



Article History

Submitted : 19 May 2025

Revised : 31 May 2025

Accepted : 2 June 2025

Isolasi dan Karakterisasi Selulosa Bakteri dari Limbah Kulit Jeruk Peras (*Citrus sinensis* L. Osbeck)

Nenda Hasanah, Riza Apriani*

¹ Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
University of Garut, Jl. Jati No. 42B, Tarogong Kaler, West Java, 44151, Indonesia

Email: aprianiriza@uniga.ac.id

Abstrak

Selulosa bakteri merupakan salah satu biopolimer yang diproduksi oleh berbagai jenis bakteri, termasuk *Gluconacetobacter xylinus*. Dibandingkan dengan selulosa tanaman, selulosa bakteri memiliki keunggulan seperti biokompatibilitas tinggi dan daya serap air yang besar. Namun, produksi selulosa bakteri masih terkendala biaya tinggi akibat penggunaan media Hestrin–Schramm (HS) yang mahal. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini mengevaluasi potensi limbah kulit jeruk peras sebagai media alternatif pertumbuhan *G. xylinus*. Penelitian dilakukan dengan melakukan beberapa variasi parameter fermentasi, meliputi pH, jumlah inokulum, konsentrasi substrat, dan waktu fermentasi. Selulosa bakteri yang dihasilkan dianalisis menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsional. Hasil menunjukkan bahwa kondisi optimum diperoleh pada pH 5, jumlah inokulum 15%, konsentrasi substrat 15%, dan waktu fermentasi 10 hari. Analisis FTIR mengidentifikasi adanya gugus O–H pada bilangan gelombang 3271,04 cm⁻¹ dan gugus C–O–C glikosida pada 1107,01 cm⁻¹, yang merupakan ciri khas selulosa. Hasil ini membuktikan bahwa limbah kulit jeruk berpotensi sebagai media alternatif yang efektif untuk produksi selulosa bakteri.

Kata kunci: fermentasi, kulit jeruk peras, selulosa bakteri

Abstract

Bacterial cellulose is one of the biopolymers produced by various types of bacteria, including *Gluconacetobacter xylinus*. Compared with plant cellulose, bacterial cellulose has advantages such as high biocompatibility and high water absorption capacity. However, the production of bacterial cellulose is still constrained by high costs due to the use of expensive Hestrin–Schramm (HS) media. To overcome this, this study used the potential of squeezed orange peel waste as an alternative medium for the growth of *Gluconacetobacter xylinus*. The study was conducted by varying several fermentation parameters, including pH, amount of inoculum, substrate concentration, and fermentation time. The resulting bacterial cellulose was analyzed using a *Fourier Transform Infrared* (FTIR) spectrophotometer to identify functional groups. The results showed that the optimum conditions were obtained at pH 5, 15% inoculum amount, 15% substrate concentration, and 10 days of fermentation time. FTIR analysis identified the presence of O–H groups at wave number 3271.04 cm⁻¹ and C–O–C glycoside groups at 1107.01 cm⁻¹, which are characteristic of cellulose. These results prove that orange peel waste has the potential to be an effective alternative medium for bacterial cellulose production.

Keywords: fermentation, bacterial cellulose, squeeze orange peel

1. PENDAHULUAN

Selulosa merupakan salah satu biopolimer yang paling melimpah di alam. Senyawa ini merupakan polisakarida linier yang tersusun atas unit D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan β -(1 \rightarrow 4)-glikosida dengan rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$ (Seddiqi et al. 2021). Selain diperoleh dari tanaman, selulosa juga dapat disintesis oleh berbagai spesies bakteri seperti *Gluconacetobacter*, *Gluconobacter*, *Rhodobacter*, *Agrobacterium*, dan *Sarcina* (Oikeh, Oviasogie, and Omoregie 2020). Produk yang dihasilkan dikenal sebagai selulosa bakteri.

Meskipun memiliki struktur kimia yang serupa dengan selulosa tanaman, selulosa bakteri memiliki derajat polimerisasi yang lebih tinggi (2000–6000) dibandingkan selulosa tanaman (600–2100) dan menawarkan sejumlah keunggulan. Keunggulan tersebut antara lain berupa struktur membran serat yang sangat tipis, biokompatibilitas tinggi, serta daya serap air yang besar (Coseri 2021). Namun, salah satu tantangan utama dalam produksi selulosa bakteri adalah penggunaan media pertumbuhan yang relatif mahal, seperti media Hestrin–Schramm (HS), yang membatasi skala produksi. Oleh karena itu, diperlukan pencarian sumber nutrisi alternatif yang lebih ekonomis namun tetap mendukung pertumbuhan dan produksi selulosa oleh bakteri.

