

CHARACTERISTICS OF TAPIOCA-GLUCOMANNAN FOAM BIOCOMPOSITES UNDER VARIATIONS IN STEARIC ACID CONCENTRATION AND STIRRING SPEED DURING FOAM FORMATION

KARAKTERISTIK BIOKOMPOSIT FOAM TAPIOKA-GLUKOMANAN PADA VARIASI KONSENTRASI ASAM STEARAT DAN KECEPATAN PENGADUKAN PEMBENTUKAN FOAM

I Made Suta Premana¹, Bambang Admadi Harsojuwono^{1*}, Amna Hartiati¹, dan Sri Suhartini²

¹ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Indonesia

² Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Diterima 25 Maret 2026 / Disetujui 5 Juli 2026

ABSTRACT

Tapioca starch, glucomannan, and PVA based biocomposite foam has the potential to replace styrofoam; however, its hydrophilic nature and limited mechanical properties remain challenges. This study aimed to evaluate the effects of stearic acid concentration and stirring speed on the characteristics of biocomposite foam and to determine the optimum treatment. A factorial randomized block design was applied using two factors: stearic acid concentration (4%, 6%, and 8%) and stirring speed (60, 90, and 120 rpm). The observed parameters were density, thickness, thickness swelling, tear resistance, tensile strength, elongation at break, compression set, and biodegradation. Results showed that stearic acid concentration significantly affected density and had a highly significant effect on tensile strength, tear resistance, compression set, thickness swelling, and biodegradation, but did not significantly affect thickness or elongation at break. Stirring speed had a highly significant effect on most parameters, except compression set and thickness. The interaction between both factors significantly influenced several physical and mechanical properties, while no significant effect was found on compression set and thickness. The optimum treatment was obtained at 4% stearic acid concentration and 120 rpm stirring speed, producing biocomposite foam with a tensile strength of 4.93 N/cm², elongation at break of 2.32%, tear resistance of 3.52 N/cm², compression set of 9.90%, thickness of 9.03 mm, density of 0.22 g/mL, thickness swelling of 0.10%, and biodegradation of 72.6% after 16.78 days

Keywords : Biocomposite foam, glucomannan, stearic acid, tapioca,

ABSTRAK

Biokomposit foam berbahan dasar pati tapioka, glukomanan, dan PVA memiliki potensi sebagai alternatif pengganti styrofoam, namun masih memiliki kelemahan pada sifat hidrofilik dan mekanik. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh konsentrasi asam stearat dan kecepatan pengadukan terhadap karakteristik biokomposit foam serta menentukan perlakuan terbaik yang dihasilkan. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dengan dua faktor, yaitu konsentrasi asam stearat (4%, 6%, 8%) dan kecepatan pengadukan (60rpm, 90rpm, 120 rpm). Parameter yang diamati meliputi densitas, ketebalan, pengembangan tebal (*swelling*), ketahanan sobek, tegangan tarik, perpanjangan putus, pampat tetap, dan biodegradasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi asam stearat berpengaruh sangat nyata terhadap tegangan tarik, ketahanan sobek, pampat

* Korespondensi Penulis :

Email: bambang.admadi@unud.ac.id

tetap, swelling, dan biodegradasi, serta berpengaruh nyata terhadap densitas, namun tidak berpengaruh nyata terhadap ketebalan dan perpanjangan putus. Kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap sebagian besar parameter, kecuali pampat tetap dan ketebalan. Interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap beberapa parameter mekanik dan fisik, namun tidak berpengaruh nyata terhadap pampat tetap dan ketebalan. Pada asam stearat 4% dan kecepatan pengadukan 120 rpm menghasilkan biokomposit *foam* tapioka glukomanan karakteristik terbaik dengan nilai tegangan tarik 4,93N/cm², perpanjangan putus 2,32%, ketahanan sobek 3,52N/cm², pampat tetap 9,90%, ketebalan 9,03 mm, densitas 0,22g/mL, *swelling* 0,10% dan waktu biodegradasi selama 16,78 hari sebesar 72,6%.

Kata kunci : Asam stearat, biokomposit *foam*, glukomanan, tapioka,

PENDAHULUAN

Kemasan merupakan salah satu kebutuhan penting dalam distribusi, penyimpanan, dan perlindungan produk pangan. Penggunaan kemasan yang terus meningkat seiring perkembangan industri dan pola konsumsi masyarakat telah menghasilkan berbagai jenis limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan material kemasan yang lebih ramah lingkungan dan dapat terdegradasi secara alami. Salah satu material kemasan yang banyak digunakan adalah *styrofoam* karena memiliki sifat ringan, praktis, tahan air, dan mampu mempertahankan suhu produk (Theovani et al., 2025). Namun, *styrofoam* berbahan dasar polimer sintesis yang sulit terurai sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dalam jangka panjang. Permasalahan tersebut mendorong pengembangan bahan kemasan alternatif yang berasal dari sumber daya hayati, salah satunya biokomposit foam. Biokomposit foam merupakan material berpori yang tersusun dari matriks polimer alami dan bahan penguat, sehingga memiliki potensi sebagai pengganti *styrofoam* yang lebih ramah lingkungan.

