

Pemanfaatan Selulosa Ampas Tebu dan Pati Sagu dalam Pembuatan *Biodegradable Foam* dengan Penambahan Kitosan

Al Hadist Oktoriani^{*}, Abu Hasan², Dilia Puspa³

¹⁻³ Program Studi Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

^{*}Penulis Korespondensi: alhadistoktoriani03@gmail.com

Abstract. The use of styrofoam as food packaging can cause environmental problems due to its low biodegradability and the presence of hazardous compounds. This study aims to develop *Biodegradable Foam* based on bagasse cellulose (*Saccharum officinarum*) and sago starch with the addition of chitosan. Bagasse is utilized as a filler because of its high cellulose content of 53%, while sago starch functions as the matrix. Chitosan is added to improve mechanical properties and reduce water absorption. The production of *Biodegradable Foam* begins with the isolation of cellulose from bagasse through delignification using NaOH and bleaching using H₂O₂. The cellulose is then mixed with sago starch, chitosan, PVA, glycerol, and magnesium stearate, followed by molding using the thermopressing method. The resulting product is evaluated based on Tensile Strength, water absorption, and biodegradability. This study is expected to provide scientific information on the effects of varying chitosan concentrations and starch-to-cellulose ratios on the quality of *Biodegradable Foam* and support the development of safer and more biodegradable packaging materials.

Keywords: Bagasse; *Biodegradable Foam*; Chitosan; Sago Starch; Tensile Strength.

Abstrak. Penggunaan styrofoam sebagai kemasan makanan dapat menimbulkan permasalahan lingkungan karena sulit terurai dan mengandung senyawa berbahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *Biodegradable Foam* berbasis selulosa ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dan pati sagu dengan penambahan kitosan. Ampas tebu dimanfaatkan sebagai *filler* karena memiliki kandungan selulosa sebesar 53%, sedangkan pati sagu berfungsi sebagai matriks. Penambahan kitosan dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik dan mengurangi daya serap air. Pembuatan *Biodegradable Foam* diawali dengan isolasi selulosa ampas tebu melalui proses delignifikasi menggunakan NaOH dan *bleaching* menggunakan H₂O₂. Selanjutnya, selulosa dicampurkan dengan pati sagu, kitosan, PVA, gliserol, dan magnesium stearat, kemudian dicetak menggunakan metode *thermopressing*. Produk yang dihasilkan diuji berdasarkan kuat tarik, daya serap air, dan biodegradabilitas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh variasi konsentrasi kitosan dan rasio pati:selulosa terhadap kualitas *Biodegradable Foam* serta mendukung pengembangan kemasan yang lebih aman dan mudah terurai.

Kata kunci: Ampas Tebu; *Biodegradable Foam*; Kekuatan Tarik; Kitosan; Pati Sagu.

1. LATAR BELAKANG

Peningkatan penggunaan plastik berbahan dasar *petroleum* terus terjadi sejalan dengan adanya perkembangan industri dan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap kemasan yang praktis. Plastik tersebut banyak digunakan dalam berbagai produk, misalnya botol minuman, kantong plastik, kemasan makanan, peralatan rumah tangga, hingga kemasan industri. Namun, sifat plastik konvensional yang sulit mengalami penguraian secara alami dapat menyebabkan permasalahan pencemaran lingkungan (Utomo & Solin, 2021). Salah satu produk berbahan plastik yang banyak digunakan sebagai wadah atau kemasan makanan ialah *styrofoam* (polistirena) karena karakteristiknya yang praktis. Hal ini mendorong perlunya pengembangan material alternatif yang lebih ramah lingkungan. Upaya pengelolaan permasalahan sampah juga didukung oleh Pemerintah melalui Undang-Undang Nomor 18

Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yang menjadi landasan dalam pengelolaan sampah secara nasional.

Pengembangan material alternatif tersebut salah satunya dapat dilakukan dengan pemanfaatan bahan alami untuk menghasilkan *Biodegradable Foam*. Pati dan selulosa adalah bahan yang berpotensi digunakan karena mudah terdegradasi di lingkungan dan memiliki ketersediaan yang melimpah. Pada proses pembuatan *Biodegradable Foam*, pati dapat digunakan sebagai matriks pembentuk *foam*, sedangkan selulosa berperan sebagai penguat struktur (*filler*) (Engel et al., 2019). Pemanfaatan limbah agroindustri sebagai bahan baku juga dapat memberikan nilai tambah sekaligus membantu mengurangi permasalahan limbah pertanian. Selain itu, pati merupakan bahan yang bersifat dapat diperbarui atau *renewable* dan dapat terurai secara hayati atau *biodegradable* (Chen & Catchmark, 2025).

Ampas tebu yang berasal dari tanaman *Saccharum Officinarum* adalah salah satu limbah industri gula yang tersedia dalam jumlah melimpah di Indonesia. Kandungan tersebut terdiri atas 53% selulosa, 24% lignin, dan 20% hemiselulosa, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai *filler* dalam pembuatan *Biodegradable Foam* (Malika Yuda et al., 2025). Pemanfaatan ampas tebu sebagai sumber selulosa dapat meningkatkan nilai guna limbah sekaligus mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh penumpukan limbah industri gula. Selain selulosa ampas tebu, pati sagu dapat dimanfaatkan sebagai matriks dalam pembuatan *Biodegradable Foam*. Pati sagu memiliki tingkat penyerapan air yang cenderung lebih rendah dibandingkan pati singkong dan jagung karena memiliki kandungan amilopektin yang lebih tinggi (Hendrawati et al., 2019). Namun, penggunaan pati sebagai bahan tunggal memiliki keterbatasan berupa rendahnya kekuatan mekanik, sehingga diperlukan kombinasi dengan bahan lain untuk meningkatkan karakteristik *foam*.