Salah satu limbah organik yang memiliki potensi besar sebagai media alternatif adalah kulit jeruk. Buah jeruk merupakan komoditas populer, tetapi konsumsi jeruk umumnya hanya terbatas pada bagian daging buah, sedangkan kulitnya dibuang sebagai limbah. Padahal, kulit jeruk mengandung nutrisi penting seperti karbohidrat (16,9%), protein (6,5%), dan lemak (1,95%) yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon dan nutrisi dalam medium fermentasi (Ting and Deszyck 1961; Torrado et al. 2011).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis selulosa bakteri menggunakan limbah kulit jeruk sebagai media pertumbuhan alternatif. Untuk memperoleh hasil optimal, dilakukan optimasi terhadap beberapa parameter fermentasi seperti pH, jumlah inokulum, konsentrasi substrat, dan lama fermentasi. Selanjutnya, produk selulosa yang diperoleh dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsional dan memastikan keberhasilan sintesis.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ATR-FTIR Bruker Alpha II, neraca analitik, Beaker glass, labu takar, pinset, *magnetic stirrer*, Erlenmeyer, desikator, gelas arloji,

tabung reaksi, gelas ukur, pipet tetes, pengaduk, dan spatula. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kulit jeruk, gula pasir, ammonium sulfat (Merck), starter bakteri *Gluconacetobacter xylinus*, natrium hidroksida (Merck), aquades, asam asetat (Merck), indikator pH, kertas saring, kain kasa, kapas dan kertas Koran.

2.2. Metode

2.2.1. Pembuatan Media Kulit Jeruk

Kulit jeruk dicuci bersih, kemudian diblender hingga halus. Filtrat pertama disaring menggunakan kain kasa untuk memisahkan ampas kasar, kemudian dilanjutkan dengan penyaringan menggunakan kertas saring untuk memperoleh filtrat yang lebih jernih. Filtrat inilah yang digunakan sebagai media pertumbuhan.

2.2.2. Optimasi pH Fermentasi

Media kulit jeruk sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 500 mL dan disterilisasi. Setelah dingin, media ditambahkan gula pasir sebagai sumber karbon (15%) dan ammonium sulfat (4%) sebagai sumber nitrogen. pH media disesuaikan pada variasi pH 4, 5, dan 6. Setelah itu, inokulum *G. xylinus* ditambahkan sebanyak 10%, kemudian difermentasi pada suhu ruang selama 10 hari.

2.2.3. Optimasi Konsentrasi Substrat

Variasi konsentrasi gula pasir sebagai substrat yang digunakan yaitu 10%, 15%, dan 20%. Fermentasi dilakukan pada pH 5, dengan penambahan 4% ammonium sulfat dan inokulum 10%. Media difermentasi pada suhu ruang selama 10 hari.

2.2.4. Optimasi Volume Inokulum

Volume inokulum *G. xylinus* yang digunakan yaitu 5%, 10%, dan 15%. Fermentasi dilakukan pada pH 5, substrat 15%, dan ammonium sulfat 4%. Media difermentasi pada suhu ruang selama 10 hari dalam wadah kaca tertutup kertas Koran.

2.2.5. Optimasi Waktu Fermentasi

Waktu fermentasi yang diuji adalah 7 hari dan 10 hari, dengan kondisi optimum pH 5, substrat 15%, ammonium sulfat 4%, dan inokulum 15%. Fermentasi dilakukan pada suhu ruang dalam wadah tertutup.

2.2.6. Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR

Selulosa bakteri yang telah dikeringkan dianalisis menggunakan spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsi utama yang menandakan keberadaan selulosa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Optimasi pH Fermentasi

Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan sintesis selulosa bakteri adalah tingkat keasaman medianya itu sendiri. Oleh sebab itu, optimasi pH dilakukan dengan tiga variasi yaitu pH 4, 5 dan 6, selama 7 hari. Peranan dari optimasi pH ini yaitu untuk mengetahui pada pH berapa selulosa bakteri bisa diproduksi secara optimal, serta dapat mengendalikan beberapa proses metabolit dari bakteri. Pengaturan pH dilakukan dengan menggunakan asam asetat glasial dan larutan NaOH 1%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pH media sangat berpengaruh terhadap ketebalan selulosa bakteri. Berdasarkan hasil pengamatan, selulosa bakteri hanya tumbuh pada pH 5, dengan massa basah sebesar 21,31 gram, ketebalan 0,044 cm, dan massa kering 0,07 gram. Kadar air yang sangat tinggi, yaitu 99,67%, menandakan bahwa struktur SB yang terbentuk bersifat sangat hidrofilik, sesuai dengan karakteristik alami SB yang tersusun atas jaringan mikrofibril selulosa yang mampu mengikat air dalam jumlah besar. Adapun pada pH 4 dan 6 tidak terbentuk selulosa bakteri.

