

Karakterisasi Biodegradable Foam dengan Variasi Serat Batang Pisang dan Konsentrasi Gliserol

Na'ilul Husna¹, Intan Hasna Fauzani Majid¹, Diana Wahyu Ramdhany¹, Slamet Nurul Ilahi², Aqilah Rahma Adiningrum², Zia Rahmawati³, Nabila Nur Fauza³, Jovin Septiani Lesmana³, Elda Zaelita Nurul Raizma⁴, Riyan Bintang Syahputra⁴, dan Kis Rindiana Subroto⁵

¹Program Studi Agribisnis, Universitas Jenderal Soedirman,

²Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Jenderal Soedirman,

³Program Studi Fisika, Universitas Jenderal Soedirman,

⁴Program Studi Biologi, Universitas Jenderal Soedirman,

⁵Program Studi Ilmu Gizi, Universitas Jenderal Soedirman,
Banyumas, Jawa Tengah, Indonesia

*E-mail: nailulhusna48@gmail.com (corresponding author)

Abstrak

Tingginya penggunaan styrofoam menimbulkan permasalahan yang signifikan bagi lingkungan, kesehatan, dan kelestarian alam. Permasalahan ini disebabkan oleh sifat dari styrofoam yang sulit terurai dan menghasilkan polutan berbahaya. Penelitian ini mengembangkan biodegradable foam berbahan dasar serat batang pohon pisang, pati tapioka, dan gliserol sebagai plasticizer. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh serat batang pisang (pelepah, inti, dan pelepah-inti) dan konsentrasi gliserol (5%, 8%, dan 11%) terhadap karakteristik *biodegradable foam*. Metode penelitian meliputi preparasi serat, pencampuran bahan, dan *baking process*, dengan pengujian karakteristik berupa uji biodegradable, daya serap air, dan kebocoran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biofoam berbahan inti batang pisang dengan gliserol 11% memiliki tingkat biodegradabilitas terbaik. Sementara itu, pada uji kebocoran menunjukkan bahwa sampel pelepah batang pisang dengan konsentrasi 11% memiliki ketahanan bocor yang paling tinggi. Adapun hasil uji daya serap air menunjukkan bahwa sampel campuran antara pelepah dan inti batang pisang dengan konsentrasi gliserol 8% memiliki daya serap air paling optimal dan sesuai standar SNI 1969:2008. Penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi biofoam berbasis serat pelepah dan inti batang pisang serta variasi gliserol dapat menghasilkan biodegradable foam dengan karakteristik fungsional yang menjanjikan sebagai alternatif pengganti *styrofoam*.

Kata kunci: batang pisang, biofoam, gliserol, selulosa, serat

1. Pendahuluan

Limbah *styrofoam* merupakan jenis sampah yang berasal dari produk *polystyrene* yang banyak digunakan sebagai bahan kemasan makanan ataupun alat elektronik [1]. *Styrofoam* tergolong bahan *non-biodegradable* sehingga sangat sulit terurai di lingkungan. Proses degradasi yang diperlukan dapat memakan waktu hingga ratusan tahun dan mengakibatkan penumpukan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Pengelolaan limbah *styrofoam* yang tidak tepat seperti pembakaran terbuka dapat melepaskan zat berbahaya seperti *styrene* dan *benzene* yang menyebabkan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan [2].

Penggunaan styrofoam sebagai bahan kemasan sekali pakai telah menimbulkan dampak signifikan terhadap timbunan sampah di Indonesia. Indonesia termasuk negara penyumbang sampah plastik termasuk styrofoam tertinggi kedua di dunia, yaitu sebesar 3,2 juta metrik ton per tahun [3]. Berdasarkan penelitian LIPI pada tahun 2018, volume sampah yang terdapat di perairan wilayah Indonesia mencapai 0,27 ton hingga 0,59 ton yang didominasi oleh sampah plastik termasuk styrofoam [4]. Studi lanjutan dari LIPI pada tahun 2019, menyatakan terdapat 59% sampah plastik yang masuk ke wilayah perairan Teluk Jakarta merupakan styrofoam berbahan polistirena [5].

Styrofoam atau *expanded polystyrene* (EPS) adalah polimer sintesis dari senyawa *styrene* yang sangat sulit terurai secara alami, dan selama hidupnya di lingkungan. *Styrofoam* dapat mengalami fragmentasi membentuk mikroplastik yang persisten serta mencemari tanah, air, dan rantai makanan. EPS diketahui mengeluarkan senyawa toksik seperti *stirena*, *benzena*, dan *ethylbenzene* melalui proses degradasi atau pembakaran tidak sempurna; senyawa-senyawa ini bersifat

karsinogenik, neurotoksik, dan dapat mengganggu sistem endokrin serta pernapasan. Secara ekologis, akumulasi limbah EPS berdampak negatif terhadap sanitasi perkotaan, seperti menyumbat saluran drainase dan memperburuk kondisi sanitasi [6].