Pati tapioka dan glukomanan dipilih sebagai bahan penyusun biokomposit foam karena mampu membentuk struktur foam yang baik (Arief dan Yusniwati, 2019). Pada penelitian ini menggunakan dua pati yaitu tapioka dan glukomanan. Tapioka dan glukomanan banyak dimanfaatkan sebagai bahan utama pada pembuatan biokomposit *foam* karena karakteristik fungsionalnya dapat mendukung pembentukan struktur busa. Menurut Haryanto et al. (2015), pati tapioka berperan sebagai matriks utama yang mudah mengalami gelatinisasi dan membentuk struktur busa, sedangkan glukomanan berfungsi meningkatkan viskositas serta memperkuat jaringan polimer. Meskipun demikian, biokomposit foam berbasis pati dan glukomanan masih memiliki kelemahan berupa sifat hidrofilik yang tinggi dan karakteristik mekanik yang belum optimal (Zhang et al., 2016).

Dalam upaya peningkatan ketahanan air pada biokomposit *foam* dapat dilakukan dengan penambahan bahan yang bersifat hidrofobik. Salah satu bahan yang efektif dalam meningkatkan sifat ketahanan air tersebut adalah asam stearat, yang memiliki karakter hidrofobik kuat dan mampu berinteraksi dengan matriks polimer (Pranindyah, 2016). Asam stearat merupakan salah satu asam lemak jenuh yang banyak digunakan sebagai agen hidrofobik dalam material berbasis pati karena kemampuannya membentuk lapisan pelindung pada permukaan dan meningkatkan kestabilan struktur komposit (Saputro et al., 2017). Penelitian Budiman et al. (2018), menunjukkan bahwa karakteristik biokomposit *foam* tidak hanya dipengaruhi oleh komposisi bahan, tetapi juga oleh proses pembuatannya, seperti metode pencampuran dan parameter pembentukan *foam*. Secara umum permasalahan tersebut disebabkan pada proses pencampuran yang kurang optimal, yang mengakibatkan kurangnya homogenisasi dan terbentuknya rongga besar yang melemahkan struktur material (Jimenez, 2016). Oleh karena itu untuk memperbaikinya perlu disesuaikan kecepatan pengadukan pada proses pembentukan *foam*. Kecepatan pengadukan berperan dalam meningkatkan homogenitas adonan, mengontrol distribusi pori dan juga kerapatan struktur biokomposit *foam*.

(Haloho et al., 2021). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi asam stearat dan kecepatan pengadukan terhadap karakteristik biokomposit foam berbasis pati tapioka dan glukomanan serta menentukan kombinasi perlakuan terbaik yang menghasilkan sifat fisik dan mekanik yang optimal.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biokimia dan Nutrisi Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya dan Laboratorium Bioindustri di Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana. Waktu pelaksanaan penelitian pada bulan Juni – Agustus 2025.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik (ohaus pioneer), gelas beaker (pyrex) ukuran 500mL, pengaduk, hotplate stirrer, stopwatch, thermometer, gunting, sendok, loyang cetak ukuran 12 cm x 12 cm x 3 cm, aluminium foil, kertas kue, tisu, oven pengering, hotpress molding, alat uji mekanik ASTM D695-90, alat uji ketebalan (mikrometer skrup), ketahanan sobek (haida HD- B609A), alat uji pampat tetap (haida HD-F750-1).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tepung tapioka, PVA, dan glukomanan yang diperoleh dari CV. Nura Jaya. Bahan lain seperti sorbitol, toluene diisosianat, asam stearat, Polivinil Alkohol, asam asetat dan aquades diperoleh dari CV. Brathacem, sedangkan mikrokristalin selulosa, aluminium foil dan kertas kue didapat dari CV. Sukses Makmur.

Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan dalam penelitian ini yaitu rancangan acak kelompok (RAK) faktorial dua faktor. Faktor pertama yaitu konsentrasi asam stearat yang terdiri dari 3 level yaitu 4%, 6%, 8% (Ferdiansyah et al., 2022). Faktor kedua yaitu kecepatan pengadukan yang terdiri dari 3 level 60rpm, 90rpm, 120rpm menurut penelitian Haloho et al. (2021), menggunakan hotplate stirrer. Kombinasi perlakuan dikelompokkan sebanyak dua kali, sehingga menghasilkan 18 unit percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Proses pembuatan biokomposit *foam* dilakukan dengan menimbang bahan utama berupa tapioka 4,5 g, glukomanan 1,5 g, mikrokristalin 5,5 g, PVA 5 mL, asam stearat sesuai perlakuan (4 g, 6 g, 8 g), serta bahan kimia pembentuk *foam* polioliol (sorbitol) dan toluene diisosianat (TDI80) dengan perbandingan 1:1, dari total 17,15 g (8,7 mL : 8,7 mL), dan pelarut asetat 1% hingga total keseluruhan sampel menjadi 100 g (Haloho et al., 2021).