Menurut Rahman et al. 2021 melaporkan bahwa pH 5 merupakan pH yang ideal untuk pengembangan selulosa bakteri. Sebaliknya, pada pH 4 dan pH 6, tidak terdeteksi adanya produksi selulosa bakteri. Tidak terbentuknya selulosa bakteri pada kedua kondisi tersebut dapat disebabkan oleh lingkungan yang terlalu ekstrem bagi pertumbuhan dan aktivitas biosintetik bakteri. Pada pH 4, kondisi yang terlalu asam kemungkinan besar menghambat aktivitas enzim-enzim yang terlibat dalam sintesis selulosa, serta mengganggu kestabilan membran sel bakteri. Sedangkan pada pH 6, meskipun tidak tergolong basa, kondisi ini mungkin sudah melampaui rentang optimum bagi bakteri yang lebih menyukai kondisi asam ringan untuk beraktivitas. Dengan demikian, pH 5 dapat dianggap sebagai titik optimum dalam kondisi percobaan ini. Nilai pH tersebut tampaknya menyediakan lingkungan yang seimbang bagi aktivitas metabolik bakteri dan kestabilan struktur enzimatis yang diperlukan untuk pembentukan selulosa.

Kadar air juga diamati pada penelitian ini, tujuannya untuk mengetahui kualitas selulosa bakteri yang dihasilkan. Selulosa bakteri yang baik memiliki kadar air yang lebih dari 85% (Suripto, P, and Agustina 2018). Berdasarkan hasil pengamatan kadar air pada selulosa bakteri pada pH 5 adalah 99, 67%. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa selulosa bakteri yang terbentuk sangat baik karena melebihi 85%.

3.2. Optimasi Konsentrasi Substrat

Hasil pengujian optimasi konsentrasi substrat dituangkan dalam Tabel 3.1. Berdasarkan Tabel 3.1, terjadi peningkatan ketebalan dan massa kering selulosa seiring peningkatan konsentrasi substrat dari 10% (ketebalan 0,2 cm, massa kering 0,12 g) ke 15% (0,3 cm, 0,16 g). Namun, pada konsentrasi 20%, terjadi penurunan signifikan (0,1 cm, 0,09 g), menunjukkan adanya titik jenuh.

Tabel 3.1. Hasil sintesis selulosa bakteri dengan variasi substrat

Jumlah Substrat	Massa basah (g)	Ketebalan (cm)	Massa kering (g)	Kadar air
10%	22,33	0,2	0,12	99,46%
15%	29,46	0,3	0,16	99,45%
20%	17,5	0,1	0,09	99,48%

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa substrat 15% merupakan konsentrasi optimum, karena mampu menyediakan karbon yang cukup untuk pertumbuhan bakteri, sehingga bakteri dapat bekerja dengan optimal dan akan menghasilkan selulosa yang tebal. Ketika jumlah substrat yang ditambahkan lebih banyak dari konsentrasi substrat optimal, maka selulosa bakteri yang dihasilkan semakin menipis karena adanya efek stres osmotik pada bakteri. Menurut Singh, S. Panesar, and K. Chopra 2017 menyatakan bahwa penambahan substrat pada media produksi berfungsi sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan bakteri dan juga mempengaruhi aktivitas bakteri dalam pembentukan selulosa.

Kadar air yang dihasilkan dari variasi substrat berkisar antara 99,46% - 99,48%. Kadar air terkecil dimiliki oleh selulosa bakteri dengan variasi substrat 15%. Hal ini karena selulosa bakteri paling tebal berada pada substrat 15% dan hal ini mengindikasikan bahwa selulosa bakteri yang dihasilkan sangat baik. Hasil ini juga sesuai dengan pernyataan bahwa kadar air pada selulosa bakteri dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan, juga ketebalan selulosa yang dihasilkan, semakin tebal selulosa maka kadar air akan semakin menurun (Putri et al. 2021).

