

KARAKTERISTIK KEMASAN *BIODEGRADABLE FOAM* BERBASIS PATI JAGUNG DAN KULIT JAGUNG DENGAN TAMBAHAN KITOSAN MENGGUNAKAN METODE *THERMOPRESSING*

CHARACTERISTICS OF BIODEGRADABLE FOAM BASED ON CORN STARCH AND CORN HUSK WITH CHITOSAN USING THERMOPRESSING METHOD

Heri Rahman^{1*}, Agustania¹, M. N. Haitami¹

¹Program Studi Teknologi Pasca Panen Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363, Indonesia

*Email Penulis korespondensi: herirahman029@itb.ac.id

Abstrak

Biodegradable foam merupakan kemasan ramah lingkungan sebagai alternatif pengganti *styrofoam*. *Biodegradable foam* berbasis pati maizena dengan tambahan serbuk kulit jagung, polivinil alkohol (PVA), dan magnesium stearat mampu meningkatkan kekuatan mekanis dan mengurangi daya serap air. Namun, *Biodegradable foam* memiliki kekurangan dari segi kekuatan mekanis dan daya serap air. Penambahan kitosan dapat meningkatkan kekuatan mekanis dan mengurangi daya serap air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi kitosan terbaik sebagai zat yang mampu meningkatkan kekuatan mekanis dan mengurangi daya serap air *biodegradable foam*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan empat ulangan. Konsentrasi kitosan yang digunakan pada penelitian ini antara lain 0%, 7%, 8%, 9%, dan 10%. Data yang didapatkan, dianalisis menggunakan uji ANOVA dengan taraf signifikansi 5% dan uji lanjut Tukey. Penelitian diawali dengan pembuatan serbuk kulit jagung dengan cara delignifikasi kulit jagung dan dilanjutkan dengan pencetakan. Setelah kemasan berhasil dicetak, dilakukan beberapa pengujian antara lain, kerapatan, daya serap air, kadar air, kuat tarik, dan degradabilitasnya. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa *biodegradable foam* dengan konsentrasi kitosan 10% merupakan *biodegradable foam* dengan karakteristik terbaik karena memiliki kuat tarik sebesar 1,37 MPa, kerapatan sebesar 0,274 g/cm³, kadar air 0,27%, daya serap air 75,97%, dan tingkat degradabilitasnya sebesar 48,95%.

Kata-Kata Kunci: *Biodegradable foam*, *Styrofoam*, Kitosan, Kekuatan mekanis

Abstract

Biodegradable foam is an environmentally friendly packaging as an alternative to Styrofoam. Corn starch-based biodegradable foam with the addition of corn husk powder, polyvinyl alcohol (PVA), and magnesium stearate can increase mechanical strength and reduce water absorption. However, biodegradable foam has shortcomings in terms of mechanical strength and water absorption. The addition of chitosan can increase mechanical strength and reduce water absorption. This study aims to determine the best chitosan concentration as a substance that can increase mechanical strength and reduce water absorption of biodegradable foam. This study used a completely randomized design (CRD) with five treatments and four replicates. The chitosan concentrations used in this study include 0%, 7%, 8%, 9%, and 10%. The data obtained were analyzed using ANOVA test with 5% significance level and Tukey's further test. The research began with the preparation of corn husk powder by delignifying the corn husk and continued with molding. After the packaging was successfully printed, several tests were carried out, including density, water absorption, water content, tensile strength, and degradability. After testing, it was found that biodegradable foam with 10% chitosan concentration is the biodegradable foam with the best characteristics because it has a tensile strength of 1.37 MPa, a density of 0.274 g/cm³, a moisture content of 0.27%, a water absorption of 75.97%, and a degradability rate of 48.95%.

Keywords: Biodegradable foam, Styrofoam, Chitosan, Mechanical strength

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil sampah yang cukup tinggi. Pada tahun 2021, Indonesia menghasilkan timbulan sampah sebesar 13,84 juta ton/tahun. Terjadi peningkatan timbulan sampah pada tahun 2022 dengan timbulan sampah 18,44

juta ton/tahun, sedangkan pada tahun 2023 sebanyak 17,78 juta ton/tahun. Plastik menempati posisi kedua komposisi sampah berdasarkan jenis sampah sebesar 19,71%. Posisi tersebut masih kalah jauh dengan sampah sisa makanan yang memiliki nilai 39,27% (SIPSN, 2024).

Sampah plastik merupakan salah satu sampah yang berbahaya, baik untuk kesehatan maupun bagi lingkungan. Meskipun jumlahnya tak sebanyak sampah sisa makanan, sampah plastik merupakan sampah yang sulit terurai. Salah satu jenis sampah plastik yang susah terurai adalah *styrofoam*. *Styrofoam* merupakan kemasan plastik yang sering digunakan untuk mengemas produk makanan seperti buah-buahan, sayur-sayuran, dan lain-lain. *Styrofoam* terdiri dari rantai panjang molekul polistiren dan bukan sumber makanan mikroorganisme, hal inilah yang membuat *styrofoam* sulit terurai secara alami (Wirahardi, 2017).

Masalah lingkungan dan masalah kesehatan yang berkepanjangan tidak seharusnya dipertahankan. Perlu adanya inovasi kemasan ramah lingkungan sebagai alternatif pengganti *styrofoam* sebagai kemasan produk makanan. *Biodegradable foam* merupakan upaya yang dapat dilakukan untuk menciptakan alternatif pengganti *styrofoam*. *Biodegradable foam* memiliki keunggulan-keunggulan yang tidak dimiliki oleh *styrofoam*. *Biodegradable foam* memiliki karakteristik mudah terurai oleh tanah dan aman untuk kemasan makanan (Sarito et al., 2022).

Biodegradable foam memiliki alasan mengapa memiliki karakteristik sama dengan *styrofoam*, namun mudah terurai oleh tanah dan aman untuk kemasan makanan. Hal ini disebabkan karena *Biodegradable foam* menggunakan bahan alami seperti pati sebagai komposisi utama. Salah satu pati yang terbaik yang dapat digunakan untuk pembuatan *biodegradable foam* adalah pati maizena. Pati maizena merupakan polimer alami yang berguna sebagai pengikat yang memiliki kandungan pati sebesar 86,7% (Utomo et al., 2017) dengan komposisi amilosa sekitar 12,28%-27,38% dan kadar amilopektin sebesar 72,61%-87,71% (Fajiah et al., 2020). Nilai tersebut merupakan kadar pati yang tergolong tinggi jika dibandingkan dengan jenis tepung lainnya seperti pati tepung terigu, sagu, beras, dan lain-lain. Disisi lain tepung pati maizena ini memiliki harga yang ekonomis dan ketersediaannya yang sangat banyak. Namun, adonan yang terbentuk hanya dengan pati saja masih menimbulkan rongga-rongga kosong yang mengakibatkan struktur *biodegradable foam* belum terbilang kokoh. Diperlukan zat yang mampu memperkuat struktur *biodegradable foam*, salah satunya serat alami.