Selanjutnya siapkan dua beaker glass. Beaker pertama diisi dengan tapioka dan beaker kedua dengan glukomanan, kemudian masing-masing ditambahkan larutan asam asetat 1% sebanyak 30 mL dan diaduk manual selama 1 menit hingga tercampur merata. Kedua larutan kemudian digabungkan ke dalam beaker berukuran lebih besar. Setelah itu ditambahkan mikrokristalin, PVA, dan asam stearat sesuai perlakuan, kemudian dipanaskan pada suhu $75 \pm 1^\circ\text{C}$ sambil diaduk sesuai dengan konsentrasi kecepatan pengadukan (60rpm, 90rpm, 120rpm).

Pada gel yang terbentuk ditambahkan polioliol (sorbitol) dan TDI80, kemudian dilakukan proses homogenisasi selama 3 menit hingga membentuk struktur *foam*. Campuran *foam* kemudian dituangkan ke loyang berukuran 12×12 cm dan dibiarkan mengembang pada suhu ruang selama ± 1 jam. Selanjutnya *foam* dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 3 jam hingga kering sempurna. Setelah pendinginan, *foam* dilepaskan dari cetakan dan dipersiapkan untuk pengujian sifat

fisik dan mekanik.

Variabel yang Diamati

Dalam penelitian ini, penentuan variabel pengamatan mengacu pada standar mutu yang ditetapkan dalam SNI (Standar Nasional Indonesia) 06-104-1989 mengenai karakteristik *foam* dengan terdapat tujuh variabel uji yang dianalisis, yaitu tegangan tarik, ketahanan sobek, densitas, perpanjangan putus, pampat tetap (*compression set*), selanjutnya standar internasional EN 317 terkait film plastik seperti ketebalan dan pengembangan tebal (*swelling*) ; serta biodegradabilitas (*biodegradation time*) mengacu pada ASTM D5988.

Perlakuan Terbaik

Perlakuan terbaik ditentukan berdasarkan jumlah parameter mutu atau karakteristik bioplastik komposit yang memenuhi kriteria Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Standar Internasional (SI). Penentuan tersebut dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian setiap perlakuan terhadap nilai standar yang telah ditetapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tegangan Tarik

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) terhadap nilai tegangan tarik dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Nilai tegangan tarik biokomposit *foam* tapioka glukomanan berkisar $2,63 \pm 0,15$ hingga $4,93 \pm 0,28$ N/cm², seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata tegangan tarik (N/cm²) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan dengan perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat

Kecepatan Pengadukan	Konsentrasi Asam Stearat		
	4%	6%	8%
60 rpm	$3,58 \pm 0,22^{bc}$	$2,75 \pm 0,06^e$	$2,63 \pm 0,15^e$
90 rpm	$3,76 \pm 0,08^b$	$3,00 \pm 0,10^{de}$	$2,87 \pm 0,15^{de}$
120 rpm	$4,93 \pm 0,28^a$	$3,27 \pm 0,06^{cd}$	$2,95 \pm 0,01^{de}$

Keterangan : Huruf yang sama di belakang nilai rata rata menunjukkan pengaruh yang tidak nyata ($P < 5\%$)

Tabel 1 menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan 120 rpm dengan konsentrasi asam stearat 4% mendapatkan tegangan tarik tertinggi ($4,93$ N/cm²) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Sementara itu tegangan tarik terendah ($2,63$ N/cm²) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan ditunjukkan pada kecepatan pengadukan 60 rpm dengan konsentrasi asam stearat 8% yang tidak berbeda nyata dengan kecepatan pengadukan 90 rpm dan 120 rpm dengan konsentrasi asam stearat 8% dan kecepatan pengadukan 60 rpm dan 90 rpm dengan konsentrasi asam stearat 6%. Nilai tegangan tarik cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan pengadukan, tetapi menurun dengan bertambahnya konsentrasi asam stearat yang berarti bahwa penambahan stearat dalam jumlah berlebihan dapat menurunkan kemampuan biokomposit *foam* dalam menahan tegangan tarik.

Menurut Ferdiansyah et al. (2022), peningkatan konsentrasi asam stearat pada biokomposit *foam* berbasis tapioka-glukomanan cenderung menurunkan nilai tegangan tarik akibat melemahnya interaksi antara rantai polimer dalam biokomposit *foam*. Selain itu, menurut Cornelia et al, (2012), asam stearat memiliki sifat hidrofobik yang mampu berinteraksi dengan rantai polimer sehingga meningkatkan kohensi dan kerapatan struktur polimer, dalam kondisi ini menyebabkan biokomposit

foam memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan gaya tarik.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-1004-1989), nilai minimum tegangan tarik dipersyaratkan untuk *foam* adalah $0,70 \text{ N/cm}^2$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh nilai tegangan tarik yang diperoleh pada penelitian ini telah melampaui batas minimum standar SNI, sehingga dari parameter tegangan tarik biokomposit *foam* yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan mutu SNI yang ditetapkan.