3.3. Optimasi Jumlah Inokulum

Hasil pengujian menunjukkan bahwa produksi selulosa dari media limbah air jeruk dipengaruhi oleh konsentrasi inokulum yang ditambahkan pada media tersebut.

Tabel 3.2. Hasil sintesis selulosa bakteri dengan variasi inoculum

Jumlah inoculum	Massa basah (g)	Ketebalan (cm)	Massa kering (g)	Kadar air
5%	22,33	0,2	0,12	99,46%
10%	29,46	0,3	0,16	99,45%
15%	42,91	0,6	0,34	99,20%

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa semakin banyak inoculum maka selulosa bakteri yang terbentuk semakin tebal. Peningkatan ketebalan ini sejalan dengan akumulasi selulosa yang lebih banyak di permukaan media, akibat aktivitas biosintetik yang lebih intensif oleh populasi bakteri yang lebih besar. Ketebalan selulosa bakteri yang tertinggi diperoleh pada media limbah air jeruk dengan konsentrasi inoculum 15% merupakan konsentrasi paling optimum. Selain peningkatan ketebalan, juga massanya semakin bertambah. Kenaikan ini menunjukkan bahwa jumlah inoculum yang lebih besar dapat mempercepat pertumbuhan bakteri dan memperbanyak sintesis selulosa selama waktu inkubasi yang sama. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Kusumaningati, Nurhatika, and Muhibuddin 2013, yang menyatakan bahwa inoculum yang paling optimum untuk pembentukan selulosa bakteri berada pada konsentrasi 15%.

Kadar air yang dihasilkan dari variasi inoculum berkisar antara 99,20% - 99,46%. Hal ini menunjukkan bahwa struktur mikrofibril selulosa bakteri yang terbentuk tetap mempertahankan kemampuan menyerap air, walaupun produksi massa meningkat. Kadar air yang tinggi juga mencerminkan struktur selulosa bakteri yang longgar dan sangat hidrofilik, sesuai dengan karakteristik umumnya.

Namun demikian, peningkatan jumlah inoculum juga memiliki keterbatasan. Inoculum yang terlalu tinggi berisiko menyebabkan kompetisi nutrisi yang cepat, penurunan oksigen terlarut, serta penurunan efisiensi produksi selulosa per unit bakteri. Oleh karena itu, meskipun 15% menghasilkan selulosa bakteri terbanyak dalam penelitian ini, perlu dilakukan evaluasi lanjutan untuk mengetahui apakah ini juga merupakan kondisi yang paling efisien secara ekonomis dan teknis.

Secara keseluruhan, peningkatan jumlah inoculum hingga 15% terbukti meningkatkan jumlah dan ketebalan selulosa tanpa menurunkan kualitas hidrasi material tersebut. Hal ini menjadikan 15% sebagai titik optimum dalam parameter yang diamati, meskipun evaluasi lanjut terhadap kestabilan dan efisiensi produksi tetap diperlukan.

3.4. Optimasi Waktu Fermentasi

Lama fermentasi berpengaruh langsung terhadap jumlah dan kualitas selulosa bakteri yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, fermentasi dilakukan selama 7, 10, dan 14 hari untuk mengevaluasi dinamika pertumbuhan selulosa bakteri dalam media statis.

Tabel 3.3. Hasil sintesis selulosa bakteri dengan variasi waktu fermentasi

Lama fermentasi	Massa basah (g)	Ketebalan (cm)	Massa kering (g)	Kadar air
7 hari	17,5	0,1	0,09	99,48%
10 hari	42,91	0,6	0,34	99,20%
14 hari	-	-	-	-

