



Perbandingan Karakteristik Biofoam Berbahan Dasar Pati Sagu Dan Limbah Ampas Tebu Dengan Dan Tanpa Penambahan Polyvinil Alkohol (Pva) Sebagai Kandidat Material Kemasan Biodegradable

Jasdar Agus ^{1,a*}

¹Prodi Fisika, Universitas Islam negeri Alauddin Makassar

^ajasdarphysics@gmail.com

ABSTRACT: The use of styrofoam (expanded polystyrene) as food packaging poses health risks due to the migration of styrene monomers and environmental problems because it is difficult to degrade. This study aimed to synthesize and characterize a biodegradable biofoam based on sago starch (*Metroxylon* sp.) reinforced with sugarcane bagasse fiber, and to evaluate the effect of polyvinyl alcohol (PVA) addition on its characteristics. Two formulations were prepared using a baking process method at 100 °C for 120 minutes: Sample A (with 10 g PVA) and Sample B (without PVA), with a fixed composition of 129 g sago starch, 43 g sugarcane bagasse fiber, 50 mL glycerin, 10 g ZnO, and 150 mL distilled water. Characterization included descriptive organoleptic testing, water absorption testing (5, 10, 15 minutes), leakage testing (30 minutes), and a soil burial biodegradability test (14 days, burial depth 15–20 cm). The organoleptic test results showed that both samples had a rough surface, a light-brown color attributed to the Maillard reaction and lignin content, good flexibility, and no pungent odor. The water absorption test showed that Sample B had better water resistance (0% at 5, 10, and 15 minutes) compared to Sample A (0%; 0.2%; 0.5%). The leakage test showed leakage occurring at the 13th minute (Sample A) and the 15th minute (Sample B), attributed to porosity and micro-cracks resulting from manual molding. The biodegradability test showed that both samples fully decomposed by day 11, with Sample B degrading faster than Sample A. The addition of PVA tended to increase local hydrophilicity due to incomplete dispersion and to slow biodegradation because of increased matrix crystallinity. The formulation without PVA showed a better overall balance of characteristics as a candidate biodegradable packaging material.

ABSTRAK: Penggunaan styrofoam (expanded polystyrene) sebagai kemasan pangan menimbulkan risiko kesehatan akibat migrasi monomer stirena dan masalah lingkungan karena sulit terdegradasi. Penelitian ini bertujuan mensintesis dan mengkarakterisasi biofoam biodegradable berbasis pati sagu (*Metroxylon* sp.) dengan penguat serat ampas tebu, serta mengevaluasi pengaruh penambahan polyvinyl alcohol (PVA) terhadap karakteristiknya. Dua formulasi dibuat menggunakan metode baking process pada suhu 100 °C selama 120 menit: Sampel A (dengan 10 g PVA) dan Sampel B (tanpa PVA), dengan komposisi tetap pati sagu 129 g, serat ampas tebu 43 g, gliserin 50 mL, ZnO 10 g, dan akuades 150 mL. Karakterisasi meliputi uji organoleptik deskriptif, uji daya serap air (5, 10, 15 menit), uji kebocoran (30 menit), dan uji biodegradabilitas soil burial test (14 hari, kedalaman

**corresponding author*

email: jasdarphysics@gmail.com

DOI: 10.24252/sainfis.v6i2.71389

15-20 cm). Hasil uji organoleptik menunjukkan kedua sampel memiliki permukaan kasar, warna cokelat muda akibat reaksi Maillard dan kandungan lignin, kelenturan baik tanpa bau menyengat. Uji daya serap air menunjukkan Sampel B memiliki ketahanan air lebih baik (0% pada 5, 10, 15 menit) dibandingkan Sampel A (0%; 0,2%; 0,5%). Uji kebocoran menunjukkan kebocoran pada menit ke-13 (Sampel A) dan menit ke-15 (Sampel B) akibat porositas dan retakan mikro dari pencetakan manual. Uji biodegradabilitas menunjukkan kedua sampel terdegradasi sempurna pada hari ke-11, dengan Sampel B terurai lebih cepat daripada Sampel A. Penambahan PVA cenderung meningkatkan hidrofilitas lokal akibat dispersi tidak sempurna dan memperlambat biodegradasi karena peningkatan kristalinitas matriks. Formulasi tanpa PVA menunjukkan keseimbangan karakteristik yang lebih baik sebagai kandidat material kemasan biodegradable

Kata Kunci: biofoam, biodegradable, pati sagu, ampas tebu, polyvinyl alcohol, kemasan pangan

PENDAHULUAN

Limbah industri merupakan salah satu penyumbang utama pencemaran lingkungan di Indonesia. Di antara berbagai jenis limbah agroindustri yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah ampas tebu, produk sisa dari proses ekstraksi cairan tebu pada industri gula, yang jumlahnya dapat mencapai sekitar 32% dari total berat tebu yang digiling [1]. Selama ini, ampas tebu umumnya hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, pupuk, pakan ternak, atau campuran bahan kertas, sehingga nilai tambahnya masih tergolong rendah [1]. Di sisi lain, pati sagu—hasil ekstraksi dari tanaman sagu (*Metroxylon* sp.) yang tumbuh melimpah di wilayah rawa tropis Indonesia—juga masih sering diabaikan sebagai bahan baku bernilai tinggi meskipun kandungan patinya dapat mencapai 75,88% [2].