Biofoam terbuat dari pati dan serat. Pati sebagai bahan utama biofoam berfungsi sebagai pengikat campuran [7]. Pati masih bersifat mudah menyerap air dan rapuh sehingga diperlukan penambahan bahan lain seperti serat untuk meningkatkan sifat mekanik biofoam [8]. Pelepah pisang kaya akan kandungan serat kasar dengan struktur serat yang panjang, memberikan sifat mekanik yang kuat dan cocok untuk bahan komposit yang membutuhkan ketahanan terhadap tekanan. Komposisi utamanya meliputi selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa pada pelepah pisang dapat mencapai sekitar 40–60%, sedangkan hemiselulosa berkisar antara 20–30%, dan lignin sekitar 10–20%. Kandungan selulosa yang tinggi berfungsi sebagai penguat dalam pembuatan biofoam [8]. Kandungan serat yang tinggi mempengaruhi biodegradabilitas material yang dihasilkan. *Biodegradable foam* berbasis batang pisang memiliki kemampuan terurai yang baik di lingkungan, sehingga menjadi alternatif yang ramah lingkungan untuk menggantikan styrofoam dalam aplikasi kemasan [9].

Menurut [10] volume produksi pisang di Indonesia pada tahun 2024 mencapai 96,9 juta kuintal dan terus meningkat setiap tahunnya. Tingginya pemanfaatan batang pisang menghasilkan limbah batang pisang. Data produksi pisang di Indonesia terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data produksi pisang di Indonesia

Tahun	2022	2023	2024
Produksi Pisang (kwintal)	92.454.270	92.454.270	92.454.270

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025)

Peningkatan produksi menunjukkan bahwa pisang merupakan komoditas hortikultura yang berpotensi besar di Indonesia. Selain sebagai sumber pangan, pelepah dan batang pisang dapat dimanfaatkan untuk inovasi kemasan biofoam ramah lingkungan. Pemanfaatan ini tidak hanya mengurangi limbah pertanian, tetapi juga menghasilkan produk *biodegradable* yang sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular.

Potensi pemanfaatan limbah pisang sebagai bahan baku biofoam terus dikembangkan, salah satunya melalui peningkatan kualitas material dengan penambahan bahan aditif seperti gliserol. Penggunaan gliserol dalam pembuatan biofoam dari pelepah pisang memiliki tujuan sebagai *plasticizer* yang dapat meningkatkan daya tahan mekanik dan fleksibilitas material tersebut. Penambahan gliserol ini dapat meningkatkan elongasi dan menurunkan kekakuan sehingga biofoam akan lebih elastis dan mudah dibentuk, penambahan gliserol juga berkontribusi untuk mempercepat proses degradasi di lingkungan. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh [11], penambahan gliserol dalam pembuatan bioplastik dapat meningkatkan elongasi dan mempercepat proses biodegradasi. Hal ini dikarenakan gliserol merupakan molekul polar yang memiliki tiga gugus hidroksil (-OH) yang dapat berikatan dengan rantai polimer, rantai polimer yang saling berikatan erat (salah satu contoh melalui ikatan hidrogen) akan menghasilkan material yang rapuh dan kaku. Penambahan gliserol diantara rantai polimer ini akan membuat jarak antar rantai meningkat sehingga rantai polimer dapat bergerak bebas dan membuat struktur lebih elastis dan fleksibel. Gugus hidroksil yang dimiliki gliserol juga memiliki sifat hidrofilik yang dapat berkontribusi pada proses degradasi, gugus -OH pada gliserol ini akan membuat material menjadi lebih mudah menyerap air sehingga mempercepat proses hidrasi dan hidrolisis pada rantai polimer. Selain karena sifat hidrofiliknya, penambahan gliserol akan membantu dalam proses degradasi biologis karena membuat ikatan polimer lebih longgar dan mudah dipecah sehingga mikroorganisme dapat menembus material dengan mudah [12].

Perbedaan karakteristik batang pisang yaitu pelepah, inti dan campuran memerlukan penyesuaian konsentrasi gliserol. Hal ini disebabkan karena gliserol berperan sebagai *plasticizer* yang dapat meningkatkan daya tahan mekanik dan

fleksibilitas material tersebut. Konsentrasi gliserol perlu dioptimalkan karena memengaruhi sifat dari biofoam termasuk kemampuan biofoam untuk terurai dalam tanah, daya serap air dan ketahanan air. Penambahan gliserol memberikan sifat hidrofobik yang luar biasa pada permukaan busa, sebagaimana dibuktikan oleh sudut kontak air berkisar antara 140 ° dan 150 ° [13].