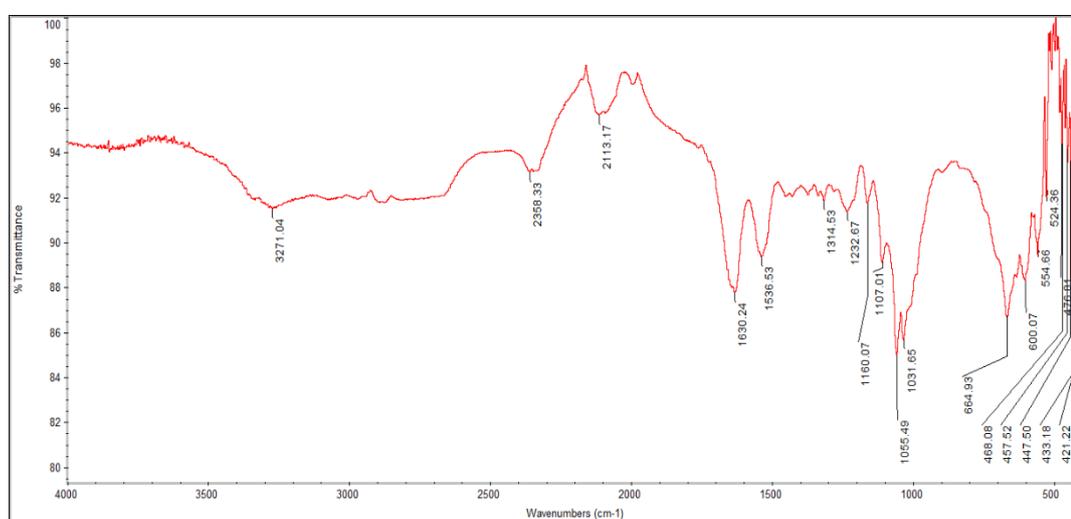
Berdasarkan Tabel 3.3, terjadi peningkatan massa selulosa dari waktu fermentasi hari ke-7 dan 10. Peningkatan ini menunjukkan bahwa selama 10 hari pertama, kondisi lingkungan (nutrisi, oksigen, dan pH) masih mendukung aktivitas metabolik bakteri. Selama fase ini, bakteri mengonversi substrat karbon menjadi mikrofibril selulosa yang terakumulasi di permukaan media sebagai lapisan hidrogel.

Namun, pada hari ke-14, tidak teramati adanya pertumbuhan selulosa bakteri. Fenomena ini menunjukkan bahwa sistem fermentasi telah mencapai fase penurunan, di mana beberapa faktor penting tidak lagi mendukung pertumbuhan selulosa. Hal ini dapat disebabkan oleh telah habisnya nutrisi utama dalam media, penurunan pH akibat akumulasi asam organik (seperti asam asetat), yang dapat menghambat aktivitas enzim sintesis selulosa dan akumulasi limbah metabolit yang bersifat toksik. Ketiadaan selulosa bakteri pada hari ke-14 mengindikasikan bahwa perpanjangan fermentasi justru berdampak negatif terhadap produksi selulosa bakteri. Hal ini menguatkan bahwa fermentasi selama 10 hari merupakan waktu optimum dalam kondisi ini, karena setelahnya bakteri tidak lagi aktif memproduksi selulosa.

Kadar air yang dihasilkan dari variasi waktu menurun, dari 99,48% menjadi 99,20%. Hal ini mengindikasikan pembentukan struktur selulosa yang lebih padat seiring akumulasi material kering. Dengan demikian, fermentasi selama 10 hari memberikan hasil optimum baik dari segi ketebalan, massa, dan kualitas kadar air. Fermentasi lebih lama justru menurunkan produksi akibat degradasi nutrisi dan akumulasi produk samping.

3.5. Karakteristik Gugus Fungsi

Gambar 3.1 menunjukkan spektrum FTIR dari selulosa bakteri yang dihasilkan. Pita serapan kuat pada $3271,04\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil ($-\text{OH}$), yang merupakan ciri khas dari struktur selulosa yang kaya ikatan hidrogen. Serapan pada $2938,53\text{ cm}^{-1}$ berhubungan dengan regangan $-\text{CH}$ alifatik. Sinyal kuat pada $1107,01\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ glikosida, yang merupakan ikatan β - $(1\rightarrow4)$ antara unit glukosa. Pita tambahan di $1055,49\text{ cm}^{-1}$ dan $1031,65\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus $\text{C}-\text{O}$ eter dan alkohol, memperkuat identifikasi bahwa material yang terbentuk adalah selulosa. Hasil ini sesuai dengan asil penelitian dari (Indriyati, Irmawati, and Puspitasari 2019) yang menyatakan bahwa pita-pita tersebut adalah marker khas dari selulosa bakteri murni.