Permasalahan limbah ini berkaitan erat dengan tingginya ketergantungan masyarakat terhadap kemasan pangan sekali pakai berbasis plastik, khususnya styrofoam (*expanded polystyrene*). Styrofoam banyak digunakan karena ringan, tahan bocor, mampu menjaga suhu, dan relatif murah [3]. Namun, styrofoam tersusun dari stirena yang, ketika mengalami degradasi, dapat teroksidasi menjadi stirena oksida—senyawa yang bersifat genotoksik dan berpotensi memicu mutasi gen serta pertumbuhan sel kanker [4]. Berbagai badan kesehatan internasional, termasuk *International Agency for Research on Cancer* (IARC), telah mengklasifikasikan stirena sebagai *probably carcinogenic to humans*, dengan potensi migrasi monomer stirena dari kemasan polistirena ke dalam makanan, terutama pada makanan berlemak dan bersuhu tinggi [5]. Selain risiko kesehatan, styrofoam juga sukar terurai secara alami dan berpotensi menghasilkan senyawa dioksin apabila dibakar, sehingga limbahnya cenderung terakumulasi dan mencemari lingkungan [6].

Berdasarkan permasalahan tersebut, para peneliti mulai mengembangkan *biodegradable foam* (biofoam) sebagai alternatif pengganti styrofoam yang lebih ramah lingkungan. Biofoam merupakan material organik berstruktur ringan dan berpori yang dirancang menggunakan bahan alami seperti pati, selulosa, lignin, atau protein sebagai pengganti plastik berbasis minyak bumi [7]. Pati dipilih sebagai komponen utama biofoam karena sifatnya yang terbarukan, tidak beracun, murah, dan mudah terurai oleh

mikroorganisme tanah [8]. Pati banyak ditemukan pada sereal, umbi-umbian, maupun batang tanaman seperti sagu dan aren, dengan kandungan yang bervariasi tergantung sumbernya [9].

Meskipun demikian, biofoam berbahan pati murni memiliki kelemahan berupa kekuatan mekanik yang rendah serta daya tahan terhadap air yang kurang baik, sehingga umumnya memerlukan penambahan serat sebagai penguat (*filler*) untuk memperbaiki karakteristik fisiknya [10]. Ampas tebu berpotensi besar digunakan sebagai *filler* tersebut karena kandungan lignoselulosanya yang tinggi, dengan komposisi selulosa sekitar 37%, lignin 22%, dan pentosan 27% [11], serta struktur serat yang panjang (1,7–2 mm) dan tidak larut dalam air sehingga cocok untuk memperkuat matriks komposit biofoam [11]. Studi-studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa serat lignoselulosa dari limbah agroindustri, termasuk ampas tebu, dapat berperan efektif sebagai penguat pada komposit biodegradable berbasis pati maupun selulosa, dengan potensi aplikasi luas pada sektor kemasan [12].

Selain penambahan serat, bahan aditif seperti *polyvinyl alcohol* (PVA), seng oksida (ZnO), dan gliserin juga sering ditambahkan untuk memperbaiki fleksibilitas, kekuatan, dan stabilitas biofoam [13]. PVA dikenal sebagai bahan pengemulsi yang aman karena bersifat larut air, biokompatibel, dan tidak beracun [14], namun beberapa penelitian menunjukkan bahwa sifat kristalin PVA justru dapat menurunkan daya serap air sekaligus memperlambat laju biodegradasi material berbasis pati [15]. Sementara itu, gliserin berperan sebagai plasticizer yang meningkatkan elastisitas produk, dan telah dilaporkan turut memengaruhi kecepatan penguraian biofoam di lingkungan tanah [16]. Penelitian terdahulu mengenai biofoam berbahan ampas tebu dan pati (seperti maizena maupun tepung whey) juga telah menunjukkan hasil yang menjanjikan sebagai alternatif pengganti styrofoam pada aplikasi kemasan pangan [17], [18].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis biofoam berbahan dasar pati sagu dengan penambahan serat limbah ampas tebu, gliserin, dan ZnO, serta mengevaluasi pengaruh penambahan PVA terhadap karakteristik biofoam yang dihasilkan. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang umumnya hanya mengevaluasi satu formulasi tunggal, penelitian ini dirancang secara komparatif dengan dua sampel—dengan dan tanpa PVA—untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai peran PVA terhadap sifat fisik, ketahanan air, dan laju biodegradasi biofoam. Karakterisasi kualitas biofoam dilakukan melalui empat pengujian, yaitu uji organoleptik, uji daya serap air, uji kebocoran, dan uji biodegradabilitas, guna menilai kelayakannya sebagai alternatif kemasan pangan yang ramah lingkungan dan berbasis pemanfaatan limbah agroindustri.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mixer, gelas ukur, spatula, oven, blender, dan aluminium foil. Bahan yang digunakan terdiri atas serat ampas tebu (43 g), pati sagu (129 g), akuades (120 mL), gliserin (50 mL), PVA (10 g), dan ZnO (10 g), dengan rasio serat ampas tebu terhadap pati sagu sebesar 1:3. Rincian alat dan bahan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No	Nama	Jumlah/Volume
1	Mixer	1 buah
2	Gelas ukur	1 buah
3	Spatula	1 buah
4	Oven	1 buah
5	Blender	1 buah
6	Aluminium foil	secukupnya
7	Serat ampas tebu	43 g
8	Pati sagu	129 g
9	Akuades	120 mL
10	Gliserin	50 mL
11	PVA	10 g
12	ZnO	10 g