Kulit jagung merupakan serat alami yang cukup mudah dijumpai dan masih dianggap sebagai limbah bagi sebagian besar orang. Pada tahun 2020, produksi jagung di Indonesia mencapai 20 juta ton/tahun (Kementerian Pertanian, 2020). Dari sekian banyak jagung yang diproduksi tersebut, banyak sekali kulit jagung yang akan terbuang menjadi limbah dan tidak dimanfaatkan. Kulit jagung berguna sebagai penguat struktur karena memiliki selulosa tinggi yaitu 44,08% (Ruscahyani, 2020). Disisi lain, kulit jagung belum memiliki zat yang bersifat hidrofobik. Diperlukan zat tambahan yang mampu membuat *biodegradable foam* menjadi lebih sedikit menyerap air.

Kitosan merupakan biopolimer yang dapat ditambahkan untuk membantu meningkatkan kualitas *biodegradable foam*. Kitosan berasal dari kitin yang mampu didapatkan dari berbagai limbah seperti kulit udang. Penambahan kitosan mampu memperbaiki daya serap air dan kuat tarik *biodegradable foam*. Semakin tinggi konsentrasi kitosan maka daya serap airnya semakin rendah (Hendrawati et al., 2019). Karakteristik kuat tarik, daya serap air, dan biodegradabilitas pada *biodegradable foam* tertinggi pada konsentrasi kitosan 6,5% dari beberapa konsentrasi lain yaitu 0%, 2%, 3,5%, dan 5% (Nurfitsari, 2018). Penelitian lainnya, menyebutkan bahwa konsentrasi

kitosan 10% pada *biodegradable foam* memiliki nilai karakteristik kuat tarik, daya serap air, dan biodegradabilitas yang paling baik diantara konsentrasi kitosan 0%, 20%, dan 30% (Hendrawati et al., 2017).

Pembuatan *biodegradable foam* dapat dilakukan dengan beberapa cara. *Thermopressing* merupakan salah satu metode yang sangat cocok jika ingin menghasilkan foam berbentuk kemasan. *Thermopressing* memanfaatkan dua besi panas yang membentuk sebuah kemasan yang diinginkan. Adonan yang dimasukkan akan mengembang menyesuaikan cetakan *thermopressing*. Metode *thermopressing* menghasilkan bentuk *biodegradable foam* yang lebih potensial untuk kemasan produk jika dibandingkan metode ekstrusi, *baking process*, dan *microwave* (Saleh et al., 2014). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi kitosan terbaik sebagai zat yang mampu meningkatkan kekuatan mekanis *biodegradable foam* berdasarkan parameter nilai kerapatan, kadar air, kuat tarik, daya serap air, dan degradabilitas.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan empat ulangan. Perlakuan pada penelitian ini adalah konsentrasi kitosan dengan variasi kitosan 0%, kitosan 7%, kitosan 8%, kitosan 9%, dan kitosan 10%. Variabel yang akan diuji antara lain kerapatan, kadar air, daya serap air, kuat tarik, dan degradabilitas. Setiap perlakuan memiliki kode perlakuan yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 1. Kode perlakuan

Kode	Perlakuan
K1	Kitosan 0%
K2	Kitosan 7%
K3	Kitosan 8%
K4	Kitosan 9%
K5	Kitosan 10%

Pembuatan *Biodegradable Foam*

Kulit jagung yang akan menjadi serbuk harus dihilangkan terlebih dahulu lignin yang terkandung dengan cara delignifikasi menggunakan NaOH 10%. Kulit jagung disiapkan dan dibersihkan menggunakan air mengalir. Kulit jagung dipotong-potong menjadi ukuran 1-3 cm². Pemotongan dilakukan agar memudahkan dalam proses pembuatan serbuk kulit jagung. Kulit jagung perlu dibersihkan lebih lanjut dengan melakukan perendaman terhadap kulit jagung selama 12 jam menggunakan air panas diatas *hot plate* (pre-hidrolisis) dengan suhu 110 °C. Setelah 12 jam, tiriskan kulit jagung dan bersihkan dari kotoran yang menempel. Siapkan NaOH 10% dengan melarutkan 100 gram NaOH berbentuk kristal dalam 1 liter aquades sembari dipanaskan diatas *hot plate* dengan suhu 110 °C. Masukkan kulit jagung yang sudah bersih selama 30 menit. Setelah cairan berwarna coklat, tiriskan kulit jagung dan bilas menggunakan air mengalir. Kulit jagung dikeringkan menggunakan dehidrator selama 12 jam dalam suhu 60 °C. Setelah kering, kulit jagung dipotong-potong dan dihaluskan menggunakan blender dan disaring menggunakan saringan 60 mesh.



Gambar 1. Proses delignifikasi kulit jagung (a); Serbuk kulit jagung (b)

Adonan *biodegradable foam* dibuat dengan komposisi, sebagai berikut: pati maizena 80%, polivinil alkohol (PVA) 12%, magnesium stearat 5%, dan serbuk kulit jagung 3%. Tambahkan kitosan sesuai perlakuan (K1 = Kitosan 0%; K2 = Kitosan 7%; K3 = Kitosan 8%; K4 = Kitosan 9%; dan K5 = Kitosan 10%) dari total berat kering. Adonan kering diaduk hingga merata, lalu ditambahkan aquades sebanyak 100% terhadap adonan kering (1:1). Siapkan cetakan aluminium dengan ukuran 10x10x0,8 cm³, lalu masukkan adonan basah. Biodegradable foam dicetak menggunakan alat *compression molding* dengan tekanan 4 Mpa dengan suhu 180 °C selama 5 menit. *Biodegradable foam* didiamkan selama 24 jam dan pengujian bisa langsung dilakukan.