Penggunaan konsentrasi gliserol yang berbeda yaitu pada kadar 5%, 8% dan 11% untuk membandingkan variasi komposisi serat batang pisang sehingga dapat memperoleh formulasi yang optimal. Selulosa yang terdapat pada serat batang pisang memerlukan gliserol sebagai plasticizer untuk mencapai tingkat fleksibilitas yang optimal. Serat batang pisang memiliki sifat hidrofilik dimana serat batang pisang dapat menyerap 3,5 hingga 5,2 kali lebih banyak air dibandingkan berat keringnya setelah dilakukan perendaman [14]. Kadar gliserol yang terlalu tinggi dapat menurunkan fungsi hidrofilik pada serat batang pisang dan menurunkan stabilitas biofoam. biofoam yang berbahan dasar pati yang merupakan bahan berpori sehingga memiliki kekuatan mekanis yang buruk pada saat kondisi basah [15]. Kekurangan ini dapat diatasi melalui penggabungan serat selulosa pada serat batang pisang dan konsentrasi gliserol sehingga dapat meningkatkan ketahanan air pada biofoam.

2. Metodologi

2.1 Desain Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode RAL-faktorial (Rancangan Acak Lengkap yang disusun faktorial) dengan dua perlakuan. Perlakuan pertama adalah proporsi antara serat batang pisang bagian pelepah dan inti (1:0, 0:1, 1:1). Perlakuan kedua adalah penambahan gliserol (5%, 8%, 11%).

2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian itu yaitu serat pelepah pisang, serat inti batang pisang, pati tapioka, PVA, NaOH, akuades, magnesium stearat, gliserol, dan *baking paper*. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pisau, wadah, nampan, gelas beaker, gelas labu, gelas ukur, *hot plate*, *blender chopper*, saringan, oven dengan suhu minimum 100°C, neraca analitik, cetakan, sendok, batang pengaduk, *magnetic stir bar*, kertas lakmus, desikator.

2.3 Pembuatan Serat Pelepah Pisang dan Serat Inti Batang Pisang

Pelepah dan inti batang pisang terlebih dahulu dibersihkan menggunakan air bersih, kemudian dipotong kecil-kecil berbentuk dadu. Setelah itu, potongan tersebut dihaluskan menggunakan blender chopper hingga membentuk serat kasar. Serat hasil penghalusan dimasak dalam larutan NaOH 5% selama 1 jam pada suhu 100°C menggunakan *hot plate* untuk menghilangkan lignin dan kotoran lainnya. Setelah proses pemasakan selesai, serat disaring dan dicuci dengan air hingga mencapai pH netral. Selanjutnya, serat dikeringkan menggunakan oven pada suhu 180°C selama 30 menit untuk mengurangi kadar air. Setelah dikeringkan, serat dihaluskan kembali menggunakan blender chopper hingga diperoleh serat yang lebih halus dan siap digunakan dalam formulasi biofoam.

2.4 Pembuatan Biofoam

Proses pembuatan biofoam dilakukan dengan mencampurkan serat pelepah batang pisang dan inti batang pisang berdasarkan tiga variasi rasio, yaitu 1:0, 1:1, 0:1. Campuran serat kemudian ditambahkan dengan pati tapioka 20 gram, magnesium stearat 1,20 gram, PVA 3 gram, dan akuades 30 ml. Lalu gliserol ditambahkan dengan tiga variasi konsentrasi, yaitu 5%, 8% dan 11%. Seluruh bahan tersebut diaduk secara merata selama 3 menit hingga diperoleh adonan yang homogen. Langkah berikutnya adalah metode *baking process* yaitu adonan dituangkan ke loyang berbahan aluminium yang sudah dilapisi dengan *baking paper*. Kemudian adonan dipanaskan menggunakan oven pada suhu 150°C selama 30 menit. Setelah dioven, biofoam dikeluarkan dan didinginkan pada suhu ruang hingga teksturnya menjadi keras.

2.5 Uji Biodegradable

Uji *biodegradable* ditujukan untuk mengetahui kemampuan biofoam terurai secara alami di dalam tanah. Sampel biofoam ditanam dalam media tanah dan dibiarkan selama 14 hari. Setiap sampel biofoam dilakukan observasi pada hari ke-3, ke-7, dan ke-14. Pada pengujian ini dilakukan penimbangan berat awal dan akhir untuk mengetahui total biofoam yang terdegradasi [16].