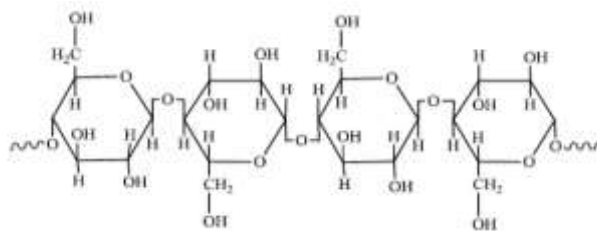
Kitosan dapat digunakan sebagai salah satu bahan tambahan untuk meningkatkan karakteristik *Biodegradable Foam*. Kitosan merupakan polimer alami yang diperoleh melalui proses deasetilasi kitin dan memiliki kemampuan untuk meningkatkan sifat mekanik, memperbaiki struktur *foam*, serta mengurangi daya serap air. Kitosan juga memiliki sifat *biodegradable* dan ramah lingkungan sehingga penggunaannya mendukung pengembangan material yang berkelanjutan (Azizati et al., 2024). Artinya, kombinasi pati sagu sebagai matriks, selulosa ampas tebu sebagai penguat, dan kitosan sebagai aditif dapat digunakan sebagai dasar dalam pengembangan *Biodegradable Foam* sebagai alternatif material kemasan.

Berbagai penelitian mengenai *Biodegradable Foam* berbasis pati dan selulosa telah dilakukan, tetapi masih terdapat keterbatasan terutama pada sifat mekanik dan daya serap air. Pemanfaatan selulosa yang berasal dari ampas tebu dengan pati sagu serta penambahan kitosan

sebagai aditif masih perlu dikaji untuk mengetahui karakteristik *Biodegradable Foam* yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan *Biodegradable Foam* melalui variasi penambahan kitosan dan rasio pati sagu terhadap selulosa ampas tebu, serta menganalisis pengaruh variasi tersebut terhadap karakteristik fisik dan mekanik produk. Karakteristik *Biodegradable Foam* yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan *styrofoam* berbahan *polystyrene* sebagai pembanding.

2. KAJIAN TEORITIS

Selulosa



Gambar 1. Struktur Kimia Selulosa.

Sumber: (Mulyadi, 2019)

Selulosa adalah komponen utama penyusun lignoselulosa pada dinding sel tumbuhan dan termasuk sumber daya alam terbarukan yang tersedia melimpah. Secara kimiawi, selulosa memiliki rumus molekul $[C_6H_{10}O_5]$ dan merupakan polimer hidrolifik yang tersusun atas unit β -D-glukopiranososa yang dihubungkan oleh ikatan β -(1,4)-glikosida (Mulyadi, 2019). Karakteristik ini menjadi selulosa dimanfaatkan sebagai bahan penyusun material berbasis biopolimer. Dalam pembuatan *Biodegradable Foam*, selulosa digunakan untuk membentuk dan memperkuat struktur produk sehingga meningkatkan kekuatan serta kekakuannya. Selain itu, sifat selulosa yang dapat terurai oleh mikroorganisme mendukung pengembangan *biofoam* yang lebih ramah lingkungan dibandingkan *foam* berbasis polistirena (Akmala & Supriyo, 2020).

Ampas Tebu



Gambar 2. Ampas Tebu.

Sumber: Lauri, 2025

Ampas tebu (*bagasse*) merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses penggilingan tebu setelah ekstraksi nira (Lestari et al., 2022). Limbah ini memiliki kandungan serat yang tinggi, terutama selulosa, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam berbagai produk. Pemanfaatan ampas tebu selama ini antara lain sebagai bahan bakar biomassa, bahan baku industri kertas dan papan partikel, serta campuran pakan ternak. Namun, pemanfaatannya sebagai material bernilai tambah masih belum optimal. Penumpukan ampas tebu juga dapat menimbulkan permasalahan lingkungan karena sifatnya yang mudah terbakar dan membutuhkan lahan penyimpanan yang cukup luas (Anisya et al., 2020). Kandungan ampas tebu terdiri atas 53% selulosa, 20% hemiselulosa, dan 24% lignin. Kandungan selulosa tersebut menunjukkan potensi ampas tebu sebagai sumber selulosa dalam pengembangan material *Biodegradable Foam*.

Pati Sagu

Sagu merupakan tanaman palma dari genus *Metroxylon* yang banyak tumbuh di wilayah tropis dan dimanfaatkan sebagai sumber pati (Dalimunthe et al., 2019). Pati sagu memiliki kandungan pati yang tinggi, yaitu sekitar 65,7% atau lebih, sehingga berpotensi digunakan sebagai sumber biopolimer dalam pembuatan *Biodegradable Foam*. Pati yang tersusun atas amilosa dan amilopektin dapat berfungsi sebagai matriks dalam pembentukan struktur *biofoam*. Pada proses pemanasan, pati mengalami gelatinisasi yang mendukung terbentuknya struktur *foam* yang ringan dan berpori. Pati sagu juga dapat menghasilkan struktur yang cukup kaku dan kompak, terutama ketika dikombinasikan dengan bahan penguat berupa serat alami. Selain itu, sifat *biodegradable* pada pati sagu menjadikannya berpotensi sebagai bahan alternatif dalam pembuatan kemasan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik berbasis *petroleum* (Dewi et al., 2023).

Biodegradable Foam

Biodegradable Foam merupakan material kemasan berbasis nabati yang dikembangkan sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan untuk menggantikan *styrofoam*. Material ini menggunakan biopolimer yang berasal dari sumber daya alam terbarukan sebagai komponen penyusunnya. Pembuatan *Biodegradable Foam* memanfaatkan karakteristik pati yang dapat mengalami pengembangan akibat pengaruh panas dan tekanan tanpa memerlukan senyawa seperti benzena maupun stirena (Lucky et al., 2023). Berbeda dengan *styrofoam* konvensional, *Biodegradable Foam* dapat terurai secara hayati melalui aktivitas mikroorganisme sehingga berpotensi mengurangi akumulasi sampah dalam jangka panjang. Berdasarkan SNI 7188.7:2016, karakteristik *Biodegradable Foam* meliputi daya serap air dan tingkat biodegradasi. Nilai yang digunakan sebagai acuan adalah daya serap air sebesar 26,12% dan

tingkat biodegradasi sebesar 100% selama 60 hari. Karakteristik *Biodegradable Foam* dipengaruhi oleh komposisi bahan baku dan kondisi proses pembuatan. Komposisi bahan, termasuk jenis pati, komposisi kimia, rasio amilosa dan amilopektin, serta ukuran partikel, dapat memengaruhi sifat fungsional pati dan karakteristik *foam* yang dihasilkan (Nurfitasari, 2018). Oleh karena itu, pengaturan komposisi bahan dan kondisi proses diperlukan untuk memperoleh *Biodegradable Foam* dengan karakteristik fisik, mekanik, ketahanan terhadap air, dan kemampuan biodegradasi yang sesuai.