Metode Penelitian

Preparasi Serat Ampas Tebu

Ampas tebu yang telah disiapkan dihaluskan menggunakan blender dengan penambahan air, kemudian disaring untuk memisahkan serat dari cairan. Serat hasil penyaringan dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C selama 30 menit untuk mengurangi kadar air. Setelah mencapai suhu ruang, serat ampas tebu kering dihaluskan kembali menggunakan blender hingga diperoleh serat yang lebih halus dan siap digunakan sebagai *filler* biofoam.

Sintesis Biofoam

Dua formulasi biofoam disiapkan secara terpisah menggunakan metode *baking process* (pemanggangan dalam cetakan panas) [1], dengan tahapan sebagai berikut:

a. Sampel A (dengan PVA)

Serat ampas tebu dan pati sagu dicampurkan dengan perbandingan 1:3, kemudian ditambahkan gliserin (50 mL), akuades (120 mL), PVA (10 g), dan ZnO (10 g) ke dalam wadah. Seluruh bahan dihomogenisasi menggunakan mixer, kemudian adonan dituangkan ke dalam cetakan yang telah dilapisi aluminium foil dan diratakan menggunakan spatula. Sampel dipanggang dalam oven pada suhu 100 °C selama 120 menit, kemudian dikeluarkan dan didinginkan hingga suhu ruang sebelum dilepaskan dari cetakan.

b. Sampel B (tanpa PVA)

Prosedur pembuatan Sampel B identik dengan Sampel A, dengan perbandingan serat ampas tebu dan pati sagu 1:5 serta penambahan gliserin (50 mL), akuades (150 mL), dan ZnO (10 g), tanpa penambahan PVA. Proses homogenisasi, pencetakan, dan pemanggangan dilakukan dengan parameter yang sama seperti Sampel A (suhu 100 °C, 120 menit).

Karakterisasi Biofoam

Biofoam hasil sintesis dari kedua formulasi dikarakterisasi melalui empat pengujian sebagai berikut:

a. Uji Organoleptik

Pengujian dilakukan secara deskriptif dengan mengamati permukaan, warna, aroma, dan kelenturan sampel biofoam menggunakan indra manusia [2]. Parameter yang diamati meliputi tekstur permukaan (kasar/halus, rata/tidak rata), warna, bau, dan tingkat kelenturan sampel.

b. Uji Daya Serap Air

Sampel dipotong dengan ukuran 2×2 cm dan ditimbang untuk memperoleh massa awal (m_0). Sampel kemudian direndam dalam 40 mL akuades di dalam gelas kimia selama interval waktu tertentu (5, 10, dan 15 menit). Setelah perendaman pada masing-masing interval, sampel diangkat, permukaannya dikeringkan menggunakan tisu, lalu ditimbang untuk memperoleh massa akhir (m_1). Persentase daya serap air dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\%$$

c. Uji Kebocoran

Sampel dengan ukuran 2×2 cm diberi alas kertas, kemudian diisi air pada bagian permukaannya. Pengamatan dilakukan selama 30 menit untuk melihat ada tidaknya rembesan air pada bagian bawah sampel, dengan waktu munculnya kebocoran dicatat sebagai indikator ketahanan sampel terhadap air.

d. Uji Biodegradabilitas

Pengujian dilakukan dengan metode penguburan tanah (soil burial test) [3]. Sampel berukuran 2×2 cm dikubur pada kedalaman 15–20 cm, kemudian diamati perubahan fisiknya pada hari ke-3, ke-7, dan ke-14 untuk mengevaluasi kemampuan biofoam terurai secara alami oleh mikroorganisme tanah.