2.6 Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air (*water absorption index*) merupakan parameter penting dalam pengujian biofoam karena biofoam yang menjadi bahan kemasan pangan akan sangat berpengaruh pada produk yang akan dikemas. Sampel biofoam dipotong dengan ukuran 2,5 X 5 cm dan ditimbang sebagai massa awal [8]. Kemudian sampel direndam dalam air selama beberapa menit dan diangkat dan keringkan dengan tisu secara perlahan untuk menghilangkan sisa air, lalu ditimbang kembali sebagai massa akhir. Massa akhir sampel dibandingkan dengan massa awal sampel [17]. Analisis dilakukan dengan mengikuti acuan standar SNI 1969:2008 yaitu daya serap air dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Daya serap air (\%)} = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100\% \quad (1)$$

M_0 = massa awal (gram)

M_1 = massa akhir (gram)

2.7 Uji Kebocoran

Uji kebocoran digunakan untuk mengetahui kemampuan biofoam menahan air. Uji kebocoran dilakukan dengan cara menyiapkan sampel dengan ukuran 2x2 cm, lalu ditetesi air menggunakan pipet tetes dan didiamkan selama 30 menit. Apabila terjadi kebocoran sebelum waktu tersebut, maka biofoam dinyatakan memiliki ketahanan yang rendah. Ketahanan terhadap kebocoran sangat dipengaruhi oleh konsentrasi magnesium stearat, karena senyawa ini dapat membentuk lapisan film hidrofobik yang berfungsi sebagai penghalang air. Ketebalan biofoam optimum berada pada kisaran 2–3 mm untuk hasil yang efektif [7].

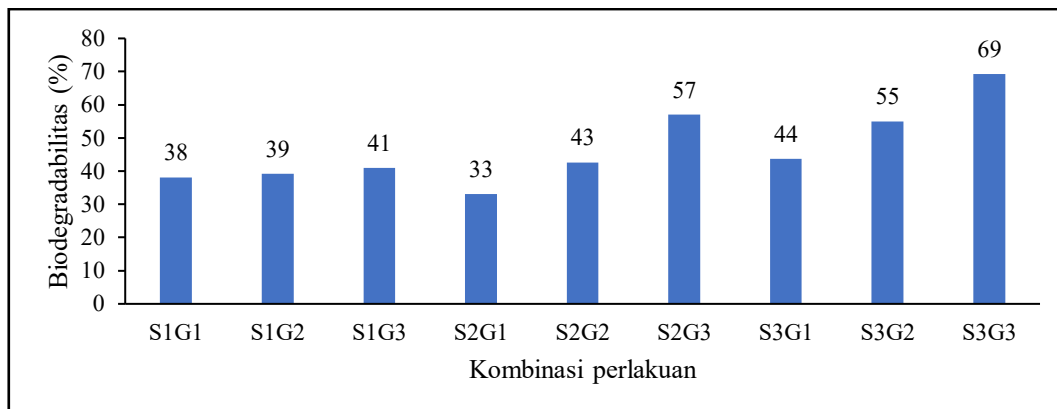
3. Hasil dan pembahasan

3.1 Pengaruh serat pelepah, inti, campuran, dan proporsi gliserol terhadap uji biodegradabilitas biofoam

Penggunaan serat pelepah pisang, inti, dan campuran menunjukkan adanya perbedaan karakteristik biodegradabilitas. Serat pelepah pisang bagian inti memiliki kandungan pati, gula, dan mineral dalam jumlah besar sehingga cocok digunakan sebagai sumber serat pada keperluan tekstil, kertas, dan aplikasi adsorben [18]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [18], inti batang pisang mengandung kadar abu $18 \pm 0,2$ (b/b) dan ekstraktif $67,3 \pm 0,5$ (b/b) yang lebih besar daripada pelepah pisang yang hanya mengandung kadar abu $15,6 \pm 1,0$ (b/b) dan ekstraktif $30,8 \pm 1,7$ (b/b). Sedangkan pelepah pisang lebih cocok sebagai sumber serat dan selulosa dengan kandungan lignin tidak terlarut $10,4 \pm 1,9$ (b/b), selulosa alfa $28,6 \pm 1,2$ (b/b), dan hemiselulosa $14,7 \pm 2,3$ (b/b). Kandungan tersebut lebih tinggi daripada bagian inti batang pisang dengan kandungan lignin tidak terlarut $5,8 \pm 1,2$ (b/b), selulosa alfa $5,6 \pm 0,7$ (b/b), dan hemiselulosa $3,3 \pm 0,4$ (b/b).

Biofoam dengan perlakuan bahan inti batang pisang lebih mudah terurai daripada pelepah maupun campuran. Hal ini dikarenakan kandungan pati yang terkandung. Kandungan pati pada sampel berpengaruh terhadap proses biodegradasi, karena kadar pati yang tinggi meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan biakan mikroba sebagai agen pengurai [19]. Sedangkan biofoam dengan perlakuan bahan baku serat pelepah pisang paling sulit terurai daripada serat pelepah pisang bagian inti maupun campuran karena tingginya kandungan selulosa pada pelepah. Hal ini dikarenakan selulosa memiliki karakteristik yang sukar terhadap air (hidrofobik). Adapun urutan dekomposisi paling cepat adalah gula, pati, protein sederhana, protein kompleks, hemiselulosa, selulosa, lemak, dan lignin [8].