Kitosan

Kitosan merupakan polimer linear yang dihasilkan melalui proses deasetilasi kitin. Kitin tersusun atas monomer *N-acetylglucosamine* yang memiliki kemiripan struktur dengan selulosa, tetapi keduanya dibedakan oleh gugus fungsional pada atom karbon nomor dua. Pada selulosa, C-2 terikat dengan gugus hidroksil (-OH), sedangkan pada kitin gugus tersebut digantikan oleh gugus asetamida (-NHCOCH₃) (Reba & Silalahi, 2024). Kitosan memiliki sifat biokompatibel, *biodegradable*, dan non-toksik sehingga berpotensi digunakan dalam berbagai bidang, termasuk industri pangan, kertas, tekstil, lingkungan, dan pertanian (Yanti et al., 2018). Dalam pembuatan *Biodegradable Foam*, penambahan kitosan dapat mengurangi sifat rapuh dan daya serap air sehingga meningkatkan ketahanan material terhadap kelembapan. Kitosan juga memiliki sifat antimikroba yang dapat memberikan nilai tambah pada *biofoam*, terutama untuk aplikasi kemasan makanan (Muharram, 2020).

3. METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Arpil sampai dengan Juni 2026 di Laboratorium Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Penelitian dilakukan untuk menghasilkan *Biodegradable Foam* berbahan selulosa ampas tebu dan pati sagu dengan penambahan kitosan. Massa bahan selulosa dan pati sagu ditetapkan sebesar 20 g. Variabel bebas yang digunakan adalah penambahan kitosan sebesar 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10%, serta rasio pati sagu dan selulosa ampas tebu sebesar 20:80, 30:70, 50:50, 70:30, dan 80:20 (%: %). Komponen lain yang digunakan sebagai variabel tetap meliputi PVA sebesar 5%, gliserol 15%, dan magnesium stearat 5% dari berat bahan. Pada proses isolasi selulosa, digunakan NaOH 10% dengan perbandingan bahan dan pelarut 1:10 (b/v) pada tahap delignifikasi serta H₂O₂ 10% dengan perbandingan 1:10 (b/v) pada tahap *bleaching*. Proses pencetakan dilakukan menggunakan *thermopressing* pada suhu 180°C selama 3-5 menit.

Preparasi dan Isolasi Selulosa Ampas Tebu

Preparasi ampas tebu dilakukan dengan merendam limbah selama 24 jam, kemudian mencucinya untuk menghilangkan kotoran. Serat ampas tebu selanjutnya disisir menggunakan sikat kawat untuk menghilangkan gabus, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 7 hari. Serat kering dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 100 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Sedangkan untuk isolasi selulosa dilakukan melalui tahap delignifikasi dan *bleaching*. Serbuk ampas tebu didelignifikasi menggunakan larutan NaOH 10% dengan perbandingan 1:10 (b/v), kemudian dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam dengan pengadukan secara berkala. Setelah proses selesai, residu disaring dan dicuci menggunakan aquadest hingga mencapai pH netral. Tahap selanjutnya adalah *bleaching* menggunakan larutan H₂O₂ 10%. Campuran dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Serbuk hasil *bleaching* kemudian disaring, dicuci hingga pH netral, dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 40-50°C selama 1-2 jam. Selulosa yang diperoleh dianalisis gugus fungsinya menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).

Pembuatan *Biodegradable Foam*

Pembuatan *Biodegradable Foam* dilakukan dengan mencampurkan pati sagu dan selulosa ampas tebu sesuai variasi rasio dengan total massa bahan sebesar 20 g. Kitosan dengan konsentrasi 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dilarutkan menggunakan larutan asam asetat 2%. Campuran kitosan, asam asetat, dan aquadest dipanaskan selama 5 menit, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan selama 60 menit tanpa pemanasan. Selanjutnya, magnesium stearat sebanyak 5%, PVA sebanyak 5%, dan gliserol sebanyak 15% dari berat bahan ditambahkan ke dalam campuran. Seluruh bahan diaduk hingga homogen, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan. Campuran dicetak menggunakan *thermopressing* pada suhu 180°C selama 3-5 menit. Pada proses pencetakan digunakan tekanan 2 bar. *Biodegradable Foam* yang telah terbentuk dikeluarkan dari cetakan dan didinginkan pada suhu ruang selama 24 jam hingga struktur produk stabil. Adapun berikut adalah diagram alir dari pembuatan *Biodegradable Foam*.

Karakterisasi *Biodegradable Foam*

Karakterisasi *Biodegradable Foam* meliputi pengujian daya serap air, biodegradasi, dan kuat tarik.

Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan dengan memotong sampel berukuran 5 cm × 2,5 cm. Massa awal sampel (M_0) ditimbang, kemudian sampel direndam dalam air selama 1 menit. Setelah perendaman, air yang terdapat pada permukaan sampel dihilangkan menggunakan tisu, kemudian sampel ditimbang kembali untuk memperoleh massa akhir (M_1). Daya serap air dihitung berdasarkan perubahan massa sampel sebelum dan setelah perendaman.

Biodegradasi

Pengujian biodegradasi dilakukan menggunakan metode *soil burial test*. Sampel dipotong dengan ukuran 2,5 cm × 5 cm, kemudian direndam dalam air selama kurang lebih 1 menit dan ditimbang untuk memperoleh massa awal (W_0). Sampel selanjutnya ditanam di dalam tanah pada kedalaman sekitar 10 cm selama 14 hari. Setelah masa penguburan selesai, sampel diambil, dibersihkan dari tanah yang menempel, dan ditimbang untuk memperoleh massa akhir (W_1). Persentase biodegradasi ditentukan berdasarkan kehilangan massa sampel selama proses penguburan.

Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan berdasarkan standar ASTM D-638 untuk mengetahui kemampuan *Biodegradable Foam* dalam menahan gaya tarik hingga mengalami kerusakan. Sampel diberi tanda pada kedua ujungnya sesuai bentuk pengujian, kemudian dipasang pada alat uji dan ditarik secara perlahan hingga mencapai titik putus. Nilai kuat tarik ditentukan berdasarkan gaya tarik maksimum terhadap luas penampang awal sampel dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{F_{\text{maks}}}{A}$$

dengan σ merupakan kuat tarik (N/mm²), F_{maks} merupakan gaya maksimum (N), dan A merupakan luas penampang awal sampel (mm²).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengujian karakterisasi *Biodegradable Foam* dilakukan untuk mengetahui pengaruh terhadap pati sagu dan selulosa ampas tebu serta konsentrasi kitosan terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Parameter yang diuji meliputi kuat tarik (*Tensile Strength*) sebagai indikator sifat mekanik, daya serap air (*water absorption*) sebagai indikator ketahanan terhadap kelembapan, dan biodegradasi sebagai indikator kemampuan material untuk terurai secara alami di lingkungan. Hasil analisis karakteristik *Biodegradable Foam* berdasarkan masing-masing parameter pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil Analisa Karakteristik *Biodegradable Foam*.

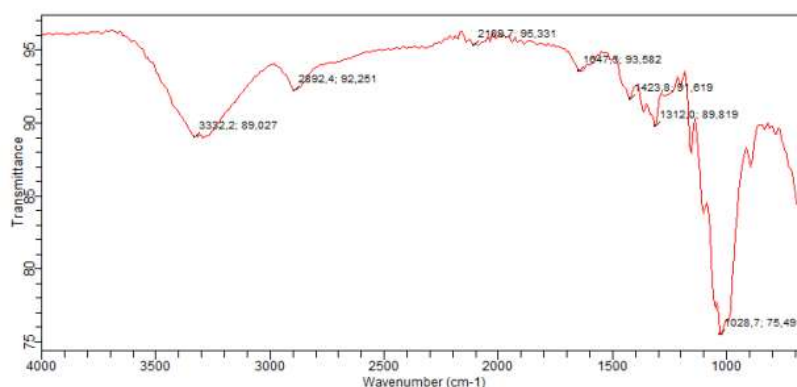
Pati: Selulosa (gr)	Kitosan (%)	Kuat Tarik (MPa)	Daya Serap Air (%)	Biodegradasi (%) Hari Ke-7	Hari Ke-14
20:80	0	0,0268	25,41	54,89	79,15
30:70		0,0483	23,08	50,89	75,00
50:50		0,0606	21,03	47,37	72,37
70:30		0,1450	19,72	43,43	68,92
80:20		0,1783	18,21	40,99	65,77
20:80	4	0,0344	22,38	49,61	74,61
30:70		0,0966	20,00	46,15	70,94
50:50		0,1458	18,25	43,93	67,36
70:30		0,2067	16,67	39,62	64,91
80:20		0,2412	15,92	37,10	61,99
20:80	6	0,0966	20,00	45,60	71,20
30:70		0,3580	18,56	42,31	67,03
50:50		0,5255	16,41	39,77	63,64
70:30		0,6288	15,05	36,67	62,00
80:20		0,7213	14,37	34,24	60,33
20:80	8	0,0807	16,99	42,08	67,21
30:70		0,2096	15,70	39,66	63,69
50:50		0,3353	14,29	36,31	62,01
70:30		0,5255	13,60	34,02	60,31
80:20		0,5995	12,62	32,52	60,19
20:80	10	0,0689	16,04	37,97	63,10
30:70		0,1606	13,67	35,26	60,90
50:50		0,2656	13,38	33,53	60,12
70:30		0,3660	12,82	31,25	60,16
80:20		0,4778	11,02	30,20	59,73

Sumber: Hasil Olah Data, 2026

Pembahasan

Karakteristik Gugus Fungsi Selulosa Ampas Tebu

Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui keberadaan gugus fungsi dan perubahan struktur kimia pada selulosa ampas tebu hasil perlakuan awal yang digunakan sebagai bahan penguat dalam pembuatan *Biodegradable Foam*. Berdasarkan hasil analisis, spektrum FTIR menunjukkan beberapa puncak serapan utama pada bilangan gelombang 3332,2; 2892,4; 1647,5; 1423,8; 1312,0; dan 1028,7 cm^{-1} .



Gambar 3. Hasil Uji FTIR Selulosa Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*).

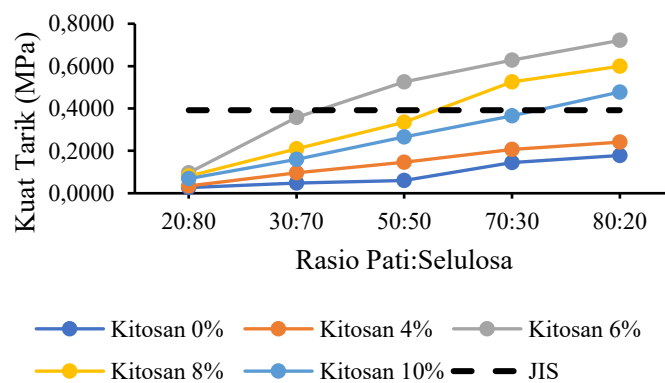
Sumber: Hasil Olah Data, 2026

Puncak serapan pada $3332,2\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi regangan gugus hidroksil (O-H), sedangkan serapan pada $2892,4\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi regangan ikatan C-H yang berasal dari struktur karbon pada rantai polisakarida selulosa dan berada pada rentang $2776\text{--}2928,17\text{ cm}^{-1}$ (Nababan et al., 2025). Pita serapan pada $1647,5$; $1423,8$; dan $1312,0\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan getaran rangka aromatik dari lignin. Pita serapan tersebut mengalami penurunan yang menunjukkan bahwa unsur lignin telah berkurang. Selanjutnya, serapan pada $1028,7\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C-O-C atau ikatan glikosidik sebagai penghubung rantai karbon pada senyawa selulosa.