Ketahanan Sobek

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) terhadap nilai ketahanan sobek biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Nilai ketahanan sobek biokomposit *foam* tapioka glukomanan berkisar $1,87 \pm 0,11$ hingga $3,52 \pm 0,12 \text{ N/cm}^2$, seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata ketahanan sobek (N/cm^2) dari Biokomposit *foam* tapioka glukomanan dengan perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat

Kecepatan Pengadukan	Konsentrasi Asam Stearat		
	4%	6%	8%
60 rpm	$2,56 \pm 0,16^{bc}$	$1,96 \pm 0,04^c$	$1,87 \pm 0,11^c$
90 rpm	$2,68 \pm 0,06^b$	$2,14 \pm 0,08^{de}$	$2,05 \pm 0,12^{de}$
120 rpm	$3,52 \pm 0,12^a$	$2,33 \pm 0,04^{cd}$	$2,11 \pm 0,01^{de}$

Keterangan : Huruf yang sama di belakang nilai rata rata menunjukkan pengaruh yang tidak nyata ($P < 5\%$)

Tabel 2 menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan 120 rpm dengan konsentrasi asam stearat 4% mendapatkan ketahanan sobek tertinggi ($3,52 \text{ N/cm}^2$) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Sementara itu ketahanan sobek terendah ($1,87 \text{ N/cm}^2$) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan ditunjukkan pada kecepatan pengadukan 60 rpm dengan konsentrasi asam stearat 8% yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kecepatan pengadukan 60 rpm dan 90 rpm dengan konsentrasi asam stearat 6% dan perlakuan kecepatan pengadukan 90 rpm dan 120 rpm dengan konsentrasi asam stearat 8%. Nilai ketahanan sobek cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan pengadukan, namun menurun pada konsentrasi asam stearat yang lebih tinggi, yang mengindikasikan bahwa penambahan asam stearat secara berlebihan dapat menurunkan kemampuan biokomposit *foam* dalam menahan gaya sobek.

Menurut Murdianto et al. (2016), penambahan bahan yang berperan sebagai plasticizer dalam matriks polimer pati dapat meningkatkan fleksibilitas material, namun pada konsentrasi tertentu justru menyebabkan penurunan kekuatan mekanik, termasuk ketahanan sobek, akibat melemahnya ikatan antar rantai polimer. Sebaliknya, keberadaan asam stearat yang bersifat hidrofobik mampu memperkuat interaksi antar molekul.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-1004-1989), nilai minimum ketahanan sobek yang dipersyaratkan untuk *foam* adalah $0,50 \text{ N/cm}^2$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh nilai ketahanan sobek yang diperoleh pada penelitian ini telah melampaui batas minimum standar SNI, sehingga dari parameter ketahanan sobek pada biokomposit *foam* yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan mutu SNI yang ditetapkan.

Densitas

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat serta interaksinya berpengaruh nyata ($p \leq 0,01$) terhadap nilai densitas biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Nilai densitas biokomposit *foam* tapioka glukomanan berkisar $0,19 \pm 0,02$

hingga $0,29 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$, seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai densitas (g/cm^3) dari Biokomposit *foam* tapioka glukomanan dengan perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat

Kecepatan Pengadukan	Konsentrasi Asam Stearat		
	4%	6%	8%
60 rpm	$0,26 \pm 0,04^{abc}$	$0,23 \pm 0,01^{abc}$	$0,21 \pm 0,01^{bc}$
90 rpm	$0,29 \pm 0,01^a$	$0,28 \pm 0,01^{ab}$	$0,24 \pm 0,01^{abc}$
120 rpm	$0,22 \pm 0,01^{abc}$	$0,20 \pm 0,02^c$	$0,19 \pm 0,02^c$

Keterangan : Huruf yang sama di belakang nilai rata rata menunjukkan pengaruh yang tidak nyata ($P < 5\%$)

Tabel 3 menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan 90 rpm dengan konsentrasi asam stearat 4% mendapatkan densitas tertinggi ($0,29 \text{ g/cm}^3$) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan yang tidak berbeda nyata perlakuan kecepatan pengadukan 60 rpm dan 120 rpm pada konsentrasi asam stearat 4% dan kecepatan pengadukan 60 rpm dan 90 rpm pada konsentrasi asam stearat 6% dan kecepatan pengadukan 90 rpm pada konsentrasi asam stearat 8%. Sementara itu densitas terendah ($0,19 \text{ g/cm}^3$) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan ditunjukkan pada kecepatan pengadukan 120 rpm dengan konsentrasi asam stearat 6% yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kecepatan pengadukan 60 rpm dan 120 rpm dengan konsentrasi asam stearat 4% dan 6% dan kecepatan pengadukan 60 rpm dan 90 rpm dengan konsentrasi asam stearat 8% . Nilai densitas pada interaksi perlakuan dengan kecepatan pengadukan tinggi dan konsentrasi asam stearat yang rendah menghasilkan nilai densitas yang tinggi. Kondisi ini mengidentifikasi bahwa struktur *foam* lebih rapat dengan jumlah pori yang relatif kecil.