Hasil pengujian *biodegradable* terhadap kemampuan sampel biofoam untuk terdegradasi di dalam tanah yaitu setelah menghitung selisih berat sampel biofoam antara sebelum dan sesudah ditanam di dalam tanah ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Grafik Biodegradabilitas Sampel Biofoam

Keterangan: S1 = serat batang pisang bagian pelepah, S2 = serat batang pisang bagian inti, S3 = serat batang pisang bagian pelepah dan inti (1:1), G1 = konsentrasi gliserol 5%, G2 = konsentrasi gliserol 8%, G3 = konsentrasi gliserol 11%.

Pengujian *biodegradable* dilakukan dengan menanam sampel biofoam ke dalam tanah selama 14 hari guna mengamati perubahan fisik yang terjadi. Hasil pengamatan sebelum dan sesudah penanaman ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil uji *biodegradable* sampel 1 sampai 9 penelitian

Sampel	Sampel Biofoam Sebelum Ditanam	Sampel Biofoam Setelah 14 Hari Ditanam
S1G1		
S1G2		
S1G3		
S2G1		

S2G2		
S2G3		
S3G1		
S3G2		
S3G3		

Gliserol bersifat hidrofilik sehingga memiliki daya serap air untuk mempercepat laju degradasi biofoam. Gliserol juga berperan dalam meningkatkan sifat biodegradable biofoam [20]. Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa tingkat biodegradabilitas pada tiap serat pelepah, inti, dan campuran yang mengandung campuran gliserol sebanyak 11% memiliki tingkat waktu dalam degradabilitas yang lebih cepat dibandingkan dengan penambahan persentase gliserol 5% maupun 8% pada kandungan serat yang sejenis. Hal tersebut dapat dilihat pada kondisi fisik melalui perubahan biofoam saat setelah melalui uji ditanam pada polybag dengan kedalaman 10 cm. Pada pengecekan hari ke-3, biofoam mulai mengalami pengikisan tekstur dan perubahan ketebalan yang semakin menipis hingga berubah menjadi serpihan yang melunak. Hancurnya tekstur padat menjadi serpihan yang menggumpal dengan tanah ini juga dibantu dengan adanya mikroorganisme tanah. Biodegradabilitas adalah kemampuan daya tahan produk biodegradable foam terhadap mikroba pengurai, kelembaban tanah dan faktor kimia yang terdapat didalam tanah. Tingkat kecepatan biofoam dalam penguraian ini juga dipengaruhi oleh tingkat kekakuan biofoam yang mengalami penurunan seiring dengan penambahan gliserol, kelenturan inilah yang membuat biofoam menjadi mudah untuk ditembus oleh mikroorganisme pengurai.

Berdasarkan hasil uji melalui pengamatan fisik biofoam setelah hari ke-14, pada biofoam dengan bahan serat inti pisang, serat pelepah dan campuran antara inti dan pelepah dengan tambahan gliserol 5% terlihat biofoam tampak lebih rapuh dan terfragmentasi menjadi bagian-bagian kecil, warna biofoam sudah mulai cenderung lebih gelap karena ada campuran dengan tanah. Adapun untuk biofoam pada penggunaan campuran gliserol 8% memiliki ciri struktur biofoam tampak lebih hancur, dengan ukuran yang mengecil drastis dan tekstur yang lebih lembek serta mudah rapuh. Permukaan biofoam juga menunjukkan warna lebih gelap dan lebih banyak bercak tanah yang menempel, menandakan aktivitas mikroba pengurai yang semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar gliserol hingga 8% semakin

mempercepat proses penguraian biofoam akibat sifat higroskopis yang semakin tinggi, sehingga meningkatkan kelembapan dan menurunkan kekristalan pati, membuat biofoam lebih mudah diurai oleh mikroorganisme di lingkungan tanah. Kemudian pada penambahan gliserol 11% terlihat ciri struktur biofoam mengalami degradasi signifikan dengan ditandai dengan perubahan tekstur menjadi lebih rapuh, adanya bercak tanah yang menempel, serta penyusutan ukuran yang tidak beraturan. Hal ini mengindikasikan bahwa biofoam telah terurai secara parsial akibat aktivitas mikroorganisme pengurai, kelembapan tanah, dan faktor kimia di dalam lingkungan serta pada penambahan gliserol yang lebih tinggi ini (11%) hasil biofoam dalam gambar menunjukkan kemampuan biodegradabilitas yang paling baik.