Analisis Data

Data hasil uji organoleptik dan uji kebocoran dianalisis secara deskriptif-kualitatif berdasarkan pengamatan visual dan perbandingan antara Sampel A dan Sampel B. Data hasil uji daya serap air dianalisis secara kuantitatif dalam bentuk persentase pada tiap interval waktu (5, 10, dan 15 menit) dan disajikan dalam bentuk tabel. Data hasil uji biodegradabilitas dianalisis secara deskriptif berdasarkan waktu penguraian sampel di dalam tanah pada titik pengamatan yang ditetapkan (hari ke-3, 7, dan 14), dengan membandingkan laju degradasi antara Sampel A dan Sampel B.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Serat Ampas Tebu

Ampas tebu merupakan salah satu limbah agroindustri yang pemanfaatannya masih belum optimal di masyarakat, padahal industri gula dapat menghasilkan ampas tebu hingga sekitar 32% dari total berat tebu yang digiling [1]. Secara komposisi kimia, ampas tebu tergolong material lignoselulosa yang kaya akan selulosa (37–50%), hemiselulosa (20–30%), dan lignin (20–30%), yang bersama-sama membentuk struktur penyusun serat [1], [11]. Kandungan selulosa yang tinggi ini menjadikan ampas tebu berpotensi besar sebagai bahan penguat (filler) pada komposit biodegradable, karena selulosa berperan memberikan kekuatan dan kekakuan pada matriks polimer.

Preparasi serat ampas tebu pada penelitian ini dilakukan melalui tahapan penghalusan, penyaringan, dan pengeringan pada suhu 100 °C selama 30 menit, sehingga diperoleh serat kering berwarna cokelat muda yang siap digunakan sebagai filler dalam sintesis biofoam.



Gambar 1. Serat Ampas Tebu

Berdasarkan hasil pengamatan visual pada Gambar 1, serat ampas tebu hasil preparasi menunjukkan tekstur yang seragam, kering, dan berwarna cokelat muda dengan ukuran partikel yang relatif halus dan merata. Warna cokelat muda yang dihasilkan diduga mengindikasikan bahwa proses pengeringan pada suhu 100 °C tidak menyebabkan degradasi termal berlebih pada komponen lignin, mengingat lignin bersifat termoplastik dan cenderung mengalami perubahan warna atau karamelisasi apabila terpapar suhu tinggi dalam waktu yang lama [11]; interpretasi ini bersifat teoretis berdasarkan literatur karena penelitian ini tidak melakukan analisis komposisi kimia (mis. penentuan kadar lignin) pada serat hasil preparasi. Tekstur yang seragam pada serat secara visual juga mengindikasikan bahwa proses penghalusan menggunakan blender telah memecah struktur serat kasar ampas tebu menjadi partikel berukuran lebih kecil, yang secara teoretis penting untuk meningkatkan luas permukaan kontak antara serat dan matriks pati sagu pada tahap pencampuran [10].

Proses pengeringan bertujuan utama untuk menurunkan kadar air pada serat, mengingat serat ampas tebu segar memiliki sifat higroskopis akibat kandungan hemiselulosanya yang bersifat amorf dan mudah mengikat air [1], [11]. Secara teoretis, kadar air yang tinggi pada serat penguat dapat menimbulkan sejumlah masalah pada tahap sintesis biofoam, di

antaranya menurunkan efisiensi ikatan antarmuka (interfacial bonding) antara serat dan matriks pati akibat terbentuknya rongga udara/uap saat proses pemanasan, serta berpotensi memicu pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menurunkan kualitas dan daya simpan produk [8]. Penelitian ini tidak melakukan pengukuran kadar air kuantitatif pada serat maupun analisis mikrostruktur (SEM) yang dapat mengonfirmasi efisiensi ikatan antarmuka tersebut secara langsung; pernyataan di atas merupakan penjelasan berbasis literatur, bukan hasil pengukuran. Secara kualitatif, serat ampas tebu hasil preparasi yang tampak kering dan seragam pada Gambar 1 mengindikasikan bahwa proses pengeringan telah mengurangi kadar air bebas pada serat, sehingga secara visual berada dalam kondisi yang sesuai untuk dicampurkan dengan matriks pati sagu pada tahap sintesis biofoam berikutnya.

Sintesis Biofoam

Biofoam disintesis menggunakan metode *baking process* (pemanggangan dalam cetakan panas) pada suhu 100 °C selama 120 menit terhadap dua formulasi, yaitu Sampel A (dengan penambahan PVA) dan Sampel B (tanpa penambahan PVA). Metode *baking process* dipilih karena mekanismenya yang relatif sederhana, di mana panas yang diberikan pada adonan pati menyebabkan terjadinya gelatinisasi pati serta penguapan air secara bertahap dari bagian dalam menuju permukaan cetakan, sehingga terbentuk struktur berpori khas *foam* [13]. Selama proses gelatinisasi, granula pati menyerap air dan mengembang akibat pemanasan, kemudian struktur kristalin pati mengalami disorganisasi sehingga rantai amilosa dan amilopektin membentuk jaringan tiga dimensi yang, setelah proses pengeringan, menghasilkan struktur padat namun ringan menyerupai busa [8].



