

**PENGARUH KOSENTRASI DAUN KELADI TERHADAP
BIOKOMPOSIT *FOAM* TAPIOKA DAN KITOSAN**

***THE EFFECT OF TARO LEAF POWDER CONCENTRATION ON
TAPIOCA AND CHITOSAN-BASED BIOCOMPOSITE FOAM***

Ferdi Prayoga Putra¹⁾, Bambang Admadi Harsojuwono²⁾, I Wayan Arnata³⁾

^{1), 2), 3)}Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana,
Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia, Kode pos : 80361 : Telp/Fax : (0361) 701801

E-mail: bambang.admadi@unud.ac.id

ABSTRAK

Foam biokomposit hadir sebagai alternatif ramah lingkungan untuk menggantikan kemasan berbasis polimer sintesis yang sulit terurai di alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi serbuk daun keladi (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) terhadap sifat fisik dan mekanik biokomposit berbahan dasar tapioka dan kitosan, serta menentukan konsentrasi optimal yang menghasilkan kualitas foam terbaik. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan lima tingkat perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi, yakni 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%, yang masing-masing diuji dalam empat kelompok berdasarkan waktu pembuatan. Parameter yang diamati meliputi kekuatan tarik, ketahanan sobek, densitas, daya regang (perpanjangan putus), penyusutan tetap, ketebalan, laju pengembangan tebal (swelling), serta laju biodegradasi. Analisis data dilakukan menggunakan uji ANOVA yang dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil menunjukkan bahwa variasi konsentrasi serbuk daun keladi berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter yang diuji. Konsentrasi 2% memberikan hasil terbaik dengan kekuatan tarik sebesar 2,04 N/cm², ketahanan sobek 1,46 N/cm², densitas 0,22 g/ml, perpanjangan putus 2,77%, pampat tetap 17,28%, ketebalan 12,78 mm, pengembangan tebal 0,84%, dan biodegradasi selama 15,75 hari.

Kata kunci: Biokomposit *Foam*, Serbuk Daun Keladi, Tapioka, Kitosan

ABSTRACT

Biocomposite foam has emerged as an environmentally friendly alternative to replace synthetic polymer-based packaging that is difficult to decompose. This study aims to evaluate the effect of *Colocasia esculenta* (L.) Schott leaf powder concentration on the physical and mechanical properties of tapioca–chitosan-based biocomposite foam, as well as to determine the optimal concentration for producing the best-quality foam. A Completely Randomized Design (CRD) was applied with five treatments of leaf powder concentrations: 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, and 3%, each tested in four replications based on the foam preparation time. The observed parameters included tensile strength, tear resistance, density, elongation at break, permanent set, thickness, thickness swelling,



and biodegradability. Data were analyzed using ANOVA followed by a Least Significant Difference (LSD) test. The results showed that variations in leaf powder concentration had a significant effect on all tested properties. The optimal concentration of 2% yielded the best performance, with a tensile strength of 2.04 N/cm², tear resistance of 1.46 N/cm², density of 0.22 g/ml, elongation at break of 2.77%, permanent set of 17.28%, thickness of 12.78 mm, swelling of 0.84%, and biodegradation time of 15.75 days.

Keywords: Biocomposite Foam, Taro Leaf Powder, Tapioca, Chitosan

PENDAHULUAN

Styrofoam telah digunakan secara luas sebagai bahan kemasan karena sifatnya yang ringan, biaya produksi yang rendah, serta kemampuannya dalam melindungi produk secara efektif. Namun demikian, limbah *styrofoam* terus menimbulkan permasalahan lingkungan yang semakin serius di banyak negara dari tahun ke tahun (Namphonsane, 2023). Permasalahan ini muncul karena styrofoam memiliki sifat yang tidak dapat terurai secara alami (non-biodegradable) (Evode, 2021). Untuk mengatasi permasalahan ini, berbagai upaya dilakukan melalui pengembangan produk ramah lingkungan yang berkelanjutan, seperti bioplastik. Salah satu inovasi bioplastik yang saat ini sedang dikembangkan adalah *foam* biokomposit (Reviandi, pengaruh Perbandingan Sorbitol dan TDI-80 Terhadap Karakteristik Biokomposit Foam Maizena-Glikomanan, 2022). *Foam* biokomposit merupakan inovasi produk yang dirancang sebagai pengganti *styrofoam*, dengan menggunakan polimer alami sebagai bahan utamanya (Sarito, 2022). Kualitas biofoam sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan yang digunakan serta kondisi atau parameter dalam proses pembuatannya (Gabriel, 2022). Tapioka (pati) dan kitosan merupakan bahan biokomposit foam yang menjanjikan, karena ketersediaannya melimpah dan telah umum dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam pembuatan biofoam (Hendrawati, 2017).