3.2. Pengaruh serat pelepah pisang , inti, campuran, dan proporsi gliserol terhadap uji kebocoran pada biofoam

Pengujian kebocoran dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan biofoam dalam menahan air berdasarkan variasi jenis serat dan konsentrasi gliserol yang digunakan. Data hasil pengujian waktu kebocoran dari masing-masing sampel ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil uji kebocoran sampel biofoam

Bagian Serat	Konsentrasi Gliserol	Waktu Kebocoran (menit)
S1G1	5%	< 30
S1G2	8%	> 30
S1G3	11%	> 30
S2G1	5%	> 30
S2G2	8%	> 30
S2G3	11%	> 30
S3G1	5%	< 30
S3G2	8%	< 30
S3G3	11%	> 30

Berdasarkan hasil data tersebut dapat diketahui bahwa masing-masing serat dan konsentrasi gliserol setelah pengujian kebocoran air dalam waktu 30 menit. Dari pengujian kebocoran sampel biofoam diperoleh hasil bahwa sampel inti serat dengan konsentrasi gliserol 5%, campuran serat dengan konsentrasi gliserol 5% dan 8% mengalami kebocoran sebelum 30 menit dibandingkan sampel lainnya yang tidak mengalami kebocoran. Hal ini dipengaruhi oleh pengeringan sampel yang terlalu lama menyebabkan keretakan pada sampel dan ketebalan sampel pada saat pencetakan yang tidak merata. Kemampuan biofoam menahan air ini berkaitan dengan bahan tambahan biofoam yaitu magnesium stearat yang membentuk lapisan film hidrofobik di sekitar foam, kemudian ketebalan foam yang dihasilkan juga mempengaruhi kemampuannya dalam menahan air, dimana secara umum biofoam yang dibuat ini memiliki ketebalan sekitar 2mm – 3mm [7].

Penambahan gliserol dapat mengurangi daya serap air biofoam terhadap air. Hal ini dikarenakan gliserol memiliki sifat hidrofilik sehingga memiliki daya serap air dan berpengaruh pada tingkat kebocoran sampel. Sampel biofoam dengan konsentrasi gliserol yang rendah menunjukkan adanya kebocoran karena semakin sedikit gliserol maka semakin rapuh struktur biofoam. Berbanding terbalik dengan biofoam yang memiliki konsentrasi gliserol 11% yang tidak menunjukkan adanya kebocoran pada biofoam karena memiliki ketahanan air yang sangat baik. Sehingga, penambahan gliserol dapat meningkatkan ketahanan biofoam terhadap kebocoran dan meningkatkan sifat fungsional biofoam sebagai pengganti *styrofoam*.

Selain pengaruh penambahan gliserol, pengaruh bahan baku pembuatan *biofoam* ini juga mendasari perbedaan karakteristik serta kualitas uji kebocoran yang telah dilakukan. Pada penelitian ini menggunakan 3 bahan utama, yaitu, serat pelepah pisang, inti serat batang pisang dan campuran antara keduanya. Kandungan inti serat batang pisang memiliki kontribusi 11% terhadap massa keseluruhan batang pisang. Hal ini menunjukkan bahwa inti batang pisang memiliki

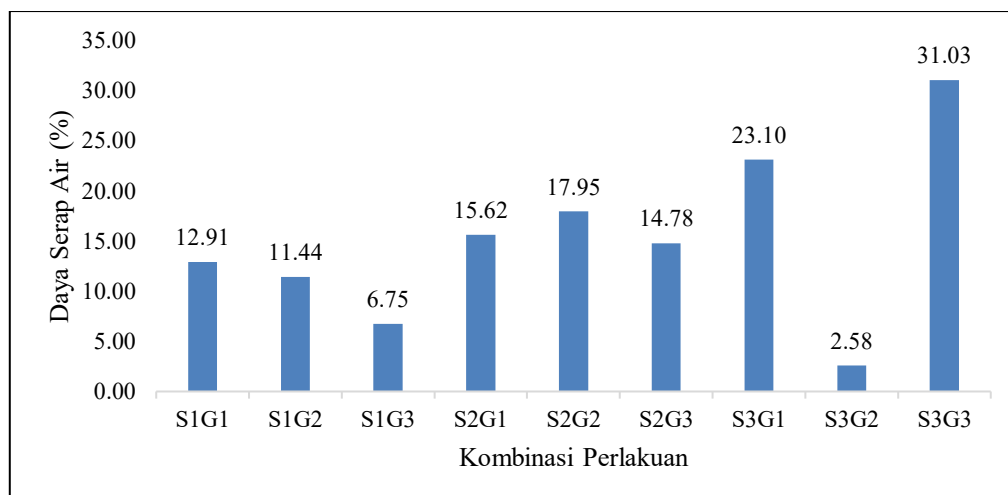
kontribusi yang relatif kecil dibandingkan dengan bagian pelepah batang pisang. Kandungan selulosa dan hemiselulosa pada inti batang pisang cenderung menurun secara radial ke arah dalam. Hal ini menunjukkan bahwa inti batang pisang memiliki fungsi yang berfokus pada fungsi transportasi nutrisi pohon pisang dan kandungan selulosa serta hemiselulosa lebih dominan di bagian pelepah. Hal ini disebabkan oleh fungsi dari selulosa yang merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan yang memberikan kekuatan mekanis pada struktur tumbuhan [21].

