harus diperhatikan. Menurut Hamad dkk. (2014) keberhasilan pembentukan bacterial cellulose yang dihasilkan

melalui proses fermentasi akan mengikuti pada jumlah populasi *Acetobacter xylinum*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Alwi dkk. (2011) berfokus pada terbentuknya bacterial cellulose dengan menggunakan limbah cair rebusan kedelai tanpa memperhatikan kondisi starternya sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Budiarti (2008) berfokus pada konsentrasi starter *Acetobacter xylinum* dengan parameter pengamatan ketebalan dan rendemen bacterial cellulose menggunakan medium limbah cair tahu. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh media air kelapa yang disubstitusi dengan limbah cair rebusan tempe dan kajian umur inkubasi untuk optimalisasi pertumbuhan *Acetobacter xylinum* dalam starter bacterial cellulose.

METODE PENELITIAN

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) 4x3 dengan dua faktor yaitu waktu inkubasi starter (0, 7, 14, dan 21 hari) dan substitusi limbah cair rebusan kedelai tempe (0, 30, dan 60%) pada media pertumbuhan starter. Penelitian ini menggunakan dua belas perlakuan dan tiga kali ulangan. Parameter yang diuji meliputi jumlah sel, pH (derajat keasaman), kekeruhan, dan ketebalan *bacterial cellulose*.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah starter *Acetobacter xylinum*, air rebusan kedelai, Etanol 70%, Aquadest, Glukosa, dan bahan-bahan untuk pengujian TPC meliputi 10 g glukosa, 10 g yeast ekstrak, 15 g Agar, 5 g CaCO_3 , 4 g Pepton, dan 20 mL Etanol.

Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Autoclave Vertical Eastern Medical* EA-632, Spektrofotometer UV VIS Orion Aquamate 8000, Neraca analitis acis, Mikropipet Socorex dan tip, jangka sorong, tabung reaksi, *petri dish* (cawan petri), dan gelas ukur.

Prosedur Penelitian

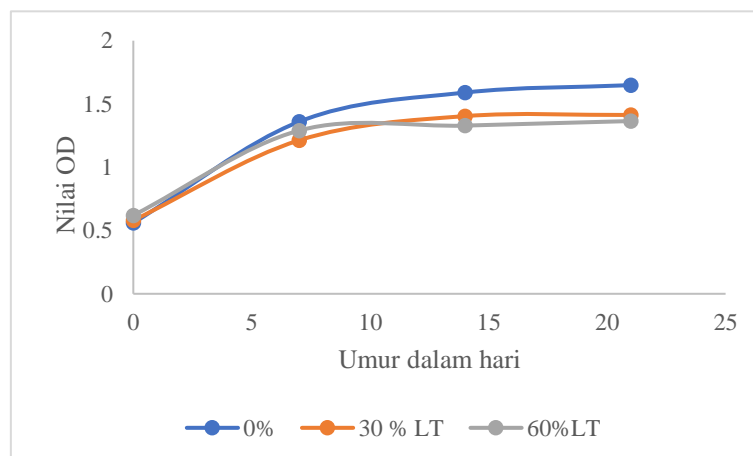
Penelitian diawali dengan preparasi pembuatan starter. Disiapkan media starter sebanyak 100 mL dari air kelapa yang disubstitusi limbah cair rebusan kedelai tempe. Formulasi air kelapa dan limbah cair rebusan kedelai tempe sebanyak tiga taraf yaitu 100%:0% (kontrol), 70%:30% (P1), dan 60%:40% (P2). Masing-masing media starter ditambahkan glukosa teknis sebanyak 5% (b/v), ammonium sulfat 0,2% (b/v), dan asam cuka (mengandung 25% asam asetat) sebanyak 0,2% (v/v). Kemudian media starter dipanaskan dengan suhu didih selama 30 detik dan 10 menit dengan suhu rendah ($T = 60^{\circ}\text{C}\pm 5$) selama 10 menit. Setelah itu, media didinginkan hingga mencapai suhu normal. Media yang telah mencapai suhu normal selanjutnya dimasukkan ke

dalam fermentor dan ditambahkan *Acetobacter xylinum*. Kemudian diinkubasi pada suhu kamar $30^{\circ}\text{C}\pm 2$ selama 21 hari. Dilakukan pengamatan derajat keasaman (pH), kekeruhan, jumlah sel dengan metode TPC pada umur pertumbuhan 0, 7, 14, dan 21 hari dan ketebalan *bacterial cellulose*.