Pengujian Kerapatan

Pengujian kerapatan menggunakan metode ASTM D 792-08 (Darni et al., 2021). *Biodegradable foam* dipotong menggunakan gunting menjadi ukuran 3,5 x 3,5 cm². Tebal sampel dihitung menggunakan mikrometer sekrup. Hitung kerapatan menggunakan rumus berikut:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan :

ρ = Massa jenis/Kerapatan (g/cm³)

m = Massa (g)

v = Volume (cm³)

Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air menggunakan metode ASNT NBR ISO 535 2014 (Darni et al., 2021). *Biodegradable foam* dipotong menggunakan gunting menjadi ukuran 3,5 x 3,5 cm². Siapkan timbangan dan timbang bobot awal *foam*. Siapkan air dalam wadah kira-kira hingga *biodegradable foam* mampu terendam dengan sempurna, *foam* direndam selama 1 menit. Setelah 1 menit, angkat *foam* dan tiriskan dengan cara diangin-anginkan. Timbang bobot akhir *foam* dan hitung nilai daya serap air menggunakan rumus berikut:

$$DSA(\%) = \frac{b - a}{a} \times 100\%$$

Keterangan :

DSA = Daya serap air (%)

a = Berat awal sampel (g)

b = Berat akhir sampel (g)

Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik menggunakan metode D638-02A-2002 (Ruscahyani, 2020). Kuat tarik *biodegradable foam* diukur menggunakan alat *mechanical universal testing machine*. *Biodegradable foam* dipotong menggunakan gunting menjadi ukuran 3.5 x 8 cm². Kedua ujung sampel dijepit dengan mesin, atur kecepatan tarikan sebesar 5mm/s. *Foam* ditarik oleh mesin dan hitung kekuatan tariknya dengan rumus berikut:

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

Keterangan :

σ = Kuat tarik (N/mm²)

F_{maks} = Tegangan maksimum (N)

A = Luas permukaan (mm²)

Pengujian Degradabilitas

Pengujian degradabilitas dilakukan menggunakan metode *Soil Burial Test* (Nurfitsari, 2018). *Biodegradable foam* dipotong menggunakan gunting menjadi ukuran 3,5 x 3,5 cm². Siapkan timbangan dan timbang bobot awal *foam*. Tanam *foam* didalam tanah humus selama 12 hari. Setiap 2 hari, *biodegradable foam* ditimbang bobotnya. Timbang *foam* dan hitung tingkat biodegradabilitasnya dengan rumus berikut:

$$\text{Kehilangan berat (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan :

W_0 = Berat awal sampel (g)

W_1 = Berat akhir sampel (g)

Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air menggunakan metode TAPPI T 412 om-16 (Petković et al., 2019). Sampel dihaluskan menggunakan alu dan mortar, lalu ambil 1 gram dan letakkan ke dalam cawan petri. Timbang cawan beserta sampelnya. Masukkan kedalam oven dengan suhu 105 °C selama 6 jam. Timbang cawan beserta sampel yang sudah dikeringkan. Hitung kadar air dengan rumus berikut:

$$KA (\%) = \frac{C_1 - C_2}{m} \times 100\%$$

Keterangan :

C_1 = Berat awal cawan + sampel (g)

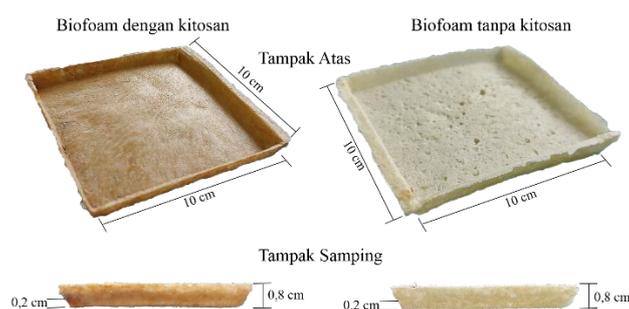
C_2 = Berat akhir cawan + sampel (g)

m = Berat sampel (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kenampakan *Biodegradable Foam*

Biodegradable foam merupakan kemasan alternatif pengganti *styrofoam*. Terbuat dari bahan-bahan alami membuat *biodegradable foam* dianggap mampu mengatasi masalah sampah akibat penggunaan *styrofoam*. Bentuk *biodegradable foam* memiliki bentuk yang menyerupai *styrofoam*. *Biodegradable foam* digunakan untuk mengemas produk pertanian seperti buah-buahan dan sayur-sayuran. *Biodegradable foam* yang telah digunakan dapat langsung dibuang ke alam tanpa harus memikirkan dampak negatif yang ditimbulkan. *Biodegradable foam* merupakan kemasan ramah lingkungan yang mampu terurai oleh tanah.



Gambar 2. Kenampakan *biodegradable foam*

Biodegradable foam terbuat dari beberapa unsur, antara pati maizena, polivinil alkohol, magnesium stearat, serbuk kulit jagung, aquades, dan kitosan. Semua bahan dicampur hingga merata hingga menjadi adonan yang siap dicetak. Alat yang digunakan untuk mencetak *biodegradable foam* adalah *compression molding*. *Compression molding* sangat cocok untuk *biodegradable foam* yang akan digunakan sebagai kemasan produk pertanian. *Compression molding* mampu membentuk kemasan sesuai dengan yang diinginkan. Prinsip dari alat ini adalah mencetak kemasan menggunakan suhu dan tekanan tertentu. Suhu dan tekanan yang digunakan, antara lain 180 °C dan 4 MPa selama 5 menit. Perlu adanya cetakan untuk membentuk adonan menjadi sebuah kemasan. *Biodegradable foam* yang dicetak menggunakan alat *compression molding* akan berbentuk menyerupai cetakan. *Biodegradable foam* yang dihasilkan dari proses pencetakan, berukuran 10 cm x 10 cm x 0,8 cm dengan bobot 7 - 9 gram dan tebal 0,2 cm.

Penambahan kitosan pada adonan membuat perbedaan dari segi kenampakan. *Biodegradable foam* tanpa menggunakan kitosan memiliki warna lebih cerah dibandingkan *biodegradable foam* yang ditambah kitosan. Perubahan warna yang terjadi pada *biodegradable foam* disebut dengan *browning*. *Browning* merupakan reaksi kimia non-enzimatik yang menghasilkan senyawa berwarna selama proses pencetakan. *Browning* merupakan efek yang ditimbulkan dari reaksi *maillard* dan/atau karamelisasi. *Maillard* merupakan reaksi yang terjadi ketika asam amino/protein/senyawa yang mengandung nitrogen dipanaskan pada suhu tertentu (Tamanna & Mahmood, 2015). Sedangkan karamelisasi adalah reaksi yang terjadi ketika karbohidrat dipanaskan pada suhu tertentu (Siskawardani et al., 2021). *Biodegradable foam* yang menggunakan kitosan mengalami kedua reaksi tersebut karena terdapat karbohidrat pada tepung dan nitrogen pada kitosan sehingga menyebabkan proses *browning* berlangsung lebih cepat. Nitrogen pada kitosan berasal dari gugus fungsi amin, kitosan memiliki rantai polisakarida $\beta(1-4)$ -2-amino-2-deoksi-D-glukosa (Sartika et al., 2016).