Hasil pengujian kebocoran pada biofoam berbasis serat pelepah menunjukkan bahwa struktur serat dan konsentrasi gliserol secara signifikan memengaruhi ketahanan terhadap kebocoran. Serat pelepah, yang kaya akan selulosa dan hemiselulosa, memiliki struktur lebih rapat dibandingkan serat inti atau campuran serat. Kondisi ini meningkatkan ketahanan biofoam terhadap penetrasi cairan, terlihat dari waktu kebocoran yang konsisten melebihi 30 menit pada berbagai konsentrasi gliserol (5%, 8%, dan 11%). Hal ini sesuai dengan pernyataan [22], bahwa kandungan selulosa tinggi pada bahan pembuatan biofoam berperan sebagai bahan aditif yang dapat memperkuat sifat mekanik biofoam.

Konsentrasi gliserol juga memainkan peran penting sebagai plastisizer yang memengaruhi fleksibilitas matriks biofoam. Pada konsentrasi rendah (5%), campuran serat menunjukkan waktu kebocoran lebih singkat (<30 menit) dibandingkan serat pelepah yang lebih tahan terhadap kebocoran (>30 menit). Seiring peningkatan konsentrasi gliserol hingga 8% dan 11%, waktu kebocoran pada serat campuran meningkat, tetapi tetap belum menyamai performa serat pelepah. Penelitian [23], menjelaskan penambahan gliserol sebagai plastisizer berpengaruh terhadap sifat mekanik dan fisik biofoam dengan mencegah keretakan yang menyebabkan kebocoran pada biofoam yang dihasilkan. Kombinasi serat pelepah dengan konsentrasi gliserol tinggi (11%) menghasilkan kinerja optimal dengan waktu kebocoran stabil di atas 30 menit.

3.3. Pengaruh antara serat pelepah, inti, campuran, dan proporsi konsentrasi gliserol terhadap uji daya serap biofoam

Pengujian daya serap air merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi kualitas biofoam sebagai alternatif kemasan ramah lingkungan. Kemampuan biofoam untuk menyerap air sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan baku, seperti jenis serat dan konsentrasi gliserol, yang menentukan karakteristik fisik dan mekanik produk. Hasil pengujian daya serap terhadap ketahanan air diperlihatkan pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Gliserol terhadap Daya Serap Air Biofoam

Keterangan: S1 = serat batang pisang bagian pelepah, S2 = serat batang pisang bagian inti, S3 = serat batang pisang bagian pelepah dan inti (1:1), G1 = konsentrasi gliserol 5%, G2 = konsentrasi gliserol 8%, G3 = konsentrasi gliserol 11%.

Berdasarkan data pada Gambar 2 daya serap air biofoam dipengaruhi oleh jenis serat batang (pelepah, inti, campuran) serta konsentrasi gliserol (5%, 8%, 11%). Bahan pelepah konsentrasi gliserol 5% menghasilkan daya serap air rata-rata

berada di kisaran 12,91%, yang masih berada di bawah batas maksimum SNI (26,12%). Peningkatan konsentrasi gliserol hingga 8%, daya serap air menurun menjadi 11,4%, tetapi tetap di bawah standar. Adapun, pada konsentrasi 11%, daya serap air menurun signifikan hingga 6,75%. Penurunan ini menunjukkan bahwa konsentrasi gliserol yang lebih tinggi dapat mengurangi porositas, sehingga menurunkan daya serap air. Peningkatan konsentrasi gliserol dapat menyebabkan fleksibilitas rantai polimer meningkat, yang pada akhirnya mengurangi celah antar molekul dan menurunkan daya serap air. Konsentrasi gliserol 5% pada bahan inti menghasilkan daya serap air sebesar 15,62%, bahwa bahan inti memiliki kecenderungan menyerap air lebih besar dibanding pelepah. Pada konsentrasi gliserol 8%, daya serap air sedikit meningkat menjadi 17,95%, tetapi tetap lebih tinggi dibandingkan pelepah pada konsentrasi yang sama. Pada konsentrasi 11%, daya serap air menurun menjadi 14,78%, menunjukkan bahwa penambahan gliserol pada konsentrasi tinggi tetap memberikan efek pengurangan daya serap air, meskipun tidak seefektif pada bahan pelepah. Bahan dengan kandungan selulosa tinggi cenderung sulit mengurangi daya serap air karena interaksi yang kuat antara selulosa dan air [24]. Konsentrasi gliserol 5% bahan campuran menghasilkan daya serap air yang cukup tinggi, yaitu 23,10%. Pada konsentrasi gliserol 8% menghasilkan daya serap air dengan hasil terbaik diantara semua jenis bahan yaitu 2,58%. Daya serap air kembali meningkat secara drastis hingga 31,03% pada konsentrasi gliserol 8%. Sifat hidrofilik gliserol yang berlebihan pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan penyerapan air yang lebih besar, terutama pada bahan campuran dengan porositas tinggi. Berdasarkan SNI 1969:2008, daya serap air maksimal untuk biofoam adalah 26,12%. Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa bahan pelepah pada semua konsentrasi gliserol (5%, 8%, dan 11%) memenuhi standar. Sebagian besar bahan inti juga memenuhi standar, kecuali beberapa sampel pada konsentrasi 8% dan 11% (misalnya, 17,95% dan 14,78%). Pada bahan campuran, hanya konsentrasi gliserol 8% (2,58%) yang memenuhi standar. Konsentrasi 5% mendekati batas, sedangkan konsentrasi 11% tidak memenuhi standar.