Gambar 2. Sampel A Biofoam dan Sampel B Biofoam

Berdasarkan **Gambar 2**, secara visual kedua sampel biofoam berhasil terbentuk dengan struktur padat berbentuk lembaran yang mengikuti kontur cetakan yang digunakan, menandakan bahwa proses gelatinisasi pati sagu telah berlangsung optimal pada suhu dan waktu pemanggangan yang diterapkan. Tampak pula perbedaan kenampakan permukaan antara kedua sampel, di mana salah satu sampel menunjukkan permukaan yang lebih homogen sementara sampel lainnya memperlihatkan bercak-bercak putih yang tersebar pada permukaannya. Perbedaan kenampakan ini diduga berkaitan dengan keberadaan PVA pada Sampel A, mengingat PVA merupakan polimer sintesis yang bersifat semikristalin dan apabila tidak terdispersi secara sempurna dalam matriks pati dapat membentuk gumpalan atau area lokal dengan konsentrasi lebih tinggi, yang tampak sebagai bercak pada permukaan

produk akhir [14]. Selain PVA, keberadaan partikel ZnO pada kedua formulasi turut berkontribusi terhadap variasi kenampakan permukaan, karena ZnO merupakan bahan pengisi anorganik yang berfungsi meningkatkan sifat antimikroba dan kristalinitas komposit, namun jika tidak terdistribusi merata dapat menimbulkan titik-titik keputihan pada permukaan bahan berbasis pati [13].

Terbentuknya struktur biofoam yang padat pada kedua sampel juga tidak terlepas dari peran gliserin sebagai *plasticizer*. Gliserin bekerja dengan menyisip di antara rantai polimer pati, mengurangi gaya antarmolekul, serta meningkatkan mobilitas rantai sehingga adonan menjadi lebih mudah dibentuk mengikuti cetakan dan tidak mudah retak selama proses pemanasan berlangsung [11]. Peran gliserin ini sejalan dengan fungsi serat ampas tebu yang bertindak sebagai penguat struktural, di mana serat lignoselulosa akan terdistribusi di dalam matriks pati yang telah tergelatinisasi dan membentuk jaringan komposit yang lebih kokoh dibandingkan biofoam berbahan pati murni tanpa penguat [10], [12]. Perbedaan formulasi antara kedua sampel selanjutnya dievaluasi lebih lanjut melalui empat pengujian karakteristik, yaitu uji organoleptik, uji daya serap air, uji kebocoran, dan uji biodegradabilitas, guna menilai kelayakannya sebagai alternatif kemasan pangan ramah lingkungan pengganti styrofoam.

Karakterisasi Biofoam

Uji Organoleptik



Gambar 3. Hasil uji organoleptik sampel A dan B

Uji organoleptik atau evaluasi sensori merupakan pengujian yang menggunakan indra manusia untuk menilai tekstur, penampakan, aroma, dan bentuk biofoam, yang secara umum terdiri atas tiga jenis pengujian, yaitu uji perbedaan (*discriminative test*), uji deskripsi (*descriptive test*), dan uji afektif (*affective test*) [1]. Pengujian ini memiliki peran penting dalam tahap awal pengembangan produk kemasan biodegradable, karena parameter fisik seperti warna, tekstur, dan aroma berkaitan erat dengan penerimaan konsumen serta menjadi indikator awal keberhasilan proses gelatinisasi dan homogenisasi bahan selama sintesis [13].

Berdasarkan **Gambar 3**, hasil pengamatan menunjukkan bahwa kedua sampel memiliki permukaan yang kasar dan tidak rata, yang disebabkan oleh proses pencetakan yang masih dilakukan secara manual menggunakan tangan sehingga tekanan dan ketebalan adonan tidak terdistribusi secara seragam pada seluruh permukaan cetakan. Sampel A dan Sampel B sama-sama menunjukkan warna kecokelatan, yang secara teoretis dapat dijelaskan melalui reaksi

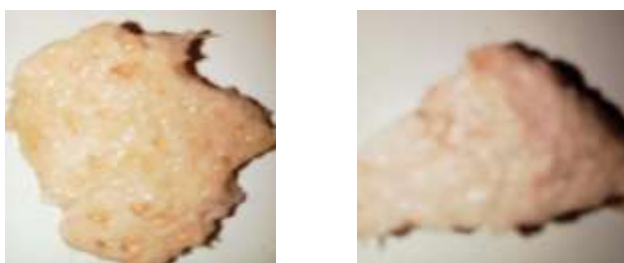
pencokelatan non-enzimatis (reaksi Maillard) antara gugus gula pereduksi hasil hidrolisis parsial pati dengan gugus amina pada suhu pemanggangan 100 °C, di samping kontribusi warna alami dari pigmen dan komponen lignin pada serat ampas tebu [11], [12]. Kedua sampel juga menunjukkan tingkat kelenturan yang baik, yang mengindikasikan bahwa gliserin sebagai *plasticizer* telah berhasil menyisip di antara rantai polimer pati dan meningkatkan mobilitas rantai sehingga struktur biofoam tidak bersifat kaku dan getas [14]. Tidak adanya bau menyengat pada kedua sampel juga menunjukkan bahwa proses pemanggangan pada suhu 100 °C tidak menyebabkan degradasi termal berlebih yang biasanya menghasilkan senyawa volatil berbau tidak sedap pada komposit berbasis pati. Secara keseluruhan, tidak ditemukan perbedaan organoleptik yang mencolok antara Sampel A dan Sampel B, mengindikasikan bahwa penambahan PVA pada konsentrasi 10 g tidak memengaruhi secara signifikan sifat sensoris biofoam yang dihasilkan.