Analisis Statistik

Analisis statistik sangat diperlukan agar data yang kita dapatkan berdasarkan hasil penelitian mampu diterjemahkan dengan bahasa statistik. Metode statistik yang digunakan untuk menentukan perbedaan signifikan terhadap populasi data yang dihasilkan dari penelitian ini adalah ANOVA (*Analysis of Variance*). Hasil data pengujian dianalisis menggunakan *one way* ANOVA untuk melihat signifikansi terhadap perlakuan yang dilakukan. Hasil uji ANOVA setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Analisis modul respon untuk setiap pengujian

Pengujian	P-Value	R ² (%)
Kuat tarik	0,000	81,73
Kerapatan	0,599	15,86
Kadar air	0,415	21,87
Daya serap air	0,000	93
Degradabilitas	0,703	12,75

Koefisien determinasi (R²) merupakan nilai yang menyatakan keberpengaruhannya variabel bebas terhadap variabel respon yang diuji. Koefisien determinasi (R²) memiliki nilai 0-100%. Semakin tinggi nilai koefisien determinasi mengindikasikan bahwa variabel bebaslah yang menyebabkan perbedaan nilai pada variabel respon. Berdasarkan Tabel 2, pengujian kuat tarik dan daya serap air memiliki nilai R² yang tinggi yaitu 81,73% dan 93%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar perubahan nilai pada pengujian disebabkan oleh perubahan variasi kitosan. Sedangkan pada nilai kerapatan dan kadar air memiliki nilai R² yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan variasi kitosan tidak mempengaruhi nilai pada pengujian tersebut. Terdapat anomali pada nilai koefisien determinasi uji degradabilitas. Standar deviasi yang tinggi pada data pengujian degradabilitas mengakibatkan nilai koefisien determinasi (R²) menjadi rendah.

P-value adalah nilai yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan kesesuaian hipotesis dengan hasil penelitian. Pada penelitian ini menggunakan alpha (α) 5%, jika nilai *p-value* kurang dari 5% maka H₀ ditolak. H₀ menyatakan seluruh perlakuan tidak menunjukkan perbedaan signifikan. H₀ ditolak berarti terdapat perbedaan yang signifikan (Qurnia Sari et al., 2017). Perlu adanya uji lanjutan untuk melihat seberapa signifikan hasil penelitian yang dilakukan. Uji lanjut menggunakan uji lanjut Tukey dengan taraf kepercayaan 95% untuk menentukan perbedaan signifikansi antar kelompok perlakuan. Berdasarkan Tabel 2, pengujian kuat tarik dan daya serap air yang memiliki nilai *p-value* kurang dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat keberagaman pada nilai kuat tarik dan daya serap air. Sedangkan nilai *p-value* pengujian kerapatan dan kadar air melebihi 0,05. Hal ini berarti tidak terdapat keberagaman pada nilai pengujian tersebut. Hasil penelitian beserta hasil uji lanjut tertera pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian dari setiap variabel

Kode Perlakuan	Kuat tarik (MPa)	Kerapatan (g/cm ³)	Kadar air (%)	Daya serap air (%)	Degradabilitas (%)
K1	0,60 ± 0,16d	0,233 ± 0,027a	0,19 ± 0,07a	177,51 ± 12,69a	81,57 ± 28,56a
	0,81 ± 0,07cd	0,241 ± 0,014a	0,23 ± 0,04a	129,74 ± 7,34b	65,2 ± 40,9a

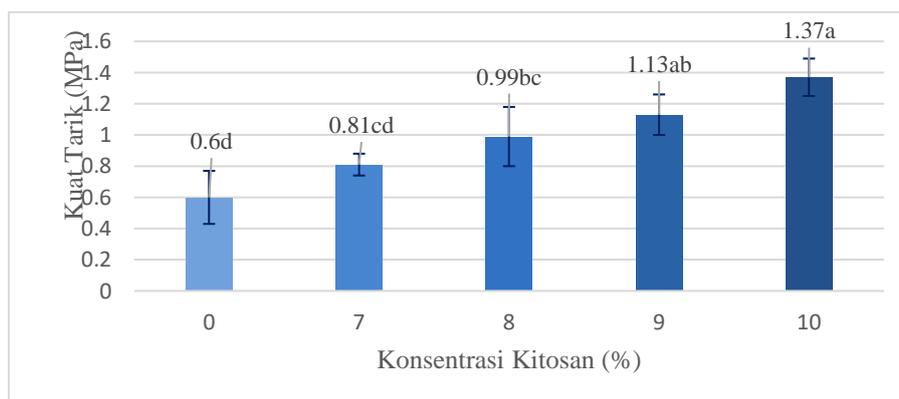
K3	0,99 ±	0,244 ±	0,23 ±	98,60 ±	57,81 ±
	0,19bc	0,016a	0,02a	8,66c	30,17a
K4	1,13 ±	0,253 ±	0,20 ±	82,72 ±	53,62 ±
	0,12ab	0,020a	0,02a	6,75c	32,34a
K5	1,37 ±	0,274 ±	0,27 ±	75,97 ±	48,95 ±
	0,12a	0,023a	0,04a	9,54c	11,58a

Keterangan:

- a) Nilai yang tertera pada tabel merupakan nilai rata-rata ± standar deviasi dari 5 kali pengulangan yang dilakukan.
 b) Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menggambarkan perbedaan yang signifikan pada Uji Tukey

Analisis Kuat Tarik

Biodegradable foam sebagai kemasan perlu bersifat kuat dan tidak mudah rusak. Kemasan yang kuat menghindari kerusakan yang dialami kemasan, baik saat pengepakan maupun pada saat digunakan untuk mengemas makanan. Semakin tinggi kekuatan *biodegradable foam*, kualitasnya juga menjadi lebih bagus. Kemasan yang kuat dan tidak mudah rusak mampu mempertahankan kualitas produk yang dikemas. Kerusakan pada kemasan mampu menyebabkan penurunan kualitas produk. Mikroba dan oksigen mampu masuk kedalam kemasan melalui retakan atau kerusakan. Selain hal tersebut, kerusakan pada kemasan mampu mengurangi minat pembeli dalam hal estetika. Kemasan yang rusak dapat menurunkan minat para pembeli.