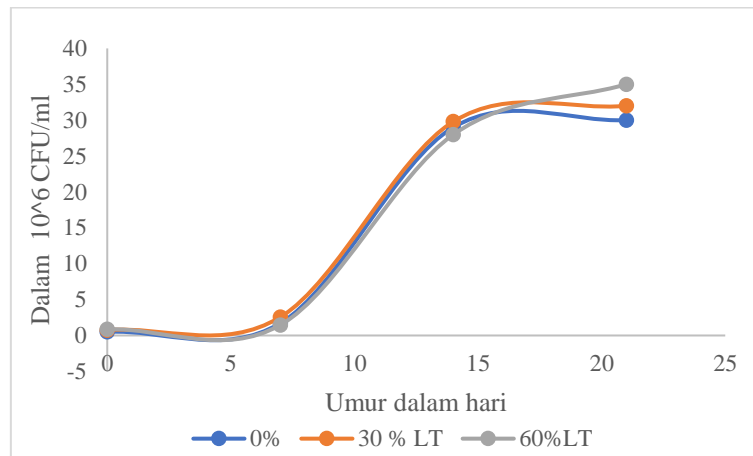
HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi media

Konsentrasi gula dan amonium sulfat berpengaruh terhadap produksi nata de coco (Yanti dkk., 2017). Nata de coco terbaik diperoleh dengan menambahkan gula pada konsentrasi 5% dan amonium sulfat pada konsentrasi 0,5%. Komposisi kimia yang berbeda dengan bahan baku nata sehingga berbeda pula dengan jumlah nutrisi pendukung yang ditambahkan (Esa dkk., 2014). Menurut Gama dkk., (2016), kondisi optimal untuk pertumbuhan nata diantaranya, sukrosa 5-10%, ammonium sulfat sebesar 0,5%-0,7%, pH fermentasi sebesar 4-5, asam asetat 2-4%, starter sebanyak 10-20% dengan lama inkubasi atau lama fermentasi 7-14 hari, dan suhu $23-32^{\circ}\text{C}$.



Gambar 1. Kekeruhan Media

Gambar 2. Jumlah Sel *Acetobacter xylinum*

Kekeruhan

Hasil pengamatan dari grafik kekeruhan menunjukkan bahwa konsentrasi air kelapa murni akan memberikan angka tertinggi untuk kekeruhan, sedangkan konsentrasi limbah cair rebusan kedelai tertinggi 60% memberikan kekeruhan terendah. Angka panjang gelombang 600nm terbaca dari spektrofotometer. Menurut Agustin (2008) panjang gelombang 600-625 nm dapat digunakan untuk mengetahui kekeruhan larutan dengan warna kuning sampai coklat.

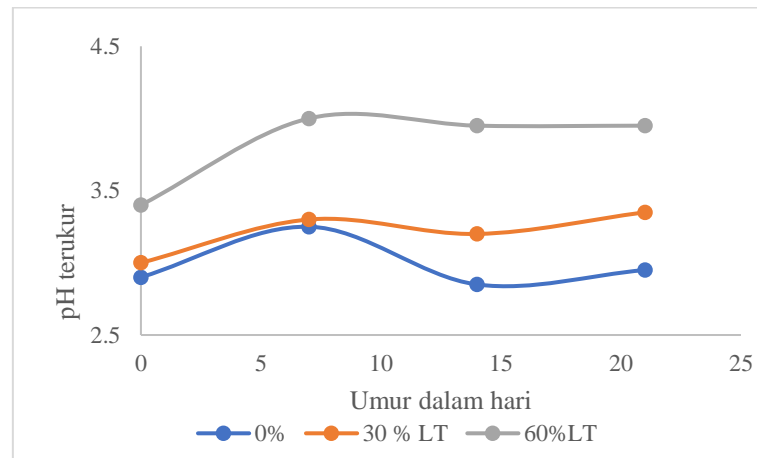
Demikian pula untuk bakteri, kepadatan populasi diketahui berdasarkan kekeruhan yang memungkinkan mikroba terdeteksi dalam bahan cair. Pertumbuhan sel bakteri dalam media cair meningkatkan kekeruhan media yang mempengaruhi jumlah cahaya yang melewati media (Kesuma, 2012).