Menurut Saputro et al. (2017), penurunan densitas pada biokomposit *foam* dengan penambahan asam stearat berkaitan dengan sifat hidrofobiknya yang mampu meningkatkan stabilitas gelembung udara di dalam matriks. Dalam hal ini mengakibatkan struktur *foam* menjadi lebih mengembang dan volume material meningkat.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-1004-1989), nilai densitas dipersyaratkan adalah $0,012\text{-}0,015 \text{ g/ml}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh nilai densitas yang diperoleh pada penelitian ini melampaui batas minimum standar SNI, sehingga dari parameter kerapatan massa pada biokomposit *foam* yang dihasilkan belum memenuhi Standar Nasional Indonesia

Pampat tetap

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan pengadukan berpengaruh tidak nyata dan konsentrasi asam stearat berpengaruh sangat nyata sedangkan interaksinya berpengaruh tidak nyata terhadap nilai pampat tetap biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Nilai pampat tetap biokomposit *foam* tapioka glukomanan berkisar $9,79 \pm 0,04$ hingga $9,92 \pm 0,03 \%$, seperti terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata rata pampat tetap (%) dari Biokomposit *foam* tapioka glukomanan dengan perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat

Kecepatan Pengadukan	Konsentrasi Asam Stearat			Rerata
	4%	6%	8%	
60 rpm	$9,95 \pm 0,04$	$9,88 \pm 0,01$	$9,79 \pm 0,03$	$9,87 \pm 0,03^a$
90 rpm	$9,93 \pm 0,04$	$9,85 \pm 0,02$	$9,80 \pm 0,06$	$9,86 \pm 0,04^a$
120 rpm	$9,89 \pm 0,01$	$9,84 \pm 0,05$	$9,78 \pm 0,04$	$9,84 \pm 0,03^a$
Rerata	$9,92 \pm 0,03^a$	$9,86 \pm 0,03^b$	$9,79 \pm 0,04^c$	

Keterangan : Huruf yang sama di belakang nilai rata rata menunjukkan pengaruh yang tidak nyata ($P < 5\%$)

Tabel 4 menunjukkan bahwa konsentrasi asam stearat 4% mendapatkan pampat tetap tertinggi (9,92%) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Sementara itu, pampat tetap terendah (9,79%) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan ditunjukkan pada konsentrasi asam stearat 8%. Nilai pampat tetap cenderung menurun seiring dengan peningkatan kecepatan pengadukan, tetapi meningkat dengan bertambahnya konsentrasi asam stearat, yang menunjukkan bahwa penggunaan asam stearat dalam jumlah lebih tinggi dapat meningkatkan deformasi permanen pada biokomposit *foam* dan menurunkan kemampuan material untuk kembali ke bentuk semula setelah mengalami pembebanan tekan. Menurut Nazrul et al. (2022), kecepatan pengadukan berperan penting dalam menentukan homogenitas adonan *foam* dan distribusi pori sehingga berpengaruh terhadap kestabilan struktur *foam* dan nilai pampat.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-1004-1989), nilai maksimum pampat tetap dipersyaratkan adalah 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh nilai pampat tetap yang diperoleh pada penelitian ini kurang dari batas maksimal standar SNI, sehingga dari parameter pampat tetap pada biokomposit *foam* yang dihasilkan memenuhi persyaratan mutu SNI yang ditetapkan.

Perpanjangan saat putus

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan pengadukan berpengaruh nyata dan konsentrasi asam stearat berpengaruh tidak nyata sedangkan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap nilai perpanjangan saat putus biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Nilai perpanjangan saat putus biokomposit *foam* tapioka glukomanan berkisar $2,09 \pm 0,13$ hingga $2,42 \pm 0,13$ % seperti terlihat pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata-rata perpanjangan saat putus (%) dari Biokomposit *foam* tapioka glukomanan dengan perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat

Kecepatan Pengadukan	Konsentrasi Asam Stearat			Rerata
	4%	6%	8%	
60 rpm	$1,99 \pm 0,01$	$2,26 \pm 0,37$	$3,01 \pm 0,02$	$2,42 \pm 0,13^a$
90 rpm	$2,29 \pm 0,36$	$2,00 \pm 0,02$	$1,99 \pm 0,01$	$2,09 \pm 0,13^b$
120 rpm	$2,32 \pm 0,36$	$2,51 \pm 0,01$	$2,00 \pm 0,01$	$2,28 \pm 0,12^{ab}$
Rerata	$2,20 \pm 0,24^a$	$2,25 \pm 0,13^a$	$2,33 \pm 0,03^a$	

Keterangan : Huruf yang sama di belakang nilai rata rata menunjukkan pengaruh yang tidak nyata ($P < 5\%$)

Tabel 5 menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan 60 rpm mendapatkan perpanjangan saat putus tertinggi (2,42,%) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Sementara itu perpanjangan saat putus terendah (2,09%) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan ditunjukkan pada kecepatan pengadukan 90 rpm. Nilai perpanjangan saat putus cenderung meningkat dengan bertambahnya konsentrasi asam stearat pada kecepatan pengadukan rendah yang berarti bahwa interaksi antara kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat memengaruhi karakteristik biokomposit *foam* yang dihasilkan.