Gambar 3. Persentase kuat tarik *biodegradable foam*

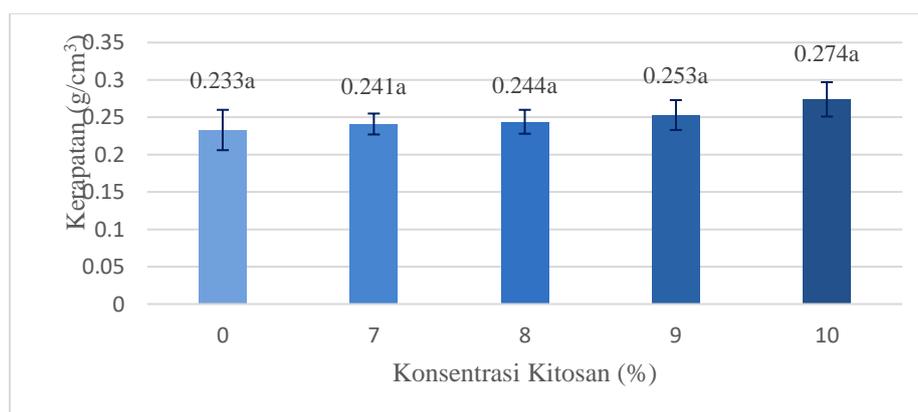
Kekuatan tarik *biodegradable foam* yang diuji berada pada rentan 0,6 – 1,37 MPa, nilai terendah terdapat pada *biodegradable foam* tanpa menggunakan kitosan (K1) dan nilai tertinggi terdapat pada *biodegradable foam* menggunakan kitosan 10% (K5). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan maka semakin tinggi pula kekuatan tarik *biodegradable foam*. Berdasarkan hasil ANOVA pada Tabel 3., diperoleh signifikansi kurang dari 0,05 ($p < 0,05$) yang berarti terdapat keragaman dari setiap perlakuan. Dilakukan uji lanjut menggunakan uji Tukey dengan taraf nyata 5%. Didapatkan hasil bahwa *biodegradable foam* dengan menggunakan kitosan 10% (K5) tidak berbeda nyata dengan *biodegradable foam* dengan kitosan 9% (K4). Namun, *biodegradable foam* dengan kitosan 10% (K5) berbeda nyata dengan *biodegradable foam* dengan kitosan 8% (K3). Meskipun *biodegradable foam* dengan 9% (K4) tidak berbeda nyata dengan *biodegradable foam* dengan kitosan 10% (K5), *biodegradable foam* dengan kitosan 9% (K4) tidak berbeda nyata juga dengan *biodegradable foam* menggunakan kitosan 8% (K3). Hal ini menjadi alasan bahwa perlakuan terbaik pada

pengujian kuat tarik adalah perlakuan *biodegradable foam* dengan menggunakan kitosan 10% (K5) dengan nilai kuat tarik sebesar 1,37 MPa. Nilai tersebut sudah jauh melebihi standar kuat tarik untuk *styrofoam* EPS Industry (ASTM C578 Tipe 1) yaitu minimal sebesar 10 psi atau sebesar 0,69 MPa.

Biodegradable foam yang ditambahkan kitosan mampu menambah kekuatan mekanisnya. Adanya ikatan hidrogen antara kitosan dengan amilosa dan amilopektin pada pati membuat kekuatan *biodegradable foam* menjadi bertambah kuat. Kitosan merupakan hasil dari deasetilasi kitin yang memiliki rantai polisakarida $\beta(1-4)$ -2-amino-2-deoksi-D-glukosa dengan rumus molekul $[C_6H_{11}NO_4]_n$ (Sartika et al., 2016). Kitosan memiliki gugus fungsi amin pada rantainya yaitu amino. Nitrogen pada amino dapat berikatan dengan hidrogen yang berada di dalam amilosa dan amilopektin membentuk ikatan hydrogen (Hendrawati et al., 2017). Hal inilah yang membuat *biodegradable foam* yang ditambahkan kitosan memiliki nilai kuat tarik yang lebih tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan maka semakin tinggi pula kekuatan tariknya, seperti yang ditunjukkan Gambar 3. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurfitasari (2018), terjadi peningkatan kuat tarik dari 0,4-1,1 MPa pada *biodegradable foam* berbasis pati biji nangka dan gelatin dengan konsentrasi kitosan 0-6,5% (Nurfitasari, 2018). Penelitian Hendrawati dkk. (2019) menunjukkan peningkatan nilai kuat tarik dari 0,15-1,5 MPa pada *biodegradable foam* berbasis pati sagu dengan konsentrasi kitosan 5-15% (Hendrawati et al., 2019).

Analisis Kerapatan

Kemasan merupakan alat bantu untuk melindungi dan mempromosikan suatu produk. Salah satu indikator kemasan yang baik adalah bobot kemasan. Kemasan yang baik adalah kemasan yang memiliki bobot yang ringan namun masih memiliki fungsi yang baik sebagai kemasan. Tinggi rendah bobot suatu kemasan dipengaruhi oleh kerapatan bahan penyusun kemasan tersebut. Kerapatan merupakan nilai massa persatuan volume. Semakin besar nilai massa dalam volume yang sama, maka akan semakin berat bobot kemasan tersebut. *Biodegradable foam* sebagai kemasan harus memiliki bobot yang tidak terlalu berat. Semakin berat suatu kemasan, maka penggunaan bahan baku semakin tinggi pula. Hal ini menyebabkan biaya untuk membuat kemasan semakin tinggi.