Patria dkk., (2013) menyatakan bahwa konsentrasi ammonium sulfat yang ditambahkan dapat dapat meningkatkan jumlah polisakarida yang terbentuk, namun jika konsentrasinya terlalu tinggi (di atas 1%) dapat menyebabkan penurunan rendemen dan

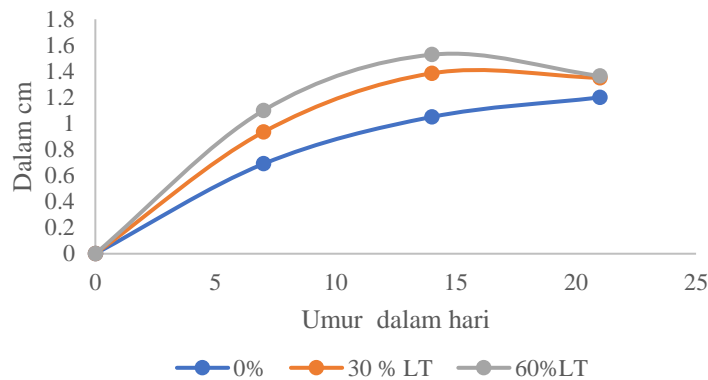
penurunan derajat warna putih nata de coco yang dihasilkan.

Jumlah sel

Dari grafik pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* dapat dilihat jumlah sel mencapai 10^4 di awal inkubasi dan pertumbuhan mengalami fase relatif stabil di angka 10^6 pada umur inkubasi setelah 15 hari. Dengan variasi konsentrasi limbah cair rebusan kedelai tertinggi dengan jumlah sel terbanyak. Selama proses fermentasi *Acetobacter xylinum* jaringan mikrofibril selulosa terbentuk secara ekstraseluler dari heksosa, maltosa dan sukrosa, sedangkan bakteri tetap berada di jaringan mikrofibril. Pembentukan selulosa pada proses fermentasi diawali dengan munculnya pelikel-pelikel pendek yang menyebar seperti lendir dan menutupi sel bakteri. Pelikel ini disusun menjadi anyaman selulosa yang dikenal sebagai nata (Putri dkk., 2021). Kadar gula yang terlalu tinggi pada media fermentasi dapat memperlambat metabolisme bakteri *Acetobacter*, lambatnya metabolisme terjadi karena pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh konsentrasi zat terlarut dalam larutan (Lusi dkk., 2017).



Gambar 3. pH Media



Gambar 4. Ketebalan bacterial cellulose

Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH media relatif sama pada awal pertumbuhan berada pada kisaran 3,0 meningkat pada pertumbuhan optimum di angka 3,95 dan menurun setelah umur inkubasi melewati 15 hari dan berada di angka pH 2,9 pada umur inkubasi 21 hari. Menurut Suharjono dkk. (2011), penurunan pH disebabkan oleh koloni mikroorganisme yang menghasilkan asam asetat, glukonat, dan laktat. Selain itu, asam glukonat menumpuk dan kadar gula menurun

Ketebalan bacterial cellulose

Pembentukan *bacterial cellulose* semakin bertambah seiring dengan semakin lama waktu inkubasi starter. Hasil pengamatan dari grafik menunjukkan bahwa konsentrasi limbah

cair rebusan kedelai semakin tinggi memberikan ketebalan yang semakin tinggi. Sedangkan media dengan konsentrasi air kelapa murni memberikan ketebalan *bacterial cellulose* terendah dalam 3 perbandingan konsentrasi ini. Srikandi dkk. (2017) menjelaskan bahwa semakin tebal nata menunjukkan media pertumbuhan yang cocok untuk *Acetobacter xylinum* melakukan kegiatan metabolisme dengan waktu inkubasi yang lama maka ketebalan *bacterial cellulose* semakin bertambah. Putriana & Aminah (2013) juga menyatakan bahwa nata yang tebal karena jaringan selulosa menjadi semakin padat.