Menurut (Haloho et al., 2021), penambahan bahan yang berperan sebagai agen hidrofobik dapat mempengaruhi nilai perpanjangan saat putus melalui peningkatan mobilitas rantai polimer. Asam stearat dapat berfungsi juga sebagai agen pelunak yang memungkinkan rantai polimer bergerak lebih bebas, sehingga material mampu mengalami pemanjangan yang lebih besar sebelum putus.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-1004-1989), nilai minimum perpanjangan saat putus dipersyaratkan untuk *foam* adalah 100%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh nilai

perpanjangan putus ini kurang dari batas minimum standar SNI yaitu 3,01% hingga 1,44%, sehingga dari parameter perpanjangan putus, biokomposit yang dihasilkan putus belum memenuhi Standar Nasional Indonesia

Ketebalan

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan pengadukan dan interaksinya berpengaruh tidak nyata sedangkan konsentrasi asam stearat berpengaruh nyata terhadap nilai ketebalan biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Nilai ketebalan biokomposit *foam* tapioka glukomanan berkisar $9,24 \pm 0,18$ hingga $11,06 \pm ,88$ mm, seperti terlihat pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai rata- rata ketebalan (mm) dari Biokomposit *foam* tapioka glukomanan dengan perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat

Kecepatan Pengadukan	Konsentrasi Asam Stearat			Rerata
	4%	6%	8%	
60 rpm	$9,42 \pm 0,34$	$10,55 \pm 0,49$	$11,07 \pm 1,16$	$10,35 \pm 0,66^a$
90 rpm	$9,28 \pm 0,16$	$10,32 \pm 1,73$	$11,05 \pm 0,67$	$10,22 \pm 0,85^a$
120 rpm	$9,03 \pm 0,04$	$10,40 \pm 0,07$	$11,06 \pm 0,80$	$10,16 \pm 0,30^a$
Rerata	$9,24 \pm 0,18^b$	$10,42 \pm 0,76^a$	$11,06 \pm 0,88^a$	

Keterangan : Huruf yang sama di belakang nilai rata rata menunjukkan pengaruh yang tidak nyata ($P < 5\%$)

Tabel 6 menunjukkan bahwa konsentrasi asam stearat 8% mendapatkan ketebalan tertinggi (11,06 mm) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan konsentrasi asam stearat 6%. Sementara itu, ketebalan terendah (9,24 mm) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan ditunjukkan pada konsentrasi asam stearat 4%. Nilai ketebalan cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi asam stearat pada setiap tingkat kecepatan pengadukan, yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asam stearat berkontribusi terhadap kenaikan nilai parameter, meskipun variasi kecepatan pengadukan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap parameter yang diamati.

Menurut Cornelia et al. (2016), bahwa penambahan asam stearat dapat meningkatkan kohesi dan kerapatan struktur polimer akibat interaksi hidrofobik, namun pada konsentrasi tertentu justru berpotensi mengganggu homogenitas struktur *foam*. Namun demikian, pada kisaran konsentrasi asam stearat dan kecepatan pengadukan yang digunakan dalam penelitian ini, pengaruh tersebut belum cukup signifikan untuk menghasilkan perbedaan yang nyata secara statistik terhadap parameter fisik yang diamati.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-1004-1989), nilai maksimum ketebalan dipersyaratkan untuk *foam* adalah 10%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai perpanjangan putus ini kurang dari batas maksimum sehingga dari parameter ketebalan, biokomposit yang dihasilkan memenuhi persyaratan mutu SNI yang ditetapkan.

Pengembangan Tebal (*Swelling*)

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) terhadap nilai pengembangan tebal (*swelling*) biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Nilai pengembangan tebal biokomposit *foam* tapioka glukomanan berkisar $0,09 \pm 0,01$ hingga $0,21 \pm 0,01\%$, seperti terlihat pada tabel 7.

Tabel 7. Nilai rata- rata pengembangan tebal (%) dari Biokomposit *foam* tapioka glukomanan dengan perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat

Kecepatan Pengadukan	Konsentrasi Asam Stearat		
	4%	6%	8%
60 rpm	0,14 ± 0,00 ^c	0,12 ± 0,01 ^{cde}	0,11 ± 0,00 ^e
90 rpm	0,21 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,00 ^{de}	0,09 ± 0,01 ^f
120 rpm	0,10 ± 0,01 ^{ef}	0,17 ± 0,01 ^b	0,13 ± 0,00 ^{cd}

Keterangan : Huruf yang sama di belakang nilai rata rata menunjukkan pengaruh yang tidak nyata ($P < 5\%$)

Tabel 7 menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan 90 rpm dengan konsentrasi asam stearat 4% mendapatkan pengembangan tebal tertinggi (0,21%) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Sementara itu pengembangan tebal terendah (0,09%) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan ditunjukkan pada kecepatan pengadukan 90 rpm dengan konsentrasi asam stearat 8%, yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan kecepatan pengadukan 120 rpm pada konsentrasi asam stearat 4%. Nilai pengembangan tebal cenderung berkurang seiring dengan meningkatnya konsentrasi asam stearat yang berkaitan dengan sifat hidrofobik asam stearat yang menghambat difusi molekul air ke dalam matriks biokomposit *foam*. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penambahan asam stearat dalam jumlah berlebihan dapat menurunkan kemampuan biokomposit *foam* dalam mempertahankan sifat mekanik.