Gambar 4. Persentase kerapatan *biodegradable foam*

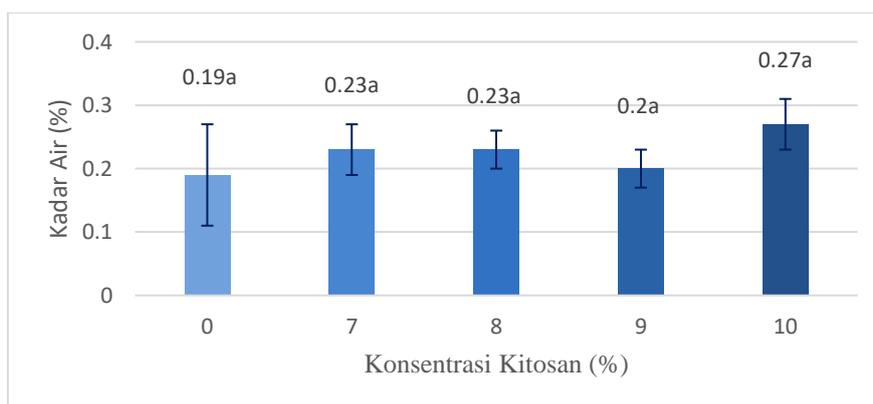
Kerapatan *biodegradable foam* yang diuji berada pada rentan 0,233 – 0,274 g/cm³, nilai terendah terdapat pada *biodegradable foam* tanpa menggunakan kitosan (K1) dan nilai tertinggi terdapat pada *biodegradable foam* menggunakan kitosan 10% (K5). Jika dilihat dari nilai yang dihasilkan, perbedaan konsentrasi kitosan tidak memberikan

efek yang besar terhadap nilai kerapatan. Nilai kerapatan yang dihasilkan sudah memenuhi standar kerapatan untuk *styrofoam* EPS Industry (ASTM C578 Tipe 1), yaitu minimal sebesar $0,015 \text{ g/cm}^3$. Kerapatan yang didapatkan juga sesuai dengan penelitian Marlina dkk. (2021) dimana kerapatan *biodegradable foam* berada diantara $0,18 - 0,48 \text{ g/cm}^3$ (Marlina et al., 2021). Berdasarkan hasil ANOVA pada Tabel 3., diperoleh signifikansi lebih dari $0,05$ ($p > 0,05$) yang berarti tidak terdapat keragaman dari setiap perlakuan. Hal ini merupakan hasil yang baik, dengan kerapatan yang tidak berbeda jauh dapat menghasilkan kekuatan yang berbeda secara signifikan. Nilai kerapatan yang didapat sudah sesuai dengan penelitian Marlina dkk. (2021) yang menyatakan bahwa nilai kerapatan *biodegradable foam* berbasis pati singkong berkisar antara $0,18-0,48 \text{ g/cm}^3$ (Marlina et al., 2021).

Biodegradable foam yang ditambahkan kitosan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kerapatan. Adapun perbedaan hasil kerapatan yang dihasilkan dikarenakan kitosan yang ditambahkan berikatan dengan komposisi adonan lain, hal ini membuat biofam lebih padat (Hendrawati et al., 2017). Penambahan kitosan hanya sebagai zat untuk menambah kekuatan pada *biodegradable foam* dengan cara terciptanya ikatan hidrogen. Kitosan bukan sebagai *filler* pengisi ruang kosong yang mampu meningkatkan kerapatan. Perbedaan kerapatan dapat disebabkan oleh bahan penyusun yang berguna sebagai *filler* seperti PVA. Menurut Darni dkk. (2021), penambahan PVA pada *biodegradable foam* berpengaruh terhadap nilai kerapatan, hal ini dikarenakan PVA berperan sebagai *filler* (Darni et al., 2021).

Analisis Kadar Air

Kadar air kemasan merupakan besaran kandungan air yang terdapat pada kemasan. Kadar air merupakan unsur yang tidak kalah penting untuk suatu kemasan. Khususnya kemasan buah-buahan, kadar air kemasan harus diperhatikan. Semakin tinggi air yang terkandung pada kemasan, semakin tinggi juga resiko tercemar mikroba. Lingkungan yang lembab merupakan suasana yang cocok untuk mikroba bisa tumbuh. Adanya mikroba yang tumbuh mengakibatkan kualitas buah-buahan yang dikemas menjadi menurun. Oleh karena itu, kelembaban kemasan harus diperhatikan agar produk mampu bertahan lebih lama dan tampilan kemasan tidak terjadi perubahan.



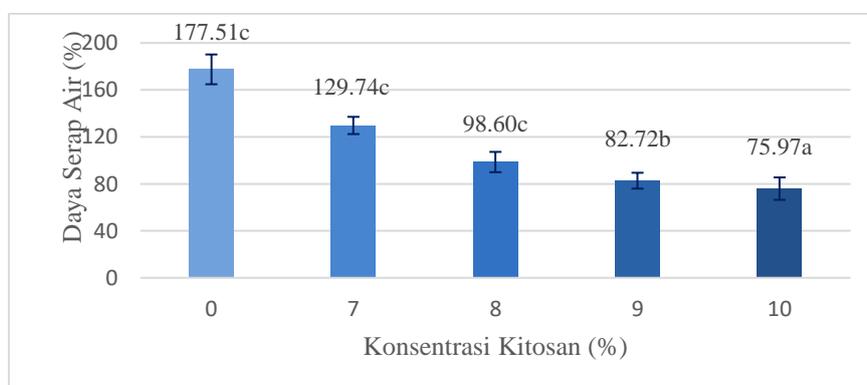
Gambar 5. Persentase kadar air *biodegradable foam*

Kadar air *biodegradable foam* yang diuji berada pada rentang $0,19 - 0,27 \%$. Nilai kadar air perlakuan satu dengan yang lainnya tidak terlihat perbedaan yang signifikan. Berdasarkan hasil ANOVA pada Tabel 3, diperoleh signifikansi lebih dari $0,05$ ($p > 0,05$) yang berarti tidak terdapat keragaman dari setiap perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi kitosan tidak secara signifikan mempengaruhi kadar air

biodegradable foam. *Biodegradable foam* yang ditambahkan kitosan tidak mempengaruhi kandungan air dalam *biodegradable foam*. Besar kecilnya kadar air dalam *biodegradable foam* disebabkan oleh kandungan air saat masih dalam bentuk adonan dan waktu pencetakan adonan. Dalam penelitian ini, waktu pencetakan dan air yang dimasukkan ke dalam adonan tidak ada perbedaan pada saat pencetakan. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan hasil kadar air yang tidak berbeda jauh antar perlakuan. Kadar air kemasan, khususnya kemasan buah-buahan sangatlah penting agar buah-buahan yang disimpan bertahan lama. Lingkungan yang lembab disukai oleh organisme yang mampu merusak kualitas produk (Solihin et al., 2015).