Rizal dkk. (2013) menyatakan bahwa pada medium fermentasi semakin meningkat kadar gula yang ditambahkan

maka semakin banyak gula yang dipecah menjadi selulosa. Selulosa tersebut akan berikatan satu sama lain membentuk lapisan *bacterial cellulose* yang terus menebal. Ketebalan nata dicapai dengan sintesis gula dari bakteri *Acetobacter xylinum* yang menghasilkan padatan selulosa. Menurut Effendi & Utami (2013), ketinggian substrat dan waktu inkubasi serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap ketebalan nata yang terbentuk. Rose dkk. (2018) menyatakan bahwa persyaratan mutu ketebalan nata menurut SNI bervariasi mulai dari 1 hingga 1,5 cm.

Pengaruh Substitusi Media Limbah Air Rebusan Kedelai

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, peluang *Acetobacter xylinum* dan *Acetobacter sp* untuk dilakukan studi lebih lanjut tentang produksi nata dapat dilakukan sekaligus pengaruh penambahan zat aditif sebagai alternatif sumber nitrogen dan pengaruh konsentrasi bahan baku terhadap produksi nata (Putri dkk., 2021). Berikut ini data perlakuan substitusi media limbah air rebusan kedelai dan air kelapa dalam 3 konsentrasi yaitu 0%,30% dan 60%.

Tabel 1. Data pengamatan perlakuan 0% media limbah air rebusan kedelai (murni air kelapa)

Hari ke-	Parameter	Ketebalan <i>bacterial cellulose</i> (cm)	Kekeruhan (OD)	Jumlah Sel (... x 10 ⁻⁶ CFU/mL)	Derajat Keasaman (pH)
0		0 ^a	0,56 ^a	0,49 ^a	3,03 ^a
7		0,77 ^b	1,38 ^b	1,69 ^b	3,42 ^b
14		1,08 ^c	1,47 ^b	29,00 ^c	2,90 ^a
21		1,20 ^c	1,49 ^b	30,00 ^d	2,92 ^a

Signifikansi dengan huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada p≥0,05

Tabel 2. Data pengamatan perlakuan 30% media limbah air rebusan kedelai

Hari ke-	Parameter	Ketebalan <i>bacterial cellulose</i> (cm)	Kekeruhan (OD)	Jumlah Sel (... x 10 ⁻⁶ CFU/mL)	Derajat Keasaman (pH)
0		0 ^a	0,61 ^a	0,75 ^a	3,07 ^a
7		0,84 ^b	1,40 ^b	2,56 ^b	3,43 ^b
14		1,39 ^c	1,32 ^b	29,80 ^c	3,20 ^a
21		1,30 ^c	1,42 ^b	31,67 ^d	3,25 ^a

Signifikansi dengan huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada p≥0,05

Tabel 3. Data pengamatan perlakuan 60% media limbah air rebusan kedelai

Hari ke-	Parameter	Ketebalan <i>bacterial cellulose</i> (cm)	Kekeruhan (OD)	Jumlah Sel (... x 10 ⁻⁶ CFU/mL)	Derajat Keasaman (pH)
0		0 ^a	0,70 ^a	0,86 ^a	3,40 ^a
7		1,01 ^b	1,47 ^b	1,45 ^b	4,00 ^a
14		1,48 ^{bc}	1,49 ^b	28,00 ^c	3,92 ^a
21		1,27 ^{cd}	1,38 ^b	34,67 ^d	3,95 ^a

Signifikansi dengan huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada p≥0,05

Pada parameter ketebalan *bacterial cellulose*, asumsi normalitas data terpenuhi untuk kombinasi media 0, 30, 60%, sehingga bisa dilakukan uji ANOVA. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara kombinasi media tersebut. Pada uji lanjut post hoc data pada hari ke-14 dan ke-21 secara signifikan sama untuk konsentrasi 0% dan 30%. Sedangkan pada konsentrasi 60% terdapat persamaan pada hari ke-7 dan ke-21.

Pada parameter kekeruhan, asumsi normalitas terpenuhi untuk kombinasi media secara keseluruhan kecuali konsentrasi 0% umur 0 hari. Sedangkan hasil uji homogenitas hanya diperoleh pada konsentrasi 0% sedangkan pada konsentrasi 30% dan 60% data tidak homogen. Hasil uji ANOVA menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara kombinasi media tersebut. Pada uji lanjut post hoc data hari ke-7, ke-14, dan ke-21 secara signifikan sama untuk ke-3 konsentrasi.