Karakteristik spektrum FTIR yang diperoleh memiliki kesesuaian dengan penelitian (Mukarromah & Maharani, 2025), yang melaporkan keberadaan gugus fungsi utama pada selulosa berupa gugus hidroksil (O-H), ikatan C-H, serta ikatan C-O dan C-O-C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa selulosa hasil isolasi dari limbah ampas tebu memiliki karakteristik gugus fungsi yang serupa dengan selulosa yang diperoleh dari sumber biomassa lignoselulosa lainnya.

Pengaruh Rasio Pati:Selulosa dan Konsentrasi Kitosan terhadap Kuat Tarik Biodegradable Foam

Kuat tarik merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kemampuan *Biodegradable Foam* dalam menahan beban tarik sebelum mengalami kerusakan atau putus. Berikut adalah grafik pengaruh rasio pati:selulosa terhadap kuat tarik *Biodegradable Foam* pada berbagai kitosan.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Rasio Pati:Selulosa Terhadap Kuat Tarik *Biodegradable Foam* pada Berbagai Kitosan.

Sumber: Hasil Olah Data, 2026

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan rasio pati:selulosa dari 20:80 hingga 80:20 diikuti oleh kenaikan nilai kuat tarik *Biodegradable Foam* pada seluruh variasi konsentrasi kitosan. Nilai kuat tarik terendah diperoleh pada rasio pati:selulosa 20:80 dengan

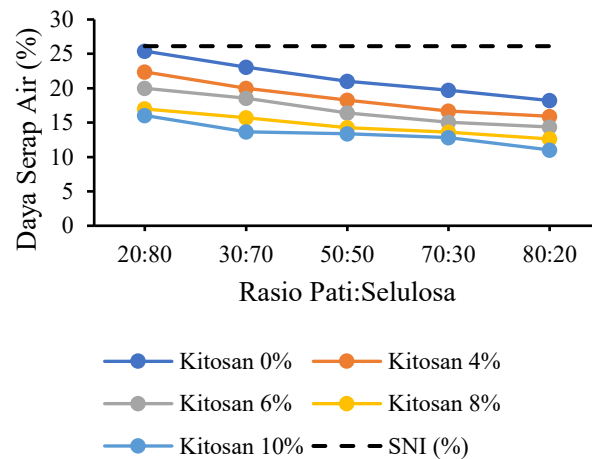
konsentrasi kitosan 0%, yaitu 0,0268 MPa, sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada rasio 80:20 dengan konsentrasi kitosan 6%, yaitu 0,7213 MPa. Jika dibandingkan dengan standar *Japanese Industrial Standards* (JIS) Z 1707:2017 yang mensyaratkan nilai kuat tarik minimum sebesar 0,392 MPa, *Biodegradable Foam* yang memenuhi standar diperoleh pada rasio pati:selulosa 50:50, 70:30, dan 80:20 dengan konsentrasi kitosan 6%; rasio 70:30 dan 80:20 dengan konsentrasi kitosan 8%; serta rasio 80:20 dengan konsentrasi kitosan 10%. Sementara itu, formulasi lainnya menghasilkan nilai kuat tarik di bawah batas minimum standar tersebut.

Rendahnya kuat tarik pada kandungan selulosa yang tinggi dapat disebabkan oleh jumlah pati sagu sebagai bahan pengikat yang tidak mencukupi. Kondisi tersebut menyebabkan ikatan antar komponen penyusun *Biodegradable Foam* menjadi kurang optimal sehingga terbentuk struktur yang kurang homogen (Ruscahyani et al., 2021). Peningkatan jumlah pati menunjukkan peningkatan kuat tarik karena pati berperan sebagai matriks utama yang membentuk jaringan pengikat antar komponen penyusun *Biodegradable Foam*. Semakin tinggi kandungan pati, semakin baik proses gelatinisasi dan pembentukan matriks sehingga interaksi antara pati, selulosa, dan kitosan menjadi lebih kuat dan menghasilkan struktur yang lebih kompak. Konsentrasi kitosan juga memengaruhi nilai kuat tarik *Biodegradable Foam*. Pada seluruh rasio pati:selulosa, peningkatan konsentrasi kitosan dari 0 hingga 6% menyebabkan nilai kuat tarik meningkat. Kitosan berperan dalam memperkuat struktur *Biodegradable Foam* melalui pembentukan ikatan hidrogen dengan pati dan selulosa. Namun, peningkatan konsentrasi kitosan di atas 6%, yaitu pada konsentrasi 8 dan 10%, menyebabkan nilai kuat tarik cenderung menurun. Pada rasio pati:selulosa 80:20, nilai kuat tarik menurun dari 0,7213 MPa pada kitosan 6% menjadi 0,5995 MPa pada kitosan 8% dan 0,4778 MPa pada kitosan 10%. Kondisi tersebut terjadi karena jumlah kitosan yang terlalu tinggi menyebabkan distribusi komponen menjadi kurang homogen dan mengurangi efektivitas interaksi antarmolekul penyusun *Biodegradable Foam*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi kitosan 6% merupakan kondisi optimum untuk menghasilkan kuat tarik tertinggi. Hasil tersebut sejalan dengan (Harmojo et al., 2022) yang menyatakan bahwa penambahan kitosan efektif hingga konsentrasi tertentu. Pada konsentrasi optimum, kitosan dapat meningkatkan kuat tarik melalui pembentukan ikatan antarmolekul yang lebih kuat antara pati, selulosa, dan kitosan.

Pengaruh Rasio Pati:Selulosa dan Konsentrasi Kitosan terhadap Daya Serap Air Biodegradable Foam

Daya serap air digunakan untuk mengetahui banyaknya air yang diserap *Biodegradable Foam* serta ketahanannya terhadap kondisi lembap. Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Rasio Pati:Selulosa Terhadap Daya Serap Air *Biodegradable Foam*.