Analisis Daya Serap Air

Kemasan makanan khususnya buah-buahan harus dapat mempertahankan wujudnya selama mungkin. Salah satu hal yang mampu merusak kemasan adalah kemampuan kemasan menyerap air. Kemasan yang mudah menyerap air tidak baik untuk produk dan kemasan itu sendiri. Air yang diserap kemasan akan merusak struktur kemasan. Saat struktur kemasan rusak, inilah yang menyebabkan kualitas kemasan dan produknya menurun.



Gambar 6. Persentase daya serap air *biodegradable foam*

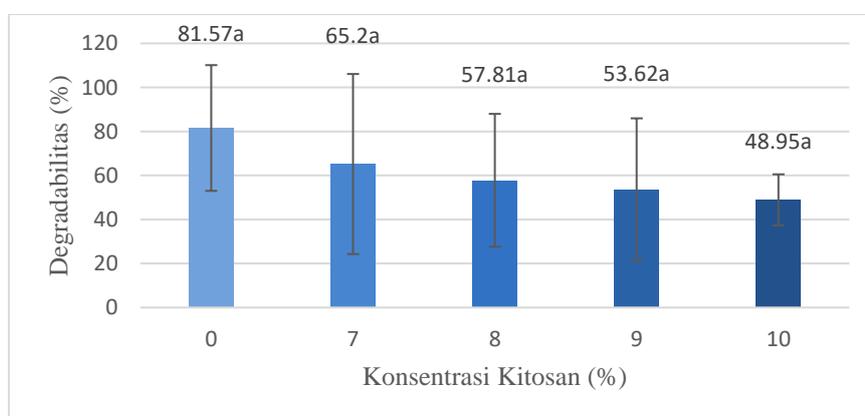
Berdasarkan hasil penelitian didapatkan data seperti pada gambar diatas. Daya serap air kemasan berada pada rentan 177,51-75,97%. Nilai tersebut masih terlalu tinggi jika dibandingkan dengan standar kemasan styrofoam. Standar daya serap air styrofoam menurut EPS Industry (ASTM C578 Tipe 1), yaitu harus <4%. Namun, jika dibandingkan dengan penelitian Hendrawati dkk. (2017) nilai daya serap air yang didapat sudah mendekati. Pada *biodegradable foam* berbasis pati jagung dengan konsentrasi kitosan 5-10% nilai daya serap airnya berada pada 60-80% (Hendrawati et al., 2017). Pada penelitian Hendrawati (2019), *biodegradable foam* berbasis pati sagu dengan konsentrasi kitosan 5-10% nilai daya serap airnya berada pada 40-57% (Hendrawati et al., 2019). Hasil ANOVA pada Tabel 3., diperoleh signifikansi kurang dari 0,05 ($p < 0,05$) yang berarti terdapat keragaman dari setiap perlakuan. Dilakukan uji lanjut menggunakan uji Tukey dengan taraf nyata 5%. Hasil uji lanjut menyatakan bahwa *biodegradable foam* dengan kitosan 10% (K5) daya serap air terkecil, yaitu 75,97% tidak berbeda nyata dengan *biodegradable foam* dengan kitosan 9% dan kitosan 8%, namun berbeda nyata dengan *biodegradable foam* dengan kitosan 7% dan tanpa kitosan. *Biodegradable foam* dengan kitosan 8%, 9%, dan 10% merupakan kemasan dengan daya serap air terbaik.

Kitosan yang ditambahkan pada *biodegradable foam* mempengaruhi daya serap air *biodegradable foam*. Penambahan kitosan pada *biodegradable foam* menciptakan ikatan hidrogen yang bersifat hidrofobik ((Nurfitsari, 2018);(Hendrawati et al., 2019); dan (Hendrawati et al., 2017)). Saat *biodegradable foam* dimasukkan kedalam air,

biodegradable foam sukar untuk mengikat air. Semakin tinggi kitosan, maka semakin banyak juga ikatan hidrogen yang tercipta, semakin tinggi pula ketahanan *biodegradable foam* terhadap penyerapan air. Hal ini sesuai dengan penelitian Hendrawati dkk. (2019), daya serap air pada *biodegradable foam* dengan kitosan konsentrasi 5%, 10%, dan 15% berturut-turut antara lain 58%, 40%, dan 36% (Hendrawati et al., 2019).

Analisis Degradabilitas

Biodegradable foam merupakan kemasan ramah lingkungan yang terbuat dari bahan-bahan alami yang mudah terurai. Sebagai kemasan ramah lingkungan, *biodegradable foam* harus memiliki sifat dapat terdegradasi. Sifat ini menjadikan *biodegradable foam* ramah lingkungan karena tidak menimbulkan masalah sampah dan juga aman bagi kesehatan manusia. Daya urai kemasan dan kekuatannya harus saling mengimbangi. Kemasan tidak boleh terlalu kuat karena akan sulit diurai oleh tanah, disisi lain kemasan juga tidak boleh terlalu mudah terurai karena bisa dipastikan bahwa kemasan tersebut kurang kuat/kokoh.



Gambar 7. Persentase degradabilitas *biodegradable foam*

Berdasarkan penelitian, tingkat degradabilitas yang diuji berada pada rentang 48,95–81,57%. Nilai tertinggi terdapat pada *biodegradable foam* tanpa menggunakan kitosan (K1) dan nilai terendah terdapat pada *biodegradable foam* menggunakan kitosan 10% (K5). Terlihat perbedaan yang cukup jauh antara *biodegradable foam* tanpa menggunakan kitosan (K1) dengan *biodegradable foam* menggunakan kitosan 10% (K5). Namun, berdasarkan hasil ANOVA pada Tabel 3, diperoleh signifikansi lebih dari 0,05 ($p > 0,05$) yang berarti tidak terdapat keragaman dari setiap perlakuan. Hal ini disebabkan oleh kejomplangan data yang tinggi, sehingga batas bawah ataupun batas atas menyinggung data yang lainnya. Tingkat degradabilitas di atas merupakan tingkat degradabilitas *biodegradable foam* selama 12 hari saja. Terurainya *biodegradable foam* hingga 100% dapat dihitung menggunakan perbandingan. *Biodegradable foam* dengan konsentrasi kitosan 0%, 7%, 8%, 9%, 10% dapat terurai secara sempurna dalam waktu 14 hari, 19 hari, 20 hari, 23 hari, dan 25 hari. Tingkat degradabilitas yang diperoleh *biodegradable foam* ini relatif lebih cepat dari pada *biodegradable foam* pada penelitian lain. Pada penelitian Nurfitasari (2018), *biodegradable foam* dengan konsentrasi kitosan 0-6,5% mampu terurai dalam waktu 23-38 hari (Nurfitasari, 2018). Sedangkan, pada penelitian Hendrawati (2019) *biodegradable foam* dengan konsentrasi 0-10% dapat terurai dalam waktu 26-32 hari (Hendrawati et al., 2019). Kemampuan *biodegradable foam* untuk dapat terurai pada penelitian ini sudah memenuhi standar *biodegradable foam* dari European Union (EN13432), yaitu *biodegradable foam* harus terurai 100% selama 6-9 bulan.