Uji Daya Serap Air

Pengujian daya serap air bertujuan mengetahui persentase penyerapan air oleh biofoam, di mana semakin rendah nilai persentasenya, semakin lambat pula proses kerusakan biofoam akibat penyerapan air. Secara teoretis, tingginya daya serap air pada material berbasis pati berkaitan dengan keberadaan gugus hidroksil (-OH) yang melimpah pada molekul amilosa dan amilopektin, yang bersifat sangat hidrofilik dan mampu membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air di sekitarnya [9].

Tabel 2. Nilai Daya Serap Air Biofoam

Jenis Sampel	Daya Serap Air		
	5 Menit	10 Menit	15 Menit
A	0%	0.2%	0.5%
B	0%	0%	0%



Gambar 4. Hasil setelah dilakukan perendaman

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 4, Sampel B (tanpa PVA) menunjukkan perubahan massa yang berada di bawah batas deteksi timbangan pada seluruh interval waktu pengamatan (5, 10, dan 15 menit), sedangkan Sampel A (dengan PVA) menunjukkan peningkatan bertahap dari 0% pada menit ke-5 menjadi 0,2% pada menit ke-10 dan 0,5% pada menit ke-15. Kedua nilai ini berada jauh di bawah ambang batas daya serap air biofoam menurut SNI 7188.7:2016, yaitu 26,12% [2], yang mengindikasikan bahwa kedua formulasi biofoam pada penelitian ini memiliki ketahanan air yang baik dibandingkan standar acuan tersebut. Sampel B yang menunjukkan daya serap air lebih rendah mengindikasikan bahwa matriks pati sagu dan serat ampas tebu tanpa PVA pada penelitian ini menghasilkan struktur yang lebih rapat terhadap penetrasi air dalam pengukuran tunggal ini. Perlu dicatat bahwa pengujian ini tidak direplikasi dan resolusi/ketelitian neraca yang digunakan tidak dilaporkan, sehingga nilai 0% pada Sampel B belum dapat dipastikan sebagai tidak adanya penyerapan air sama sekali, melainkan kemungkinan berada di bawah batas deteksi alat ukur yang digunakan; interpretasi kuantitatif dari selisih kecil antara Sampel A dan B pada penelitian ini bersifat sementara dan memerlukan konfirmasi melalui pengulangan pengukuran dengan neraca beresolusi tinggi.

Uji Kebocoran

Uji kebocoran dilakukan untuk mengukur kemampuan sampel biofoam menahan air dengan cara meneteskan air pada permukaan sampel yang dialasi kertas, kemudian diamati selama 30 menit. Pengujian ini penting dilakukan mengingat salah satu fungsi utama kemasan pangan adalah mencegah rembesan cairan yang dapat merusak produk yang dikemas maupun mengurangi integritas struktural kemasan itu sendiri [8].



Gambar 5. Hasil Uji Kebocoran

Berdasarkan Gambar 5, hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua sampel (A dan B) mengalami kebocoran, masing-masing pada menit ke-13 dan menit ke-15. Kebocoran ini diduga disebabkan oleh adanya retakan pada permukaan sampel akibat kekeringan serta tingkat kerapuhan struktur biofoam yang masih relatif tinggi. Ketebalan rata-rata biofoam yang dihasilkan sekitar 2 mm turut memengaruhi kemampuannya dalam menahan rembesan air—semakin tipis struktur foam, semakin besar kecenderungan air untuk merembes melalui pori-pori dan celah mikro pada permukaan sampel [4]. Secara teoretis, ketahanan terhadap kebocoran pada komposit berbasis pati berkaitan erat dengan derajat porositas dan homogenitas jaringan matriks yang terbentuk selama proses gelatinisasi; adanya rongga atau

celah mikro akibat pencetakan manual yang kurang merata dapat menjadi jalur kapiler bagi air untuk merembes secara bertahap ke bagian bawah sampel [12]. Sifat kerapuhan yang teramati pada kedua sampel ini sejalan dengan karakteristik umum biofoam berbasis pati, yang cenderung rapuh dan hidrofilik sehingga memerlukan modifikasi lebih lanjut, seperti optimasi rasio serat-pati atau penambahan agen ikat silang, untuk meningkatkan ketahanannya terhadap kebocoran [5].

Uji Biodegradabilitas

Pengujian biodegradabilitas dilakukan dengan metode penguburan tanah (soil burial test) untuk mengetahui kemampuan biofoam terurai secara alami oleh aktivitas mikroorganisme, dengan pengamatan pada hari ke-3, ke-7, dan ke-14. Secara teoretis, proses biodegradasi material berbasis pati di dalam tanah dapat berlangsung melalui mekanisme hidrolisis enzimatis, di mana mikroorganisme tanah seperti bakteri dan fungi mensekresikan enzim amilase yang memutus ikatan glikosidik pada rantai amilosa dan amilopektin menjadi unit-unit gula sederhana yang lebih mudah dimetabolisme [8]; mekanisme ini tidak diverifikasi secara langsung pada penelitian ini karena tidak dilakukan analisis biokimia/mikrobiologi terhadap sampel maupun tanah pengujian.