Harsojuwono dan Arnata (2017) menyatakan bahwa banyak faktor yang memengaruhi proses pembuatan biokomposit foam, termasuk keberadaan bahan pengisi. Filler berfungsi mengatur densitas serta struktur pori foam. Salah satu bahan yang berpotensi dijadikan filler adalah serbuk daun keladi (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) karena kandungan lignoselulosanya (Qolby, 2016). Selulosa sebagai *filler* berperan dalam



meningkatkan performa mekanik dari biofoam secara optimal (Berutu, 2022). Sejumlah studi telah membuktikan bahwa bahan pengisi (filler) memiliki peran penting dalam pembentukan foam biokomposit. Penelitian yang dilakukan oleh Astuti dan Kusumayanti (2024) menunjukkan bahwa foam biodegradable berbahan dasar tapioka dengan penambahan filler dari ampas teh dalam perbandingan 12,5:10,5 memiliki kemampuan menyerap air sebesar 28,54%, kekuatan tarik sebesar 0,79 MPa, serta tingkat biodegradasi sebesar 8,99% dalam kurun waktu 14 hari. Sementara itu, Penelitian (Reviandi, Pengaruh Perbandingan Sorbitol dan TDI-80 Terhadap Karakteristik Biokomposit Foam Maizena-Glikomanan, 2022), menyebutkan bahwa foam biodegradable berbahan dasar polivinil asetat (PVAC) dengan penambahan serbuk daun keladi dalam rasio 45:55 memiliki densitas sebesar $0,744 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, daya serap air sebesar 1,765%, kekuatan tarik sebesar 0,357 MPa, dan mengalami proses biodegradasi selama 48 hari. Penelitian yang dilakukan (Darni, 2022), menyebutkan bahwa biofoam yang dibuat dari pati kulit singkong dengan penambahan 3 gram kitosan memiliki densitas sebesar $0,423 \text{ gr/cm}^3$, daya serap air mencapai 42,54%, kekuatan tarik sebesar 4,5 kPa, serta tingkat biodegradasi sebesar 55,17% dalam 55 hari. Sementara itu, hasil pra-penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk daun keladi sebanyak 2 g dan 6 g ke dalam formulasi biokomposit foam berbasis tapioka dan kitosan (dari total bahan 100 g), menghasilkan kualitas foam yang lebih baik pada penambahan 2 g serbuk daun keladi.

Penjelasan di atas mengindikasikan bahwa belum tersedia data pasti mengenai konsentrasi optimal serbuk daun keladi dalam pembuatan biokomposit foam berbahan dasar pati tapioka dan kitosan. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan kadar serbuk keladi yang paling sesuai guna menghasilkan biokomposit foam dengan karakteristik unggul yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Standar Internasional (SI).



BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biokimia dan Nutrisi, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana. Pengujian terhadap sifat mekanik dan fisik, seperti kekuatan tarik, ketahanan sobek, densitas, elongasi putus, penyusutan tetap, ketebalan, serta pengembangan (swelling), dilaksanakan di laboratorium yang sama. Adapun uji biodegradasi dilakukan di rumah kaca (greenhouse) Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana. Kegiatan penelitian ini berlangsung dari Februari hingga April 2025.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik, gelas beaker, sendok, alat pemanas, loyang berukuran 10×10 cm, kertas roti, oven, tisu, pisau, blender, ayakan dengan ukuran 100 mesh, alat uji tarik, alat uji penyusutan tetap, serta mikrometer sekrup.

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian mencakup tapioka, kitosan, serbuk daun keladi, gliserol, PVA, larutan asam asetat 1%, dan poliuretan.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan lima tingkat perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi, yaitu 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%, yang masing-masing diuji dalam empat kelompok berdasarkan waktu produksi biokomposit foam. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji ANOVA, kemudian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2021.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yakni tahap pertama pembuatan serbuk daun keladi, kemudian dilanjutkan dengan tahap pembuatan biokomposit foam, sebagaimana diuraikan berikut ini.



Pembuatan Serbuk Daun Keladi

Berdasarkan tahapan pembuatan serbuk daun keladi yang dilakukan dalam penelitian ini, pemilihan daun keladi dilakukan dengan mengambil daun yang telah siap panen, ditandai dengan daun yang terbuka sempurna, berwarna hijau tua, serta memiliki permukaan yang kaku dan sedikit berkilin. Peneliti kemudian mengumpulkan sebanyak 14 lembar daun keladi untuk diolah menjadi serbuk, dengan ukuran rata-rata panjang 68 cm dan lebar 52 cm, yang diukur menggunakan perangkat lunak ImageJ. Selain itu, ketebalan rata-rata daun keladi yang diperoleh adalah 0,018 cm, yang diukur menggunakan mikrometer sekrup. Dari total 14 lembar daun keladi, berat awal yang tercatat mencapai 1,75 kg. Daun kemudian dicuci dan dibersihkan dengan air mengalir. Setelah itu dilakukan pemisahan antara helai daun dan tulang daunnya, menghasilkan bobot daun keladi sebesar 1,05 kg. Daun yang telah dipisahkan selanjutnya dicincang secara acak dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam, hingga menghasilkan daun keladi kering seberat 154 gram. Pada tahap akhir, daun yang telah dikeringkan digiling menggunakan blender dan disaring menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Proses ini menghasilkan serbuk daun keladi sebanyak 143 gram yang siap digunakan sebagai bahan pengisi (filler) dalam pembuatan foam biokomposit berbasis tapioka dan kitosan.