Pada parameter jumlah sel, asumsi normalitas data terpenuhi kecuali untuk konsentrasi media 60% hari ke-0. Hasil uji homogenitas menunjukkan semua data homogen. Sedangkan hasil uji ANOVA terdapat perbedaan signifikan antara kombinasi media tersebut. Hasil uji post hoc tidak ada data yang sama secara signifikan untuk semua konsentrasi.

Pada parameter pH, asumsi normalitas data terpenuhi hanya pada hari ke-0 konsentrasi 0%. Hasil uji homogenitas terpenuhi hanya pada konsentrasi 0%. Hasil uji ANOVA terdapat perbedaan signifikan antara kombinasi media tersebut. Pada uji lanjut post hoc terdapat persamaan data pada hari ke-0, ke-14, dan ke-21 untuk konsentrasi 0% dan 30%. Sedangkan pada konsentrasi 60% tidak ada data yang sama secara signifikan.

Hasil uji normalitas data secara garis besar terpenuhi kecuali parameter pH. Hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan pada semua parameter baik untuk konsentrasi 0, 30, 60%. Untuk uji *post hoc* memberikan hasil yang bervariasi untuk semua konsentrasi dan umur bakteri. Menurut Putriana & Aminah (2013), seiring berjalannya fermentasi, pertumbuhan perlahan melambat karena berkurangnya kadar gula dan terbentuknya asam sebagai hasil metabolisme produk dari proses fermentasi.

KESIMPULAN

Limbah cair rebusan kedelai dapat digunakan sebagai media alternatif menggantikan air kelapa untuk pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* sampai dengan perbandingan 60%. Pertumbuhan sel bakteri melewati fase konstan setelah umur inkubasi 15 hari. Semakin lama waktu inkubasi maka pH *yield* semakin asam, jumlah sel bakteri bertambah, dan ketebalan *bacterial cellulose* lebih tinggi dibandingkan dari media air kelapa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Tyasto Prima Ahmadi sebagai asisten peneliti dan Bapak Darmawan Ari Nugroho sebagai Kepala Laboratorium Bioindustri yang memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, N. F. (2008). Penerapan Model Gompertz Pada pertumbuhan Bakteri *L. acidophilus* dan *B. Longum* Di Media Adonan Es Krim (Ice Cream Mix atau ICM) Jenis Standar. Universitas Brawijaya, Malang.
- Alwi, M., Lindhemuthianingrum, A., & Umrah. (2011). Formulasi Media