Gambar 6. Hasil Uji Biodegradable

Berdasarkan Gambar 6, hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua sampel biofoam secara visual terurai sepenuhnya pada titik pengamatan terakhir, yaitu hari ke-14. Sampel B (tanpa PVA) terurai lebih cepat dibandingkan Sampel A (dengan PVA), yang mengindikasikan bahwa penambahan PVA cenderung memperlambat laju biodegradasi biofoam pada penelitian ini. Salah satu dugaan penjelasan adalah sifat kristalin PVA yang berpotensi membentuk ikatan lebih kompak dengan matriks pati, sehingga menghambat akses mikroorganisme tanah untuk mendegradasi struktur biofoam secara menyeluruh [15]; perlu ditekankan bahwa penelitian ini tidak melakukan karakterisasi kristalinitas (mis. XRD) atau mikrostruktur (SEM) sehingga mekanisme tersebut merupakan interpretasi berbasis literatur (dugaan), bukan temuan yang terkonfirmasi secara eksperimental langsung. Temuan laju degradasi ini konsisten arahnya dengan hasil penelitian lain yang menunjukkan bahwa film berbasis pati dengan plasticizer gliserol tanpa kombinasi polimer sintesis tambahan cenderung menunjukkan laju biodegradasi yang lebih cepat dibandingkan formulasi yang mengandung polimer pendukung seperti PVA [6]. Selain faktor kristalinitas PVA yang diduga berperan, kelembapan tanah dan aktivitas mikroorganisme di sekitar area penguburan

turut diduga berperan penting dalam mempercepat proses pelapukan [8]. Meskipun demikian, Sampel A yang mengandung PVA tetap menunjukkan kemampuan terurai sepenuhnya dalam kurun waktu 14 hari, jauh lebih cepat dibandingkan ambang waktu degradasi 60 hari pada SNI 7188.7:2016 [2], sehingga kedua formulasi tetap dapat dikategorikan sebagai material yang biodegradable.

Secara keseluruhan, hasil karakterisasi menunjukkan adanya trade-off antara penambahan PVA dengan sifat biodegradabilitas biofoam: PVA berkontribusi terhadap pembentukan struktur yang secara visual sedikit lebih kompak, namun pada saat yang sama tampak memperlambat laju penguraian alami material pada penelitian ini. Sebaliknya, formulasi tanpa PVA (Sampel B) menunjukkan performa yang sedikit lebih unggul pada aspek daya serap air dan kecepatan biodegradasi dalam pengukuran tunggal ini, sehingga dapat dipertimbangkan sebagai formulasi yang lebih optimal apabila prioritas utama adalah kecepatan penguraian di lingkungan. Namun demikian, kedua formulasi sama-sama menunjukkan kerentanan terhadap kebocoran akibat kerapuhan struktur, yang mengindikasikan perlunya optimasi lebih lanjut—baik melalui penyesuaian rasio serat-pati, peningkatan homogenitas pencampuran (misalnya menggunakan cetakan mesin dibanding manual), maupun eksplorasi plasticizer alternatif—untuk menghasilkan biofoam dengan keseimbangan yang lebih baik antara ketahanan mekanik, ketahanan air, dan biodegradabilitas.

SIMPULAN

Biofoam berbahan dasar pati sagu dengan filler serat ampas tebu yang dikembangkan dalam penelitian ini, baik dengan maupun tanpa penambahan polyvinyl alcohol (PVA), berhasil disintesis melalui metode baking process dan menunjukkan karakteristik fisik yang sesuai untuk kajian awal sebagai kandidat kemasan biodegradable. Kedua sampel memiliki permukaan kasar, warna kecokelatan, dan kelenturan yang baik tanpa bau menyengat pada pengamatan organoleptik. Pada uji daya serap air, Sampel B (tanpa PVA) menunjukkan nilai yang berada di bawah batas deteksi timbangan pada seluruh interval waktu, sedangkan Sampel A (dengan PVA) menunjukkan peningkatan bertahap hingga 0,5% pada menit ke-15; kedua nilai ini jauh di bawah ambang SNI 7188.7:2016 (26,12%), meskipun pengukuran ini bersifat tunggal tanpa replikasi. Uji kebocoran menunjukkan kedua sampel mengalami kebocoran pada menit ke-13 (Sampel A) dan ke-15 (Sampel B) akibat keretakan dan kerapuhan struktur, menandakan perlunya optimasi lebih lanjut terhadap ketahanan mekanik. Uji biodegradabilitas menunjukkan kedua sampel terurai sepenuhnya secara visual pada titik pengamatan terakhir (hari ke-14), dengan Sampel B terurai lebih cepat dibandingkan Sampel A, mengindikasikan bahwa penambahan PVA cenderung memperlambat laju biodegradasi; kedua formulasi tetap tergolong biodegradable karena jauh berada di bawah ambang waktu 60 hari pada SNI 7188.7:2016. Secara keseluruhan, untuk parameter yang dievaluasi pada penelitian ini, formulasi tanpa PVA (Sampel B) menunjukkan keseimbangan karakteristik yang relatif lebih baik sebagai kandidat material kemasan biodegradable, meskipun klaim sebagai pengganti styrofoam secara penuh memerlukan evaluasi lebih lanjut.