Pembuatan Biokomposit Foam

Pembuatan biokomposit foam diawali dengan menimbang bahan-bahan berupa 9 g tapioka, 3 g kitosan, 2 g gliserol, serbuk daun keladi sesuai perlakuan, 5 g PVA, serta campuran poliol dan toluene diisosianat dengan rasio 1:1 sebanyak 17,15 g. Larutan asam asetat 1% digunakan sebagai pelarut hingga total berat campuran mencapai 100 g, mengikuti metode yang diadaptasi dari Saptahadi et al. (2021).

Selanjutnya, tiga beaker glass disiapkan secara terpisah, masing-masing berisi tapioka, kitosan, dan gliserol. Ke dalam masing-masing beaker ditambahkan larutan asam asetat 1% sesuai kebutuhan, lalu diaduk hingga homogen. Setelah larutan dari ketiga beaker tersebut tercampur dalam satu wadah yang lebih besar, ditambahkan serbuk daun keladi dan PVA, kemudian campuran dipanaskan pada suhu $75 \pm 1^\circ\text{C}$ sambil diaduk manual hingga membentuk gel.



Setelah gel terbentuk, campuran poliol (sorbitol) dan toluene diisosiyanat ditambahkan ke dalam larutan, kemudian diaduk selama 1 menit hingga tercampur merata. Campuran tersebut kemudian dituangkan ke dalam cetakan loyang berukuran 10×10 cm dan dibiarkan mengembang selama satu jam. Selanjutnya, dilakukan proses pengeringan dalam oven pada suhu 50°C selama 8 jam hingga terbentuk *foam*, mengikuti prosedur yang dimodifikasi dari Prihastuti (2008). Setelah proses pencetakan selesai, foam didinginkan pada suhu ruang selama 1 jam, dilepas dari cetakan, dan siap untuk dilakukan pengujian.

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini mencakup sifat fisik, antara lain uji kekuatan tarik (*tensile strength*), uji ketahanan sobek (*tear strength*), densitas (massa jenis), perpanjangan saat putus (*elongation at break*), penyusutan permanen (*compression set*), ketebalan, tingkat pengembangan tebal (*swelling*), serta durasi waktu biodegradasi (*biodegradation time*).

Penentuan Perlakuan Terbaik

Perlakuan terbaik ditentukan berdasarkan sejauh mana sifat-sifat biokomposit foam yang dihasilkan memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI dan standar internasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa variasi konsentrasi serbuk daun keladi berpengaruh sangat signifikan terhadap kekuatan tarik biokomposit foam berbasis tapioka dan kitosan. Nilai rata-rata kekuatan tarik yang dihasilkan berkisar antara $0,89 \pm 0,15$ hingga $3,30 \pm 0,26$ N/cm², seperti ditampilkan pada Tabel 1.



Tabel 1. Nilai rata-rata kuat tarik (N/cm^2) biokomposit *foam* tapioka dan kitosan pada perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi

Konsentrasi Serbuk Daun Keladi	Nilai Rata-rata Kuat Tarik (N/cm^2)
R1 (1%)	$0,89 \pm 0,15^d$
R2 (1,5%)	$2,02 \pm 0,16^b$
R3 (2%)	$2,04 \pm 0,14^b$
R4 (2,5%)	$3,30 \pm 0,26^a$
R5 (3%)	$1,17 \pm 0,12^c$

Keterangan: nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf berbeda menandakan perbedaan yang nyata secara statistik pada tingkat signifikansi 5%

Uji kekuatan tarik merupakan salah satu parameter utama dalam mengevaluasi ketahanan mekanik biofoam, terutama kemampuannya menahan gaya tarik sebelum mengalami kerusakan atau putus. Berdasarkan Tabel 1, nilai kekuatan tarik tertinggi tercatat sebesar $3,30 \pm 0,26 \text{ N}/\text{cm}^2$ dan menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sebaliknya, nilai terendah sebesar $0,89 \pm 0,15 \text{ N}/\text{cm}^2$ juga menunjukkan perbedaan yang sangat nyata. Peningkatan nilai kuat tarik seiring dengan meningkatnya konsentrasi serbuk daun keladi disebabkan oleh kandungan selulosa dan lignin dalam serbuk tersebut, yang mampu berinteraksi dan membentuk ikatan kuat dengan matriks bahan seperti tapioka dan kitosan, sehingga menghasilkan struktur polimer komposit yang lebih kokoh. Menurut (Sulityo, 2012), menyebutkan bahwa penambahan selulosa dalam jumlah tertentu ke dalam formulasi film plastik dapat meningkatkan sifat mekaniknya. Namun, pada perlakuan R5 terjadi penurunan nilai kuat tarik yang disebabkan oleh ketidakteraturan bentuk biofoam saat proses pencetakan manual, serta dipengaruhi oleh tingkat viskositas adonan selama pembuatan. Akibatnya, biofoam yang dihasilkan menjadi kurang padat dan cenderung rapuh (Berutu, 2022).

Mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) plastik foam 06-1004-1989, nilai minimal kekuatan tarik yang dipersyaratkan untuk plastik foam adalah $0,70 \text{ N}/\text{cm}^2$. Rata-rata



kekuatan tarik biokomposit foam berbasis tapioka dan kitosan dengan berbagai konsentrasi serbuk daun keladi dalam penelitian ini telah memenuhi standar tersebut.

Ketahanan Sobek

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa variasi konsentrasi serbuk daun keladi memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai ketahanan sobek biokomposit foam berbahan dasar tapioka dan kitosan. Rentang rata-rata ketahanan sobek yang diperoleh berada antara $0,64 \pm 0,11$ hingga $2,36 \pm 0,19$ N/cm², sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata ketahanan sobek (N/cm²) biokomposit *foam* tapioka dan kitosan pada perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi

Konsentrasi Serbuk Daun Keladi	Nilai Rata-rata Ketahanan Sobek (N/cm ²)
R1 (1%)	$0,64 \pm 0,11^d$
R2 (1,5%)	$1,45 \pm 0,11^b$
R3 (2%)	$1,46 \pm 0,10^b$
R4 (2,5%)	$2,36 \pm 0,19^a$
R5 (3%)	$0,84 \pm 0,08^c$

Keterangan: perbedaan huruf di belakang nilai rata-rata menandakan adanya perbedaan yang signifikan pada tingkat kesalahan 5%.

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai ketahanan sobek tertinggi mencapai $2,36 \pm 0,19$ N/cm² dan berbeda sangat signifikan dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sebaliknya, nilai terendah tercatat sebesar $0,64 \pm 0,11$ N/cm², yang juga menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan perlakuan lain. Variasi hasil tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi serbuk daun keladi cenderung meningkatkan ketahanan sobek biokomposit foam. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian (Cahyani, 2023), penambahan filler memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kekuatan tarik biofoam, yang secara tidak langsung turut memperkuat ketahanan sobeknya. Hal ini berkaitan dengan kemampuan selulosa dalam membentuk jaringan yang mendukung struktur matriks biofoam. Namun, pada perlakuan R5 terjadi penurunan nilai ketahanan sobek, yang disebabkan oleh tingginya jumlah filler sehingga distribusi partikel dalam matriks menjadi tidak merata. Ketidakteraturan ini



terjadi karena proses pembuatan biofoam masih menggunakan metode pencetakan manual, yang membuat hasil foam kurang homogen dan daya tahannya menurun. Selain itu, meningkatnya jumlah filler juga menyebabkan viskositas adonan bertambah, yang mempersulit pencampuran dan pencetakan secara merata. Kondisi ini memicu terbentuknya rongga atau pori-pori besar dalam struktur foam, yang pada akhirnya menurunkan ketahanan sobek material (Fauzi, 2024).

Mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) plastik foam 06-1004-1989, batas minimum ketahanan sobek yang dipersyaratkan untuk plastik foam adalah 0,50 N/cm². Rata-rata nilai ketahanan sobek biokomposit foam berbahan dasar tapioka dan kitosan dengan berbagai konsentrasi serbuk daun keladi dalam penelitian ini telah memenuhi standar tersebut.

Desinsitas

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa variasi konsentrasi serbuk daun keladi memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai kekuatan tarik pada biokomposit foam berbahan dasar tapioka dan kitosan. Nilai rata-rata densitas yang diperoleh berada dalam kisaran 0,22±0,02 hingga 0,47±0,03 g/ml, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata densitas (g/mL) biokomposit *foam* tapioka dan kitosan pada perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi

Konsentrasi Serbuk Daun Keladi	Nilai Rata-rata Desinsitas (g/ml)
R1 (1%)	0,25±0,02 ^{bc}
R2 (1,5%)	0,26±0,01 ^{bc}
R3 (2%)	0,22±0,02 ^c
R4 (2,5%)	0,47±0,03 ^a
R5 (3%)	0,28±0,02 ^b

Keterangan: perbedaan huruf di belakang nilai rata-rata menandakan adanya perbedaan yang signifikan pada tingkat kesalahan 5%.

Tabel 3 memperlihatkan bahwa konsentrasi serbuk daun keladi tertentu menghasilkan nilai densitas tertinggi, yaitu 0,47±0,03 g/ml, yang berbeda sangat signifikan dibandingkan



dengan perlakuan lainnya. Sebaliknya, nilai densitas terendah tercatat sebesar $0,22\pm 0,02$ g/ml dan juga menunjukkan perbedaan yang sangat nyata dengan perlakuan lain. Perbedaan nilai densitas ini dipengaruhi oleh penambahan serbuk daun keladi dalam tahap pencampuran, yang dapat menyebabkan terbentuknya rongga udara. Ketidaksempurnaan dalam pencampuran antara serbuk daun keladi dan bahan matriks menghambat terbentuknya ikatan kohesif dan adhesif (interaksi antarmuka) secara optimal (Ritonga, 2019). Terbentuknya rongga udara dalam foam disebabkan oleh terperangkapnya gas CO₂ selama proses pembentukan, yang berdampak pada penurunan massa jenis (densitas) komposit.

Mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) plastik foam 06-1004-1989, kisaran densitas yang dipersyaratkan untuk plastik foam adalah antara 0,0012 hingga 0,0015 g/mL. Namun, rata-rata densitas biokomposit foam berbasis tapioka dan kitosan dengan penambahan serbuk daun keladi dalam penelitian ini belum memenuhi standar tersebut.

Perpanjangan Putus

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa variasi konsentrasi serbuk daun keladi memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai elongasi saat putus pada biokomposit foam berbasis tapioka dan kitosan. Rata-rata nilai elongasi putus yang dihasilkan berada dalam rentang $1,89\pm 0,64$ hingga $4,37\pm 0,50\%$, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4. Tabel 4. Nilai rata-rata perpanjangan putus (%) biokomposit *foam* tapioka dan kitosan pada perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi

Konsentrasi Serbuk Daun Keladi	Nilai Rata-rata Perpanjangan Putus (%)
R1 (1%)	$3,28\pm 0,51^{ab}$
R2 (1,5%)	$2,79\pm 0,51^{bc}$
R3 (2%)	$2,77\pm 0,98^{bc}$
R4 (2,5%)	$1,89\pm 0,64^c$
R5 (3%)	$4,37\pm 0,50^a$

Keterangan: perbedaan huruf di belakang nilai rata-rata menandakan adanya perbedaan yang signifikan pada tingkat kesalahan 5%.



Tabel 4 memperlihatkan bahwa konsentrasi tertentu dari serbuk daun keladi menghasilkan nilai perpanjangan putus tertinggi sebesar $4,37 \pm 0,50\%$, yang berbeda sangat signifikan dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sebaliknya, nilai terendah tercatat sebesar $1,89 \pm 0,64\%$, yang juga menunjukkan perbedaan yang sangat nyata dengan perlakuan lain. Variasi nilai perpanjangan putus ini berkaitan dengan kemampuan material dalam menahan regangan, yang dipengaruhi oleh ikatan silang yang terbentuk selama proses pembuatan biofoam. Kandungan senyawa dalam serbuk daun keladi seperti selulosa dan lignin yang memiliki gugus hidroksil ($-OH$), karbonil ($C=O$), dan alkuna ($-CH$) namun dengan luas permukaan spesifik yang rendah, menyebabkan terbatasnya pembentukan ikatan yang efektif dengan bahan matriks. Akibatnya, muncul celah atau ruang kosong dalam struktur yang tidak tertutup sempurna (Ritonga, 2019). Nilai perpanjangan putus ditentukan oleh sejauh mana material mampu menahan gaya tarik, yang bergantung pada kekuatan serta jumlah ikatan silang yang terbentuk dalam struktur biokomposit *foam* (Reviandi, Pengaruh Perbandingan Sorbitol dan TDI-80 Terhadap Karakteristik Biokomposit Foam Maizena-Glikomanan, 2022)

Mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) plastik foam 06-1004-1989, nilai minimum elongasi saat putus yang dipersyaratkan untuk plastik foam adalah sebesar 160%. Rata-rata nilai perpanjangan putus dari biokomposit foam berbasis tapioka dan kitosan dengan variasi konsentrasi serbuk daun keladi dalam penelitian ini belum mencapai standar tersebut.

Pampat Tetap

Analisis variansi menunjukkan bahwa variasi konsentrasi serbuk daun keladi memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai penyusutan tetap (pampat tetap) pada biokomposit foam berbahan dasar tapioka dan kitosan. Nilai rata-rata pampat tetap yang dihasilkan berada dalam kisaran $9,03 \pm 0,68$ hingga $38,05 \pm 1,94\%$, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 5.



Tabel 5. Nilai rata-rata pampat tetap (%) biokomposit *foam* tapioka dan kitosan pada perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi

Konsentrasi Serbuk Daun Keladi	Nilai Rata-rata Pampat Tetap (%)
R1 (1%)	29,68±0,70 ^b
R2 (1,5%)	24,09±1,32 ^c
R3 (2%)	17,28±0,92 ^d
R4 (2,5%)	9,03±0,68 ^e
R5 (3%)	38,05±1,94 ^a

Keterangan: perbedaan huruf di belakang nilai rata-rata menandakan adanya perbedaan yang signifikan pada tingkat kesalahan 5%.

Tabel 5 menunjukkan bahwa konsentrasi serbuk daun keladi tertentu menghasilkan nilai pampat tetap tertinggi sebesar 38,05±1,94%, yang berbeda sangat signifikan dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sebaliknya, nilai pampat tetap terendah tercatat sebesar 9,03±0,68%, yang juga menunjukkan perbedaan sangat nyata dengan perlakuan lain. Variasi nilai rata-rata pampat tetap ini dipengaruhi oleh konsentrasi serbuk daun keladi yang berperan dalam pembentukan ikatan silang pada struktur biofoam. Perlakuan R1 hingga R3 menunjukkan nilai pampat tetap yang relatif tinggi karena meningkatnya konsentrasi *filler* yang membantu memperkuat struktur *foam*. Sementara itu, pada perlakuan R4, nilai pampat tetap mengalami penurunan, yang disebabkan oleh tingginya jumlah *filler* sehingga membuat struktur *foam* menjadi lebih padat. Menurut (Sumardiono, 2021) penambahan *filler* dalam jumlah terbatas pada biofoam dapat memperkuat daya tekan material. Namun, ketika jumlahnya melebihi batas optimal, partikel *filler* cenderung membentuk gumpalan (aglomerasi), yang pada akhirnya mengurangi kekuatan tekan biofoam. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian (Darni, 2022), penambahan *filler* berupa selulosa jerami padi dapat menurunkan nilai kuat tekan biofoam.

Berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) plastik *foam* 06-1004-1989, batas maksimum nilai pampat tetap yang diperbolehkan untuk plastik foam adalah 10%. Rata-rata nilai pampat tetap pada biokomposit foam berbahan dasar tapioka dan kitosan dengan variasi konsentrasi serbuk daun keladi dalam penelitian ini belum memenuhi standar tersebut.



Ketebalan

Berdasarkan hasil analisis variansi, konsentrasi serbuk daun keladi terbukti memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai ketebalan biokomposit foam berbahan dasar tapioka dan kitosan. Rata-rata ketebalan yang dihasilkan berada dalam kisaran $6,00\pm 0,41$ hingga $12,78\pm 0,93$ mm, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai rata-rata ketebalan (mm) biokomposit *foam* tapioka dan kitosan pada perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi

Konsentrasi Serbuk Daun Keladi	Nilai Rata-rata Ketebalan (mm)
R1 (1%)	$10,18\pm 0,56^b$
R2 (1,5%)	$10,00\pm 0,08^b$
R3 (2%)	$12,78\pm 0,93^a$
R4 (2,5%)	$6,00\pm 0,41^c$
R5 (3%)	$10,23\pm 0,52^b$

Keterangan: perbedaan huruf di belakang nilai rata-rata menandakan adanya perbedaan yang signifikan pada tingkat kesalahan 5%.

Tabel 6 memperlihatkan bahwa konsentrasi tertentu dari serbuk daun keladi menghasilkan ketebalan tertinggi sebesar $12,78\pm 0,93$ mm, yang berbeda sangat signifikan dibandingkan perlakuan lainnya. Sebaliknya, ketebalan terendah tercatat sebesar $6,00\pm 0,41$ mm dan juga menunjukkan perbedaan yang sangat nyata dengan perlakuan lain. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi serbuk daun keladi sejalan dengan bertambahnya ketebalan foam yang dihasilkan. Serbuk daun keladi berperan efektif dalam pembentukan struktur foam, karena kandungan selulosa dan lignin di dalamnya mendukung proses pembentukan ikatan serta dinding sel foam, sehingga menghasilkan struktur yang lebih mengembang dan tebal. Namun, pada perlakuan R4 terjadi penurunan ketebalan yang cukup drastis. Hal ini disebabkan oleh tingginya jumlah filler yang menambah viskositas campuran secara signifikan, sehingga menghambat proses pengembangan busa saat pemanasan. Akibatnya, struktur foam menjadi lebih padat dan kurang mengembang, yang berdampak pada penurunan ketebalan foam secara nyata. Penelitian serupa yang telah dilakukan (Putri, 2023)



menyatakan bahwa pada konsentrasi tertentu, *filler* memberikan pengaruh positif terhadap karakteristik *foam*, namun setelah melewati batas optimum dapat menurunkan kualitas struktur busa yang terbentuk.

Pengembangan Tebal (*Swelling*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi berpengaruh sangat nyata terhadap nilai pengembangan tebal (*swelling*) pada biokomposit *foam* tapioka dan kitosan. Nilai rata-rata pengembangan tebal yang diperoleh berkisar antara $0,62\pm 0,03$ hingga $0,91\pm 0,04\%$, seperti terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai rata-rata *swelling* (%) biokomposit *foam* tapioka dan kitosan pada perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi

Konsentrasi Serbuk Daun Keladi	Nilai Rata-rata Pengembangan Tebal (%)
R1 (1%)	$0,91\pm 0,04^a$
R2 (1,5%)	$0,86\pm 0,03^{ab}$
R3 (2%)	$0,84\pm 0,05^{ab}$
R4 (2,5%)	$0,66\pm 0,03^{bc}$
R5 (3%)	$0,62\pm 0,03^c$

Keterangan: perbedaan huruf di belakang nilai rata-rata menandakan adanya perbedaan yang signifikan pada tingkat kesalahan 5%.

Tabel 7 menunjukkan bahwa variasi konsentrasi serbuk daun keladi menghasilkan nilai pengembangan tebal (*swelling*) tertinggi sebesar $0,91\pm 0,04\%$, yang berbeda sangat signifikan dibandingkan perlakuan lainnya. Sebaliknya, nilai *swelling* terendah tercatat sebesar $0,62\pm 0,03\%$, yang juga menunjukkan perbedaan sangat nyata dengan perlakuan lain. Peningkatan konsentrasi serbuk daun keladi berbanding lurus dengan efisiensi daya serap. Hal ini dikarenakan kandungan lignoselulosa dalam serbuk daun keladi bersifat hidrofobik atau menolak air, sehingga secara signifikan memengaruhi kemampuan biofoam untuk menghambat penetrasi air. Menurut (Lisý, 2022), lignin merupakan salah satu komponen utama lignoselulosa, memiliki sifat hidrofobik yang mampu menghambat penetrasi air ke dalam serat alami. Hal ini sejalan dengan penelitian (Yang, 2019) yang menyatakan bahwa



penambahan lignin dalam bioplastik menurunkan penyerapan air secara efektif karena sifat hidrofobik pada lignin.