Menurut (Saputro et al. (2017), penambahan bahan bersifat hidrofobik pada biokomposit *foam* tapioka glukomanan mampu menurunkan tingkat penyerapan air dan pengembangan tebal. Selain itu, variasi kecepatan pengadukan berperan dalam tekstur adonan yang mempengaruhi kemampuan penyerapan air.

Berdasarkan Standar Nasional (EN 317), nilai pengembangan tebal dipersyaratkan yaitu maksimal 1,44%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh nilai pengembangan tebal yang diperoleh pada penelitian ini kurang dari batas maksimal standar SNI, sehingga dari parameter pengembangan tebal pada biokomposit *foam* yang dihasilkan memenuhi persyaratan mutu SNI yang ditetapkan.

Biodegradasi

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0,01$) terhadap nilai biodegradasi biokomposit *foam* tapioka glukomanan. Nilai biodegradasi biokomposit *foam* tapioka glukomanan berkisar 15,45 hingga 19,30 hari, seperti terlihat pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai rata- rata biodegradasi (hari) dari Biokomposit *foam* tapioka glukomanan dengan perlakuan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat

Kecepatan Pengadukan	Konsentrasi Asam Stearat		
	4%	6%	8%
60 rpm	15,84 ± 0,20 ^c	17,74 ± 0,19 ^{ab}	18,55 ± 0,49 ^a
90 rpm	15,45 ± 0,63 ^c	17,93 ± 0,08 ^{ab}	18,45 ± 0,63 ^a
120 rpm	16,78 ± 0,02 ^{bc}	17,93 ± 0,08 ^{ab}	19,30 ± 0,28 ^a

Keterangan : Huruf yang sama di belakang nilai rata rata menunjukkan pengaruh yang tidak nyata ($P < 5\%$)

Tabel 8 menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan 120 rpm dengan konsentrasi asam stearat 8% mendapatkan biodegradasi tertinggi (19,30 hari) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan yang tidak berbeda nyata dengan kecepatan pengadukan 60 rpm, 90 rpm, dan 120 rpm dengan konsentrasi

asam stearat 6% dan kecepatan pengadukan 60 rpm, 90 rpm dengan konsentrasi asam stearat 8%. Sementara itu biodegradasi terendah (15,45 hari) dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan ditunjukkan pada kecepatan pengadukan 90 rpm dengan konsentrasi asam stearat 4% yang tidak berbeda nyata dengan kecepatan pengadukan 60 dan 120 rpm dengan konsentrasi asam stearat 4%. Nilai waktu biodegradasi cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan pengadukan dan konsentrasi asam stearat yang berarti bahwa waktu biodegradasi akan meningkat seiring dengan tinggi kecepatan pengadukan serta konsentrasi asam stearat

Menurut Arrieta et al. (2016), peningkatan komponen yang bersifat hidrofobik di dalam material polimer, seperti asam stearat, dapat menyebabkan penurunan laju biodegradasi. Hal ini terjadi karena sifat hidrofobik tersebut menghambat penetrasi air dan mengurangi kelembapan pada permukaan material, sehingga aktivitas mikroorganisme pengurai menjadi terbatas.

Berdasarkan Standar Nasional (ASTM D5988), nilai maksimal biodegradasi dipersyaratkan yaitu 60 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh nilai biodegradasi yang diperoleh pada penelitian ini kurang dari batas maksimal standar ASTM D5988, sehingga dari parameter biodegradasi pada biokomposit *foam* yang dihasilkan memenuhi persyaratan mutu SN yang ditetapkan.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Konsentrasi asam stearat berpengaruh sangat nyata terhadap tegangan tarik, ketahanan sobek, pampat tetap, pengembangan tebal (*swelling*), biodegradasi, dan juga berpengaruh nyata terhadap densitas, ketebalan tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap perpanjangan putus. Kecepatan pengadukan berpengaruh sangat nyata terhadap tegangan tarik, ketahanan sobek, densitas, pengembangan tebal (*swelling*), biodegradasi dan juga berpengaruh nyata terhadap perpanjangan putus tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap pampat tetap, ketebalan. Interaksi antara kedua perlakuan tersebut berpengaruh sangat nyata terhadap tegangan tarik, ketahanan sobek, densitas, perpanjangan putus, pengembangan tebal (*swelling*) dan biodegradasi tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap pampat tetap dan ketebalan. Biokomposit *foam* dengan perlakuan terbaik diperoleh pada konsentrasi asam stearat 4% dan kecepatan pengadukan 120 rpm. Penetapan perlakuan terbaik dilakukan berdasarkan jumlah parameter mutu yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Standar Internasional (SI), sehingga kombinasi perlakuan tersebut dinilai mampu memberikan keseimbangan karakteristik fisik, mekanik, dan biodegradasi yang paling baik dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan tersebut menghasilkan nilai tegangan tarik 4,93 N/cm², ketahanan sobek 3,52N/cm², densitas 0,22g/mL, pampat tetap 9,89%, perpanjangan putus 2,32% sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-1004-1989), ketebalan 9,03 mm, *swelling* 0,10% sesuai Standar Internasional (EN 317) dan waktu biodegradasi selama 16,78 hari sebesar 72,6%, sesuai Standar Internasional (ASTM D5988).