Keterbatasan penelitian ini meliputi: (1) belum dilakukannya karakterisasi mikrostruktur (SEM), analisis gugus fungsi (FTIR), maupun kristalinitas (XRD) yang diperlukan untuk mengonfirmasi mekanisme interaksi material yang dibahas; (2) belum dilakukannya pengujian sifat mekanik, ketahanan terhadap uap air/minyak, keamanan kontak pangan, serta migrasi (khususnya terkait ZnO), sehingga klaim kelayakan sebagai pengganti styrofoam belum dapat sepenuhnya dibuktikan; (3) pengujian daya serap air yang hanya dilakukan satu kali (tanpa replikasi) untuk setiap sampel dan interval waktu; dan (4) durasi pengamatan biodegradasi yang relatif singkat (hingga hari ke-14) dengan titik pengamatan terbatas. Oleh karena itu, penelitian lanjutan direkomendasikan untuk melakukan replikasi pengukuran dengan pelaporan rata-rata $\pm$ standar deviasi, memperpanjang dan memperbanyak titik waktu pengamatan biodegradasi, serta melakukan karakterisasi lanjutan seperti uji mekanik, FTIR, SEM/XRD, dan uji migrasi guna mengevaluasi secara lebih komprehensif potensi biofoam ini sebagai material kemasan pangan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anwar, S. (2018). Sintesis plastik biodegradable berbahan komposit pati sagu-kitosan sisik ikan katamba. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 9(1), 23–30.
- [2] Ayu, A. K. P., Fatriani, & Trisnu, S. (2019). Pemanfaatan pohon sagu (*Metroxylon* sp) dan kualitas pati sagu dari Desa Salimuran Kecamatan Kusan Hilir Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan. *Jurnal Sylva Scientiae*, 2(6), 1086–1093.
- [3] Cavallo, D., Tranfo, G., Ursini, C. L., Freseigna, A. M., Ciervo, A., Maiello, R., Paci, E., Pignini, D., Gherardi, M., Gatto, M. P., Buresti, G., & Iavicoli, S. (2018). Biomarkers of early genotoxicity and oxidative stress for occupational risk assessment of exposure to styrene in the fibreglass reinforced plastic industry. *Toxicology Letters*, 298(1), 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2018.06.002>
- [4] Chusnana, I. Y. (2016). Nilai guna ampas tebu di bidang material industri. *Seminar Nasional Jurusan Fisika FMIPA UM*, 13–16.
- [5] Harni, M., Sari, R., Rini, R., & Suliasyah, I. (2022). Pati pada berbagai sumber tanaman. *Jurnal Agroteknika*, 5(1), 26–39.
- [6] Harunsyah, Ratna, S., Yunus, M., & Reza, F. (2020). Pemanfaatan serat ampas tebu sebagai bahan biodegradable foam pengganti styrofoam sebagai bahan kemasan makanan yang ramah. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 4(1), 114–120.
- [7] Jasdar, A., Syafirah, R., Putri, N. S., Dian, R. W., & Zuhrah, A. R. (2023). Pengembangan biodegradable foam berbahan dasar pati dari ekstrak jagung dengan penambahan serat dari pelepah pisang. *Jurnal Chemica*, 24(1), 78–86.
- [8] Kaisangsri, N., Kerdchoechuen, O., & Laohakunjit, N. (2012). Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 542–546. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.07.031>
- [9] Linda, H., Dinda, A., & Azimatur, R. (2021). Pembuatan biofoam berbahan dasar ampas tebu dan whey. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 43(2), 75–81.

- [10] Pamilia, C., Roosdiana, M., Hendra, W. S., Andre, M. R. A., & Robinsyah. (2018). Pengaruh konsentrasi NaOH serta rasio serat daun nanas dan ampas tebu pada pembuatan biofoam. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(24), 1–7.
- [11] Sarlinda, F., Hasan, A., & Ulma, Z. (2022). Pengaruh serat kulit kopi dan polivinil alkohol (PVA) terhadap karakteristik biodegradable foam dari pati kulit singkong. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, 4(2), 14–30.
- [12] Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2020). Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. *Food Research International*, 132, 109114. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109114>
- [13] Syamsul, B., Fitriani, & Jalaluddin. (2021). Pembuatan biofoam dari ampas tebu dan tepung maizena. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(1), 24–32.
- [14] Yudith, V. P., Risa, N., & Antin, Y. (2017). Penerapan produksi bersih dalam upaya penurunan timbulan limbah cair di pabrik gula tebu. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 14(2), 54–61
- [15] SNI 7188.7:2016 — Spesifikasi kemasan biodegradable/plastik terurai. Badan Standardisasi Nasional.