Berdasarkan Standar Internasional (EN 317) batas maksimum nilai pengembangan tebal untuk plastik adalah 1,44%. Hasil pengujian pada biokomposit *foam* tapioka dan kitosan dengan konsentrasi serbuk daun keladi dalam penelitian ini telah memenuhi standar tersebut.

Waktu Biodegradasi

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa konsentrasi serbuk daun keladi berpengaruh sangat nyata terhadap waktu biodegradasi biokomposit *foam* tapioka dan kitosan. Rata-rata waktu biodegradasi yang diperoleh berkisar antara $15,25 \pm 0,50$ hingga $17,00 \pm 0,00$ hari, seperti terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai rata-rata kuat (hari) biokomposit *foam* tapioka dan kitosan pada perlakuan konsentrasi serbuk daun keladi

Konsentrasi Serbuk Daun Keladi	Nilai Rata-rata Waktu Biodegradasi (hari)
R1 (1%)	$15,25 \pm 0,50^b$
R2 (1,5%)	$15,25 \pm 0,50^b$
R3 (2%)	$15,75 \pm 0,50^{ab}$
R4 (2,5%)	$16,25 \pm 0,50^a$
R5 (3%)	$17,00 \pm 0,00^a$

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata pada taraf kesalahan 5%.

Tabel 8 menunjukkan bahwa pada perlakuan R5, konsentrasi serbuk daun keladi menghasilkan waktu biodegradasi tertinggi terhadap biokomposit foam berbasis tapioka dan kitosan, yaitu sebesar $17,00 \pm 0,00$ hari, yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan dengan perlakuan R4. Sementara itu, waktu biodegradasi terendah tercatat pada perlakuan R2 dengan nilai $15,25 \pm 0,50$ hari, yang juga tidak berbeda nyata dari perlakuan R1. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi serbuk daun keladi dapat memperlambat proses biodegradasi, karena tingginya kandungan bahan organik cenderung



memperpanjang waktu penguraian bioplastik. Menurut (Tripathi, 2009), semakin tinggi penambahan bahan hidrofobik dalam komposit bioplastik, maka semakin rendah persentase kehilangan massa, karena sifat hidrofobik daun keladi menghambat proses penyusutan selama tahap degradasi.

Berdasarkan standar internasional untuk plastik (ASTM D5988), waktu maksimum yang diperbolehkan untuk proses biodegradasi adalah 60 hari. Dalam penelitian ini, laju biodegradasi biokomposit *foam* tapioka dan kitosan dengan konsentrasi serbuk daun keladi telah memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh standar tersebut.

Perlakuan Terbaik

Biokomposit foam berbasis tapioka dan kitosan dengan penambahan serbuk daun keladi sebesar 2% menghasilkan kualitas terbaik, dengan nilai kuat tarik sebesar 2,04 N/cm², ketahanan sobek 1,46 N/cm², densitas 0,22 g/ml, elongasi putus 2,77%, pampat tetap 17,28%, ketebalan 12,78 mm, swelling 0,84%, dan waktu biodegradasi selama 15,75 hari. Parameter kuat tarik dan ketahanan sobek telah memenuhi ketentuan SNI plastik foam 06-1004-1989, nilai swelling sesuai dengan Standar Internasional EN 317, serta waktu biodegradasinya telah memenuhi persyaratan Standar Internasional ASTM D5988. Rincian hasil penelitian disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan variabel yang diamati dengan variabel yang ditetapkan pada standar

Variabel yang diamati	Standar yang digunakan	Standar hasil	Hasil penelitian	Keterangan
Kuat Tarik (N/cm ²)	SNI 06-104-1989	Minimal 0,70	2,04	Sudah memenuhi
Ketahanan Sobek (N/cm ²)	SNI 06-104-1989	Minimal 0,50	1,46	Sudah memenuhi
Densitas/Kerapatan Massa (g/ml)	SNI 06-104-1989	12 - 15	0,22	Belum memenuhi
	SNI		2,77	