Sumber: Hasil Olah Data, 2026

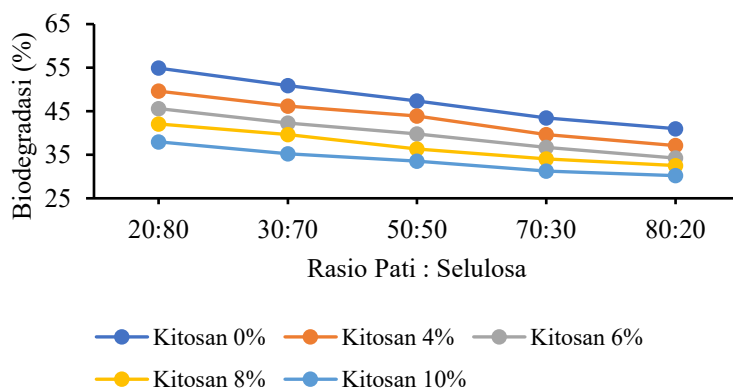
Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai daya serap air *Biodegradable Foam* berada pada kisaran 11,02-25,41%. Nilai tertinggi diperoleh pada rasio pati:selulosa 20:80 dengan konsentrasi kitosan 0%, yaitu 25,41%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada rasio 80:20 dengan konsentrasi kitosan 10%, yaitu 11,02%. Perubahan rasio pati:selulosa memberikan pengaruh terhadap daya serap air *Biodegradable Foam*. Semakin tinggi jumlah pati dan semakin rendah jumlah selulosa, nilai daya serap air cenderung menurun. Pati yang mengalami gelatinisasi selama proses pemanasan mampu membentuk struktur yang lebih padat dan kompak sehingga jumlah pori dan rongga pada *Biodegradable Foam* menjadi lebih sedikit. Sebaliknya, peningkatan jumlah selulosa menyebabkan daya serap air meningkat karena kandungan selulosa yang tinggi dapat menghasilkan struktur yang lebih berpori dan kurang homogen (Ruscahyani et al., 2021).

Pada rasio pati:selulosa 20:80, nilai daya serap air relatif tinggi karena tingginya kandungan selulosa ampas tebu. Selulosa memiliki gugus hidroksil (-OH) yang bersifat hidrofilik sehingga mudah berinteraksi dengan air melalui pembentukan ikatan hidrogen. Pada rasio 30:70 dan 50:50, nilai daya serap air mulai mengalami penurunan seiring berkurangnya jumlah selulosa dan meningkatnya jumlah pati. Interaksi antara pati, selulosa, dan kitosan menjadi lebih seimbang sehingga menghasilkan jaringan *Biodegradable Foam* yang lebih

stabil. Penurunan daya serap air semakin terlihat pada rasio 70:30 dan 80:20. Kandungan pati yang lebih tinggi diduga memungkinkan terbentuknya interaksi yang lebih baik dengan kitosan melalui ikatan hidrogen antara gugus hidroksil pati dan gugus amina kitosan. Interaksi tersebut menyebabkan komponen penyusun *Biodegradable Foam* tersusun lebih menyatu dan mengurangi jumlah gugus hidrofilik yang dapat berikatan dengan air. Konsentrasi kitosan juga memberikan pengaruh terhadap daya serap air. Peningkatan konsentrasi kitosan dari 0 hingga 10% menyebabkan nilai daya serap air cenderung menurun. Kitosan mampu membentuk ikatan hidrogen dengan pati dan selulosa sehingga meningkatkan interaksi antarmolekul dalam *Biodegradable Foam*. Interaksi tersebut menghasilkan struktur yang lebih rapat dan homogen sehingga jumlah pori dan celah yang dapat ditembus air menjadi lebih sedikit (Hendrawati et al., 2019).

Pengaruh Rasio Pati:Selulosa dan Konsentrasi Kitosan terhadap Biodegradasi Biodegradable Foam

Biodegradasi dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan *Biodegradable Foam* untuk terurai secara alami di dalam tanah menggunakan metode *soil burial test*. Berikut adalah hasil pengujian rasio pati:selulosa dan konsentrasi kitosan terhadap biodegradasi *Bioegradable Foam*.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Rasio Pati:Selulosa terhadap Biodegradasi *Biodegradable Foam* Hari ke-7.

Sumber: Hasil Olah Data, 2026

Berdasarkan hasil pengujian, pada hari ke-7 nilai biodegradasi berada pada kisaran 30,20-54,89%. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan kitosan 0% dengan rasio pati:selulosa 20:80, yaitu 54,89%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan kitosan 10% dengan rasio pati:selulosa 80:20, yaitu 30,20%. Pada hari ke-14, persentase biodegradasi meningkat menjadi 59,73-79,15%. Nilai tertinggi tetap diperoleh pada perlakuan kitosan 0% dengan rasio pati:selulosa 20:80, yaitu 79,15%, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan kitosan

10% dengan rasio pati:selulosa 80:20, yaitu 59,73%. Peningkatan nilai biodegradasi menunjukkan bahwa proses penguraian berlangsung seiring bertambahnya waktu. Peningkatan nilai biodegradasi pada rasio 20:80 dan 30:70 disebabkan oleh tingginya kandungan selulosa ampas tebu yang berasal dari biomassa lignoselulosa. Semakin tinggi kandungan selulosa pada *Biodegradable Foam*, semakin banyak komponen yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber nutrisi sehingga laju penguraian material meningkat. Keberadaan serat selulosa juga dapat mempermudah penetrasi air dan mikroorganisme ke dalam material.