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki dan meningkatkan karakteristik sifat fisik dari biokomposit *foam* tapioka glukomanan PVA dan disarankan melakukan penambahan pada konsentrasi perlakuan asam stearat dan menurunkan konsentrasi kecepatan pengadukan untuk meningkatkan karakteristik biokomposit *foam* yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, H. H., Asa'ari, A. Z. M., Zawawi, N. I. M., Abdullah, L. C., dan Zakaria, S. 2016. Effects of physical treatments on the hydrophobicity of kenaf whole stem paper surface using stearic acid. *Journal of Bioresources*, 8(2), 4088–4100. <https://doi.org/10.15376/biores.8.3.4088-4100>
- Arnata, I. W., Fiano, E. D. K., dan Triani, I. G. A. L. 2025. Karakteristik komposit bio-foam pati-glukomanan pada variasi formulasi perbandingan *foaming agent* natrium bikarbonat dengan asam sitrat. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 19(1), 178–193. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v19i1.25350>
- Etikaningrum, E., Suyatma, N. E., dan Taufik, M. 2016. Sifat mekanik dan ketahanan air biokomposit *foam* berbasis pati. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 26(3), 345–353.
- European Committee for Standardization. (2016). EN 317: Particleboards and fibreboards—determination of swelling in thickness after immersion in water. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen>
- Ferdiansyah, P., Harsojuwono, B. A., dan Arnata, I. W. 2022. Pengaruh konsentrasi asam stearat dan selulosa dari limbah padat pengolahan tapioka terhadap karakteristik biokomposit *foam* tapioka dan glukomanan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 7(2), 114. <https://doi.org/10.24843/jitpa.2022.v07.i02.p04>
- Haloho, R. J., Harsojuwono, B. A., dan Suwariani, N. P. 2021. Pengaruh konsentrasi asam stearat dan lama pengadukan proses gelatinisasi terhadap karakteristik komposit bioplastik maizena-glukomanan. *Journal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, h(4), 488. <https://doi.org/10.24843/jrma.2021.v09.i04.p06>
- Harsojuwono, A., Arnata, W., dan Mulyani, S. 2016. Profil permukaan dan gugus fungsi bioplastik pati singkong termodifikasi. *Media ilmiah teknologi pangan*, 3(2), 97–103. <https://repository.unud.ac.id/protected/storage/upload/similarity/182d4b94ef72f8174e2319464e6fa7e7.pdf>
- Jimenez, A. 2016. Biodegradable polymers: processing, degradation, and applications. *Jurnal of Polymer Degradation and Stability*, 97(2), 215–231. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2011.11.021>
- Murdianto, W., Pranoto, Y., dan Rahardjo, B. 2016. Pengaruh penambahan komponen hidrofobik terhadap sifat fisik bioplastik pati. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 16(2), 95–102
- Putri, S. S., Harsojuwono, B. A., dan Anggreni, A. A. M. D. 2023. Pengaruh konsentrasi polivinil alkohol dan magnesium stearat terhadap karakteristik bahan pengemas biokomposit *foam* tapioka dan glukomanan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 8(2), 2–8. <https://jurnal.harianregional.com/agrotechno/full-100966>
- Saputro, A. D., Hartono, S., dan Widjanarko, S. B. 2017. Pengaruh penambahan asam stearat terhadap sifat mekanik dan ketahanan air biofoam. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(4), 12–21. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/512>
- Sarito, I. K., Hasojuwono, B. A., dan 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. <https://doi.org/10.24843/jrma.2021.v09.i04.p09>
- Theovani, G. J., Azwansyah, H., dan Mayuni, S. 2025. Utilization of styrofoam waste as an additive in ac-bc mixture with variations in compaction temperature. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(3), 2298–2309. <https://doi.org/10.26418/Jts.V25i3.90468>
- Utama, D. A. 2019. Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap sifat mekanik biokomposit berbasis pati. Skripsi. Universitas Brawijaya, Malang. <https://repository.ub.ac.id>

- Voniwanti, R., Yulianti, dan Pratiwi, R. 2018. Dampak penggunaan *styrofoam* sebagai kemasan pangan terhadap kesehatan dan lingkungan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 85–92.
- Zhang, Y., Xie, B., and Gan, X. 2016. Structure and properties of glucomannan-based biodegradable materials. *Journal of Carbohydrate Polymers*, 101, 912–920.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.10.012>