Tingkat degradabilitas *biodegradable foam* bergantung pada kekuatan dan daya serap airnya. Semakin tinggi tingkat kekerasan maka semakin lama pula *biodegradable foam* mampu terdegradasi. Begitu pun daya serap air, semakin rendah daya serap air maka semakin lama *biodegradable foam* mampu terdegradasi ((Nurfitsari, 2018);(Hendrawati et al., 2019); dan (Hendrawati et al., 2017)). Semakin banyak air yang diserap *biodegradable foam*, maka kekuatan *biodegradable foam* akan semakin rendah. Organisme pengurai yang berada di dalam tanah seperti cacing, rayap, jamur, dan organisme pengurai lainnya lebih menyukai *biodegradable foam* yang tidak keras dan memiliki kelembaban tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penambahan kitosan pada *biodegradable foam* mempengaruhi karakteristiknya, seperti kuat tarik, daya serap air, dan degradabilitas. Semakin tinggi konsentrasi kitosan maka *biodegradable foam* akan semakin kuat dan daya serap airnya menurun. Namun, semakin tinggi kitosan tingkat degradabilitasnya menurun. *Biodegradable foam* dengan konsentrasi kitosan 10% merupakan *biodegradable foam* dengan karakteristik terbaik karena memiliki kuat tarik sebesar 1,37 MPa, kerapatan sebesar 0,274 g/cm³, kadar air 0,27%, dan daya serap air 75,97%. Meskipun, memiliki tingkat degradabilitas yang rendah yaitu 48,95%.

Saran yang dapat penulis berikan antaralain perlu dilakukan pengujian lebih lanjut seperti pengujian kekuatan tekan dan pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) agar kualitas *biodegradable foam* lebih teridentifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Darni, Y., Aryanti, A., Utami, H., Lismeri, L., & Haviz, M. (2021). Kajian awal pembuatan biofoam berbahan baku campuran pati dan batang sorgum. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*, 2(2), 13–19. <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/42503>
- Faijah, Fadilah, R., & Nurmila. (2020). Perbandingan tepung tapioka dan sagu pada pembuatan briket kulit buah nipah (*Nypafruticans*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 6(2), 201–210.
- Hendrawati, N., Dewi, E. N., & Santosa, S. (2019). Karakterisasi biodegradable foam dari pati sagu termodifikasi dengan kitosan sebagai aditif. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 3(1), 47–52. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v3i1.100>
- Hendrawati, N., Lestari, Y. I., & Wulansari, P. A. (2017). Pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat biodegradable foam berbahan baku pati. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 12(1), 1–7. <https://doi.org/10.23955/rkl.v11i2.5002>
- Kementerian Pertanian. (2020). *Outlook jagung 2020: komoditas pertanian subsektor tanaman pangan*.
- Marlina, R., Kusumah, S. S., Sumantri, Y., Syarbini, A., Cahyaningtyas, A. A., & Ismadi, I. (2021). Karakterisasi komposit biodegradable foam dari limbah serat kertas dan kulit jeruk untuk aplikasi kemasan pangan. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 43(1), 1. <https://doi.org/10.24817/jkk.v43i1.6765>
- Nurfitsari, I. (2018). *Pengaruh penambahan kitosan dan gelatin terhadap kualitas biodegradable foam berbahan baku pati biji nangka (Artocarpus heterophyllus)*. Universitas Islam Negeri Alauddin.

- Petković, G., Vukoje, M., Bota, J., & Prepročić, S. P. (2019). Enhancement of polyvinyl acetate (PVAc) adhesion performance by SiO₂ and TiO₂ nanoparticles. *Coatings*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/coatings9110707>
- Qurnia Sari, A., Sukestiyarno, Y., & Agoestanto, A. (2017). Batasan prasyarat uji normalitas dan uji homogenitas pada model regresi linear. *Unnes Journal of Mathematics*, 6(2), 168–177. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- Ruscahyani. (2020). *Pemanfaatan kulit jagung sebagai bahan pembuatan biodegradable foam*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Saleh, M., Assagaf, M., Rodianawati, I., Warsiki, E., & Walandari, N. (2014). Penentuan proses terbaik pembuatan biofoam dari limbah pertanian lokal maluku utara. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2014*.
- Sarito, I. K., Hasojuwono, B. A., & Suwariani, N. P. (2022). Karakteristik biokomposit foam maizena dan glukomanan pada perlakuan konsentrasi campuran sorbitol dan TDI-80. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(4), 526–537. <https://doi.org/10.24843/jrma.2021.v09.i04.p09>
- Sartika, I. D., Alamsjah, A., & Sugijanto, N. (2016). Isolasi dan karakterisasi kitosan dari cangkang rajungan (*Portunus pelagicus*). *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 10(2), 98–112. <https://doi.org/10.20473/jbp.v18i2.2016.98-111>
- SIPSN. (2024). *Komposisi Sampah berdasarkan Jenis Sampah*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>
- Siskawardani, D. D., Warkoyo, W., & Onthong, J. (2021). Sweet bread chemical properties optimalization based on baking temperature and duration. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.20956/canrea.v4i1.416>
- Solihin, Sutrisna, R., & Muhtarudin. (2015). Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar air kualitas fisik dan sebaran jamur wafer limbah sayuran dan umbi-umbian. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 3(2), 48–54.
- Tamanna, N., & Mahmood, N. (2015). Food processing and maillard reaction products: Effect on human health and nutrition. *International Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1155/2015/526762>
- Utomo, L. I. V. ., Nurali, E., & Ludong, M. (2017). Pengaruh penambahan maizena pada pembuatan biskuit gluten free casein free berbahan baku tepung pisang goroho (*Musa acuminata*). *Jurnal Chemica*, 8(3).
- Wirahardi, M. (2017). Elemen interior berbahan baku pengolahan sampah styrofoam dan sampah kulit jeruk. *Jurnal Intra*, 5(2), 144–153.