Pada rasio 50:50 hingga 80:20, nilai biodegradasi mengalami penurunan. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan meningkatnya kandungan pati yang berinteraksi dengan kitosan dan selulosa melalui pembentukan ikatan hidrogen yang lebih kuat. Interaksi tersebut menyebabkan komponen penyusun *Biodegradable Foam* tersusun lebih menyatu sehingga material menjadi lebih stabil terhadap serangan mikroorganisme. Kitosan juga mampu membentuk ikatan hidrogen dengan pati dan selulosa sehingga menghasilkan matriks yang lebih rapat dan kompak. Kerapatan *Biodegradable Foam* yang lebih tinggi dapat menghambat penetrasi air serta membatasi aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi material (Syawalia & Ningtyas, 2023). Perubahan rasio pati:selulosa juga menunjukkan kecenderungan penurunan nilai biodegradasi dari rasio 20:80 hingga 80:20. Meskipun pati dan selulosa merupakan polimer alami yang mudah terurai secara biologis, tingkat biodegradasi tidak hanya dipengaruhi oleh jenis bahan penyusun, tetapi juga oleh struktur matriks yang terbentuk selama proses pembuatan *Biodegradable Foam*. Pati dan selulosa dapat didekomposisi oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana (Sarlinda et al., 2022). Pada hari ke-28, seluruh sampel *Biodegradable Foam* telah mengalami biodegradasi sempurna dengan persentase degradasi mencapai 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh komponen penyusun *Biodegradable Foam*, yaitu pati sagu, selulosa ampas tebu, dan kitosan, telah terurai oleh aktivitas mikroorganisme di dalam tanah sehingga struktur *Biodegradable Foam* tidak lagi dapat dipertahankan. Secara keseluruhan, variasi rasio pati:selulosa dan konsentrasi kitosan memengaruhi laju biodegradasi pada tahap awal, sedangkan seluruh formulasi menunjukkan biodegradasi sempurna pada hari ke-28.

Perbandingan Biodegradable Foam dengan Styrofoam Berbahan Polistirena

Tabel 2. Perbandingan antara *Biodegradable Foam* yang Dihasilkan dengan Styrofoam Konvensional.

Parameter	<i>Styrofoam</i> Konvensional	<i>Biodegradable Foam</i>
Daya Serap Air (%)	3,05	15,92
Kuat Tarik (MPa)	0,8400	0,7213
Biodegradasi	>100 Tahun	28 Hari

Sumber: Hasil Olah Data, 2026

Biodegradable Foam hasil penelitian dibandingkan dengan *styrofoam* konvensional berbahan polistirena berdasarkan parameter daya serap air, kuat tarik, dan biodegradasi. *Biodegradable Foam* memiliki daya serap air sebesar 15,92%, sedangkan *styrofoam* konvensional memiliki daya serap air sebesar 3,05%. Pada parameter kuat tarik, *Biodegradable Foam* memiliki nilai 0,7213 MPa, sedangkan *styrofoam* memiliki nilai 0,8400 MPa. Sementara itu, biodegradasi *Biodegradable Foam* berlangsung selama 28 hari, sedangkan *styrofoam* konvensional membutuhkan waktu lebih dari 100 tahun untuk mengalami degradasi secara alami (Kurniawan et al., 2025).

Daya serap air *Biodegradable Foam* yang lebih tinggi disebabkan oleh komponen penyusunnya berupa pati sagu dan selulosa ampas tebu yang memiliki gugus hidroksil bersifat hidrofilik. Sebaliknya, *styrofoam* berbahan polistirena memiliki sifat hidrofobik karena tersusun atas rantai karbon aromatik yang bersifat nonpolar sehingga memiliki kemampuan menahan air yang lebih baik (Astuti & Kusumayanti, 2024).

Pada parameter kuat tarik, nilai *Biodegradable Foam* sebesar 0,7213 MPa lebih rendah dibandingkan *styrofoam* konvensional sebesar 0,8400 MPa. Hal tersebut disebabkan oleh struktur polistirena pada *styrofoam* yang memiliki susunan rantai polimer stabil sehingga menghasilkan struktur material yang kuat. Sementara itu, *Biodegradable Foam* tersusun dari bahan alami yang memiliki keterbatasan dalam membentuk struktur sekuat polimer sintesis. Penambahan kitosan pada *Biodegradable Foam* dapat meningkatkan interaksi antar komponen melalui pembentukan ikatan hidrogen antara gugus hidroksil pada pati dan selulosa dengan gugus amino (-NH₂) pada kitosan sehingga meningkatkan kekuatan mekaniknya (Harmoji dkk., 2022).

Pada parameter biodegradasi, *Biodegradable Foam* mengalami degradasi lebih cepat dibandingkan *styrofoam* konvensional. *Biodegradable Foam* mampu mengalami degradasi dalam 28 hari, sedangkan *styrofoam* membutuhkan waktu lebih dari 100 tahun untuk mengalami degradasi secara alami. Kondisi tersebut disebabkan oleh penggunaan polimer alami seperti pati sagu dan selulosa ampas tebu yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme

sebagai sumber karbon dan energi. Sebaliknya, polistirena memiliki struktur rantai karbon aromatik yang stabil dan sulit diuraikan oleh mikroorganisme (Kurniawan dkk., 2025).

Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, *Biodegradable Foam* yang dihasilkan memiliki keunggulan pada aspek ramah lingkungan dan kemampuan biodegradasi, meskipun masih memiliki keterbatasan pada ketahanan air dan kekuatan mekanik dibandingkan *styrofoam* konvensional. Oleh karena itu, *Biodegradable Foam* berbasis pati sagu dan selulosa ampas tebu berpotensi menjadi alternatif pengganti *styrofoam*, terutama untuk aplikasi kemasan sekali pakai, dengan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan sifat fisik dan mekaniknya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Rasio pati sagu:selulosa ampas tebu dan konsentrasi kitosan memengaruhi sifat fisik dan mekanik *Biodegradable Foam*. Formulasi optimum diperoleh pada rasio 80:20 dengan kitosan 6%, yang menghasilkan kuat tarik 0,7213 MPa, daya serap air 15,92%, dan biodegradasi sebesar 62% selama 14 hari. *Biodegradable Foam* yang dihasilkan berpotensi menjadi alternatif *styrofoam* berbasis *polystyrene* karena bersifat lebih mudah terurai dan ramah lingkungan, meskipun karakteristik fisik dan mekaniknya belum sepenuhnya menyamai *styrofoam* konvensional.

Penelitian selanjutnya disarankan melakukan optimasi komposisi bahan dan kitosan serta karakterisasi tambahan, seperti analisis morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan pengujian sifat termal, untuk meningkatkan karakteristik dan potensi aplikasi *Biodegradable Foam* sebagai alternatif *styrofoam*.