Gambar 3.1. Spektrum FTIR selulosa bakteri

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa produksi selulosa bakteri dari limbah kulit jeruk peras dapat dilakukan secara optimal dengan kondisi fermentasi sebagai berikut: pH 5, konsentrasi substrat 15%, volume inokulum 15%, dan lama fermentasi selama 10 hari. Kondisi tersebut menghasilkan selulosa dengan massa dan ketebalan tertinggi serta kadar air yang sesuai dengan karakteristik selulosa bakteri. Analisis gugus fungsi menggunakan spektrofotometer FTIR menunjukkan adanya gugus $-\text{OH}$, $\text{C}-\text{H}$, dan $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ yang merupakan penanda khas struktur selulosa, sehingga membuktikan bahwa sintesis selulosa bakteri telah berhasil dilakukan. Dengan demikian, limbah kulit jeruk peras berpotensi besar sebagai media

alternatif yang ekonomis dan ramah lingkungan dalam produksi selulosa bakteri. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan untuk mengevaluasi karakter fisik dan mekanik selulosa yang dihasilkan, serta potensi aplikasinya dalam bidang biomedis atau kemasan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Coseri, Sergiu. 2021. "Insights on Cellulose Research in the Last Two Decades in Romania." *Polymers* 13(5):1–19. doi: 10.3390/polym13050689.
- Indriyati, Yuyun Irmawati, and Tita Puspitasari. 2019. "Comparative Study of Bacterial Cellulose Film Dried Using Microwave and Air Convection Heating." *Journal of Engineering and Technological Sciences* 51(1):121–32. doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2019.51.1.8.
- Kusumaningati, MA, S. Nurhatika, and A. Muhibuddin. 2013. "Pengaruh Konsentrasi Inokulum Bakteri *Zymomonas Mobilis* Dan Lama Fermentasi Pada Produksi Etanol Dari Sampah Sayur Dan Buah Pasar Wonokromo Surabaya." *Jurnal Sains Dan Seni ITS* 2(2):218–223.
- Oikeh, Ehigbai I., Faith E. Oviasogie, and Ehimwenma S. Omoregie. 2020. "Quantitative Phytochemical Analysis and Antimicrobial Activities of Fresh and Dry Ethanol Extracts of Citrus Sinensis (L.) Osbeck (Sweet Orange) Peels." *Clinical Phytoscience* 6(1). doi: 10.1186/s40816-020-00193-w.
- Putri, Sherly Novia Yuana, Wahyu Fajri Syaharani, Cindy Virgiani Budi Utami, Dyah Retno Safitri, Zahra Nur Arum, Zulfa Shafira Prihastari, and Anjar Ruspita Sari. 2021. "Pengaruh Mikroorganisme, Bahan Baku, Dan Waktu Inkubasi Pada Karakter Nata: Review." *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* 14(1):62. doi: 10.20961/jthp.v14i1.47654.
- Rahman, Sameeha Syed Abdul, T. Vaishnavi, G. Sai Vidyasri, K. Sathya, P. Priyanka, Ponnusami Venkatachalam, and Sugumaran Karuppiyah. 2021. "Production of Bacterial Cellulose Using *Gluconacetobacter Kombuchae* Immobilized on *Luffa Aegyptiaca* Support." *Scientific Reports* 11(1):1–15. doi: 10.1038/s41598-021-82596-4.
- Seddiqi, Hadi, Erfan Oliaei, Hengameh Honarkar, Jianfeng Jin, Lester C. Geonzon, Rommel G. Bacabac, and Jenneke Klein-Nulend. 2021. "Cellulose and Its Derivatives: Towards Biomedical Applications." *Cellulose* 28(4). doi: 10.1007/s10570-020-03674-w.
- Singh, Omchand, Parmjit S. Panesar, and Harish K. Chopra. 2017. "Isolation and Characterization of Cellulose Producing Bacterial Isolate from Rotten Grapes." *Biosciences, Biotechnology Research Asia* 14(1):373–380. doi: 10.13005/bbra/2455.
- Suripto, Udiantoro S. P, and Lya Agustina. 2018. "Identifikasi Mutu Pasca Panen Nata De Coco Berdasarkan Lama Perendaman Dan Perebusan." *Inovasi Agroindustri* 1(1):29–37.

- Ting, S. V., and E. J. Deszyck. 1961. "The Carbohydrates in the Peel of Oranges and Grapefruit." *Journal of Food Science* 26(2):146–152. doi: 10.1111/j.1365-2621.1961.tb00784.x.
- Torrado, Ana María, Sandra Cortés, José Manuel Salgado, Belén Max, Noelia Rodríguez, Belinda P. Bibbins, Attilio Converti, and José Manuel Domínguez. 2011. "Citric Acid Production from Orange Peel Wastes by Solid-State Fermentation." *Brazilian Journal of Microbiology* 42(1):394–409. doi: 10.1590/S1517-83822011000100049.