- Tumbuh *Acetobacter xylinum* Dari Bahan Limbah Cair Tempe dan Air Kelapa Untuk Produksi Nata De Soyacoco. *Biocelbes*, 5(2), 126–132.
- Arief, A. M. (2019). Industri Tempe dan Tahu Siap Masuk Pasar Ekspor. Retrieved January 1, 2023, from <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190405/257/908165/industri-tempe-dan-tahu-siap-masuk-pasar-ekspor>
- Budiarti, R. S. (2008). Pengaruh Konsentrasi Starter *Acetobacter xylinum* Terhadap Ketebalan dan Rendemen Selulosa Nata de Soya. *Biospecies*, 1(1), 19–24.
- Diba, P. F., Susatyo, E. B., & Pratjojo, W. (2013). Peningkatan Kadar N, P Dan K Pada Pupuk Organik Cair Dengan Pemanfaatan Bat Guano. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 02(01).
- Edria, D., Wibowo, M., & K, E. (2009). Pengaruh Penambahan Kadar Gula dan Kadar Nitrogen Terhadap Ketebalan, Tekstur dan Warna Nata De Coco. Bogor.
- Effendi, D. S., & Utami, S. (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(01), 1–10.
- Esa, F., Tasirin, S. M., & Rahman, N. A. (2014). Overview of Bacterial Cellulose Production and Application. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.017>
- Gama, F., Dourado, F., & Bielecki, S. (2016). Bacterial nanocellulose: from biotechnology to bio-economy. Elsevier.
- Hamad, A., Andriyani, N. A., Wibisono, H., & Sutopo, H. (2011). Pengaruh Penambahan Sumber Karbon Terhadap Kondisi Fisik Nata de Coco. *Techno*, 12(2), 74–77.
- Hamad, A., Handayani, N. A., & Puspawiningtyas, E. (2014). Pengaruh Umur Starter *Acetobacter xylinum* Terhadap Produksi Nata De Coco. *Techno*, 15(1), 37–49.
- Iryandi, A. F., Hendrawan, Y., & Komar, N. (2014). Pengaruh Penambahan Air Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Nata De Soya. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 01(01), Hal 8-15.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2018). Kelapa muda, air, segar (Coconut, young, water, fresh). Retrieved November 1, 2022, from www.panganku.org
- Kesuma, W. I. (2012). Laporan Praktikum Mikrobiologi Air: Perhitungan Bakteri. Bandar Lampung.
- Lusi, Periadnadi, & Nurmiati. (2017). Pengaruh Dosis Gula Dan Penambahan Ekstrak Teh Hitam Terhadap Fermentasi Dan Produksi Nata De Coco. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 4(1), 126–131. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2017.v04.i01.p19>
- Nugroho, D. A., Sutiarsa, L., Rahayu, E. S., & Masithoh, R. E. (2020). Utilizing Real-Time Image Processing for Monitoring Bacterial Cellulose Formation During Fermentation. *AgriTECH*, 40(02), 118–123. <https://doi.org/10.22146/agritech.49155>
- Patria, A., Muzaiifa, M., & Zurrahmah. (2013). Pengaruh Penambahan Gula Dan Amonium Sulfat Terhadap Kualitas Nata De Soya. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 5(3), 1–5.
- Putri, S. N. Y., Syaharani, W. F., Utami, C. V. B., Safitri, D. R., Arum, Z. N., Prihastari, Z. S., & Sari, A. R. (2021). Pengaruh Mikroorganisme, Bahan Baku, Dan Waktu Inkubasi Pada Karakter Nata: Review. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 14(1), 62–74.
- Putriana, I., & Aminah, S. (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., Pandiangan, D. M., & Saleh, A. (2013). Pengaruh Penambahan Gula, Asam Asetat dan Waktu Fermentasi Terhadap Kualitas Nata De Corn. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1), 34–39.
- Rose, D., Ardiningsih, P., & Idiawati, N. (2018). Karakteristik Nata de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) dengan Variasi Konsentrasi Starter *Acetobacter xylinum*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(4), 1–7.
- Sihmawati, R. R., Oktoviani, D., & Untag, W. (2014). Aspek Mutu Produk Nata De Coco Dengan Penambahan Sari Buah Mangga. *Heuristic: Teknik Industri*, 11(02), 63–74.
<https://doi.org/10.30996/he.v11i02.619>
- Srikandi, S., Sugiarti, L., & Hardanto, S. (2017). Pemanfaatan Limbah Kecap Kedelai Dalam Pembuatan Nata De Soya. *Jurnal Sains Natural*, 1(2), 179–189.
<https://doi.org/10.31938/jsn.v1i2.27>
- Suharjono, Ardyati, T., Zubaidah, E., Munawaroh, & Pradani, C. (2011). Produksi Selulosa Bakterial Dari Air Buah Kelapa Dalam Berbagai Konsentrasi Sukrosa Dan Urea (Production of Bacterial Cellulose From Coconut Fruit Water. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Tamimi, A., Hs, S., & Hendrawan, Y. (2015). PENGARUH PENAMBAHAN SUKROSA DAN UREA TERHADAP KARAKTERISTIK NATA DE SOYA ASAM JERUK NIPIS – IN PRESS Influence of Sucrose and Urea Addition to Nata de Soya Lime Acid Characteristics. *Bioproses Komoditas Tropis*, 3(1), 1–10.
- Wiryani, E. (2007). Analisis Kandungan Limbah Cair Pabrik Tempe. CORE: Diponegoro University Institutional Repository, 1–10.
- Yanti, N. A., Ahmad, S. W., Tryaswaty, D., & Nurhana, A. (2017). Pengaruh Penambahan Gula dan Nitrogen pada Produksi Nata De Coco. *Biowallacea*, 4(1), 540–545.