DAFTAR REFERENSI

- Akmala, A., & Supriyo, E. (2020). Optimasi konsentrasi selulosa pada pembuatan biodegradable foam dari selulosa dan tepung singkong. *1*(1), 27–40.
- Anisya, M., Andriana, Y. F., & Islamsyah, H. (2020). Eksplorasi limbah ampas tebu (*bagasse*) untuk material produk ecofashion. *4*(1), 235–243.
- Astuti, M. P., & Kusumayanti, H. (2024). Karakterisasi biodegradable foam dari tepung tapioka dan ampas teh. *Jurnal Rekayasa Proses*, *18*, 1–8. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.80431>
- Azizati, Z., Nisa, U. R., & Haqiqi, A. K. (2024). Synthesis and characterization of biodegradable foam (biofoam) from taro starch (*Colocasia aesculenta*)-chitosan. *15*, 27–36. <https://doi.org/10.25077/jrk.v15i2.636>
- Chen, C., & Catchmark, J. M. (2025). Insoluble retrogradation-resistant starch-chitosan foams. 5477–5492. <https://doi.org/10.1007/s10924-025-03704-3>

- Dalimunthe, L., Rana, G., Ekasari, N., & Andriani, J. (2019). *Sagu (Metoxylon sagu Rottb.)* (E. Setyorini & S. Sutriswanto, Eds.). Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian.
- Dewi, R., Sylvia, N., & Riza, M. (2023). Pengaruh penambahan serat daun nanas pada karakteristik mekanis dan termal biofoam berbasis pati sagu dengan metode thermopressing. 6(1), 31–41.
- Engel, J. B., Ambrosi, A., & Tessaro, I. C. (2019). Development of biodegradable starch-based foams incorporated with grape stalks for food packaging. *Carbohydrate Polymers*, 225, 115234. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115234>
- Harmoji, W., Widi, I. K. A., & Sutrisno, T. A. (2022). Pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat mekanik komposit berpenguat serat praksok (*Cordyline australis*): Grafik rata-rata tegangan. 808–812.
- Hendrawati, N., Dewi, E. N., & Santosa, S. (2019). Karakterisasi biodegradable foam dari pati sagu termodifikasi dengan kitosan sebagai aditif. 3(9), 47–52. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v3i1.100>
- Kurniawan, D., Rezki, A. S., Wulandari, Y. R., Variyana, Y., & Farisan, F. (2025). Karakteristik biodegradable foam dari limbah kulit singkong menggunakan pendekatan metode biokatalis. *Journal of Pure and Applied Chemistry*, 8(3), 161–170. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v8i3.98603>
- Lestari, N., Julia, R. R. D., Subagyo, N., & Allo, V. L. (2022). Studi pirolisis ampas tebu dengan menggunakan instrumen pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry (Py-GC/MS). 129–135.
- Lucky, W. I., Nayan, A., Islami, N., & Rahman, A. (2023). Formulasi dan fabrikasi biofoam dari limbah padi sebagai pengganti styrofoam kemasan makanan dengan menggunakan teknik thermopress. 18(2), 59–63. <https://doi.org/10.36289/jtmi.v18i2.469>
- Malika Yuda, K., Saabira Aulia, K., Nugroho Aji, A., & Rahayu, S. (2025). Efektivitas pelepah pinang (*Areca catechu*) dan ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dalam pembuatan bio-styrofoam. 4(2), 432–439. <https://doi.org/10.64477/402432-439>
- Muharram, I. F. (2020). Penambahan kitosan pada biofoam berbahan dasar pati. 5(2). <https://doi.org/10.17509/edufortech.v5i2.28814>
- Mukarromah, S. B., & Maharani, K. D. (2025). Sintesis selulosa dari limbah ampas tebu (*Saccharum officinarum* L.) dengan metode hidrolisis asam dan ultrasonikasi. 14(1), 28–32.
- Mulyadi, I. (2019). Isolasi dan karakterisasi selulosa. 1(2), 177–182. <https://doi.org/10.32493/jsmu.v1i2.2381>
- Nababan, F. A., Nasution, H., & Masyithah, Z. (2025). Pemanfaatan selulosa dari ampas tebu (*Saccharum officinarum*) pada penyediaan bioplastik berbasis pati biji durian (*Durio zibethinus* Murr.) yang bersifat biodegradable. 14(2), 47–56. <https://doi.org/10.32734/jtk.v14i2.20594>
- Nurfitasari, I. (2018). Pengaruh penambahan kitosan dan gelatin terhadap kualitas biodegradable foam berbahan baku pati biji nangka (*Artocarpus heterophyllus*).
- Reba, A., & Silalahi, M. (2024). Pengetahuan lokal pengolahan sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) sebagai bahan pangan oleh masyarakat lokal Kampung Menawi Distrik Angkaisera

- Kabupaten Kepulauan Yapen. 3(2), 30–40. <https://doi.org/10.34005/bio-sains.v3i2.3147>
- Ruscahyani, Y., Oktorina, S., & Hakim, A. (2021). Pembuatan kulit jagung sebagai bahan pembuatan biodegradable foam. 14(1), 25–30. <https://doi.org/10.34151/technoscientia.v14i1.3295>
- Sarlinda, F., Hasan, A., & Ulma, Z. (2022). Pengaruh penambahan serat kulit kopi dan polivinil alkohol (PVA) terhadap karakteristik biodegradable foam dari pati kulit singkong: Effect of addition of coffee peel fiber and polyvinyl alcohol on characteristics of biodegradable foam from cassava peel starch. 4(2), 9–20. <https://doi.org/10.35970/jppl.v4i2.1430>
- Syawalia, N., & Ningtyas, R. (2023). Penambahan kitosan terhadap karakteristik biofoam pati umbi garut dan selulosa sekam padi. 2, 36–42.
- Utomo, N., & Solin, D. (2021). Bahaya tas plastik dan kemasan styrofoam. 2(2), 43–49. <https://doi.org/10.33005/jatekk.v2i2.43>
- Yanti, R., Drastinawati, & Yusnimar. (2018). Sintetis kitosan dari limbah cangkang kepiting dengan variasi suhu dan waktu pada proses deasetilasi. 5, 1–7.