Perpanjangan Putus	06-104-1989	Minimal 160 %		Belum memenuhi
Pampat Tetap (%)	SNI 06-104-1989	Maksimal 10%	17,28	Belum memenuhi
Ketebalan	-	-	12,75	Belum memenuhi
Pengembangan Tebal (<i>Swelling</i>) (%)	Standar Internasional (EN 317)	Maksimal 1,44%	0,84	Sudah memenuhi
Biodegradasi (hari)	Standar Internasional (ASTM D5988)	Maksimal 60 hari	15,75	Sudah memenuhi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi serbuk daun keladi memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap parameter kuat tarik, ketahanan sobek, densitas, elongasi putus, pampat tetap, ketebalan, pengembangan tebal (swelling), dan biodegradasi.
2. Biokomposit foam yang terbuat dari tapioka dan kitosan dengan penambahan 2% serbuk daun keladi menghasilkan kualitas terbaik, ditandai dengan nilai kuat tarik sebesar 2,04 N/cm², ketahanan sobek 1,46 N/cm², densitas 0,22 g/ml, perpanjangan putus 2,77%, pampat tetap 17,28%, ketebalan 12,78 mm, swelling 0,84%, dan biodegradasi dalam 15,75 hari. Nilai kuat tarik dan ketahanan sobek telah sesuai dengan standar SNI plastik foam 06-1004-1989, nilai swelling memenuhi Standar Internasional EN 317, serta biodegradasi memenuhi ketentuan Standar Internasional ASTM D5988.



DAFTAR PUSTAKA

- Berutu, F. L. (2022). Biofoam Berbahan Pati Sagu (Metroxylon Rumphii M) Dengan Bahan Pengisi (Filler) Serat Batang Pisang Dan Kulit Pisang Menggunakan Metode Thermopressing. *Chemical ngineering Journal Storage (CEJS)*. 2(1), 61. <https://doi.org/10.29103/cejs.v2i1.6420>.
- Cahyani, A. L. (2023). Effect of Chitosan Variation in Starch and Cellulose Based Biofoam. *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology*. 5(3), 1-9. <https://doi.org/10.26877/asset.v5i3.17126>.
- Darni, Y. A. (2022). Pemanfaatan Jerami Padi sebagai Filler dalam Pembuatan Biodegradable Foam (Biofoam). *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*. 3(2), 18-26.
- Evode, N. Q. (2021). Plastic Waste And Its Management Strategies For Environmental Sustainability. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 4(21), 2-8. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100142>.
- Fauzi, A. R. (2024). Characteristics of Biodegradable Foam with Proportional Treatment of Tapioca Flour and Soybean Peel Flour with Added Glycerol. *AJARCDE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*. 8(2), 246-253. <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v8i2.433>.
- Gabriel, A. A. (2022). ptimization Of Material Formulation And Process Parameters In Canna Edulis Starch-Based Biofoam Synthesis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 11(14), 1-8. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1114/1/012097>.
- Hendrawati, N. L. (2017). engaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*. 12(1), 1-7.
- Lisý, A. H. (2022). About Hydrophobicity of Lignin: A Review of Selected Chemical Methods for Lignin Valorisation in Biopolymer Production. *Energies*. 15(17), <https://doi.org/10.3390/en15176213>.
- Namphonsane, A. A. (2023). evelopment of Biodegradable Rigid Foams from Pineapple Field Waste. *Polymers*. 15(13), 2-15.
- Putri, S. S. (2023). engaruh Konsentrasi Polivinil Alkohol dan Magnesium Stearat terhadap Karakteristik Bahan Pengemas Biokomposit Foam Tapioka dan Glukomanan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*. 8(2), 102-108.



- Qolby, E. (2016). andungan Serat Kasar Dan Protein Kasar Pada Daun Talas (*Colocasia Esculenta*) Yang Difermentasi Dengan *Trichoderma Viride* Dan *Bacillus Subtilis* Sebagai Bahan Pakan Alternatif Ikan. *Media Journal Of Aquaculture And Fish Health*. 1(3), 1-8.
- Reviandi, A. T. (2022). engaruh Perbandingan Sorbitol dan TDI-80 Terhadap Karakteristik Biokomposit Foam Maizena-Glikomanan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*. 7(2), 153. <https://doi.org/10.24843/jitpa.2022.v07.i02.p09>.
- Reviandi, A. T. (2022). Pengaruh Perbandingan Sorbitol dan TDI-80 Terhadap Karakteristik Biokomposit Foam Maizena-Glikomanan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*. 7(2), 153. <https://doi.org/10.24843/JITPA.2022.v07.i02.p09>.
- Ritonga, A. U. (2019). Pembuatan Dan Karakterisasi Biofoam Berbasis Komposit Serbuk Daun Keladi Yang Diperkuat Oleh Polivinil Asetat (PVAc). *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*. 6(3), 141-148. <https://doi.org/10.32628/IJSRSET196328>.
- Sarito, I. K. (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://ojs.unud.ac.id/index.php/jtip/article/view/82921>.
- Sulityo, H. W. (2012). engaruh Formulasi Pati Singkong–Selulosa Terhadap Sifat Mekanik Dan Hidrofobisitas Pada Pembuatan Bioplastik. *Konversi*. 1(2), 23-30.
- Sumardiono, S. P. (2021). haracteristics of Biodegradable Foam (Bio-foam) Made from Cassava Flour and Corn Fiber. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1053(1), 012082. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1053/1/012082>.
- Tripathi, S. M. (2009). hysicochemical and bioactivity of cross-linked chitosan-PVA film for food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 45(4), 372-376. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.07.006>.
- Yang, J. C. (2019). Applications of Lignocellulosic Fibers and Lignin in Bioplastics. *Polymers*. 11, 1-26.