Kombinasi bahan mampu menghasilkan biofoam yang unggul dalam menahan kelembaban. Penurunan daya serap air pada campuran serat dengan gliserol 8% dapat dijelaskan oleh sifat struktur biofoam yang lebih rapat, bahwa peningkatan interaksi antara *plasticizer* dan bahan matriks dapat mengurangi porositas material [25]. Campuran serat menghasilkan struktur mikro yang homogen sehingga distribusi gliserol yang merata dapat menciptakan lapisan hidrofobik yang menghambat penetrasi air. Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan selulosa atau gliserol dapat meningkatkan daya serap air biofoam .

4. Kesimpulan

Sampel dengan bahan serat campuran konsentrasi 8% memiliki sifat yang paling mudah untuk terurai didalam tanah. Adapun campuran gliserol dengan konsentrasi 11% pada setiap sampel menghasilkan waktu kebocoran tetap konsisten diatas 30 menit, hal ini karena pengaruh gliserol yang dapat mengurangi retakan pada polimer pengikat. Hasil uji kebocoran dapat memberikan informasi jika sampel dengan bahan serat pelepah pisang dan campuran dengan konsentrasi gliserol 11% memiliki ketahanan terhadap kebocoran yang lebih tinggi. Sedangkan hasil uji daya serap menunjukkan bahwa sampel campuran 8% memiliki daya serap yang paling rendah dan memenuhi SNI 1969:2008 yaitu 26,12%.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Unit Kegiatan Mahasiswa Penalaran dan Riset Universitas Jenderal Soedirman atas dukungan moral dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini didanai oleh Universitas Jenderal Soedirman melalui alokasi dana kegiatan kemahasiswaan. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian hingga penyusunan artikel ini.

Daftar Pustaka

[1] A. A. Firdaus, "Pengaruh variasi campuran bahan plastik terhadap karakteristik bahan bakar hasil proses pirolisis

limbah plastik,” Universitas Negeri Jember, 2018.

- [2] A. Magfirah dan Y. Sari, “Faktor yang berhubungan dengan penggunaan wadah styrofoam sebagai kemasan makanan pada penjual jajanan di pasar simpang tiga kecamatan bukit kabupaten bener meriah,” *J. Sains dan Apl.*, vol. 10, no. 1, hal. 50–55, 2022.
- [3] World Bank Group, “Hotspot sampah laut indonesia,” 2018.
- [4] F. Wardah, “Perairan Jakarta, tangerang, dan bekasi dikepung sampah plastik,” voice of america. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.voaindonesia.com/a/perairan-jakarta-tangerang-dan-bekasi-dikepung-sampah-plastik/5203445.html>.
- [5] M. R. Cordova dan I. S. Nurhati, “Major sources and monthly variations in the release of land-derived marine debris from the Greater Jakarta area, Indonesia,” *Sci. Rep.*, vol. 9, no. 1, hal. 1–9, 2019.
- [6] E. J. Werder *et al.*, “Environmental styrene exposure and neurologic symptoms in U.S. Gulf coast residents,” *Env. Int.*, vol. 121, no. 1, hal. 480–490, 2018.
- [7] L. Hevira, D. Ariza, dan A. Rahmi, “Pembuatan biofoam berbahan dasar ampas tebu dan whey,” *J. Kim. dan Kemasan*, vol. 43, no. 2, hal. 75–81, 2021.
- [8] F. L. Berutu, R. Dewi, Muhammad, Z. Ginting, dan N. ZA, “Biofoam berbahan pati sagu (metroxylon rumphii m) dengan bahan pengisi (filler) serat batang pisang dan kulit pisang menggunakan metode thermopressing,” *Chem. Eng. J. Storage*, vol. 2, no. 1, hal. 61–70, 2022.
- [9] Z. R. Novitasar, N. A. Nuraziizah, N. I. Maulidya, dan M. Al-Irsyad, “Pengembangan biodegradable box dari limbah pelepah pisang dan ampas tebu sebagai pengganti styrofoam: studi penggunaan mesin press,” *J. Penelit. Inov.*, vol. 4, no. 4, hal. 2341–2348, 2024.
- [10] Badan Pusat Statistik, “Produksi tanaman buah-buahan dan sayuran tahunan menurut provinsi dan jenis tanaman, 2024,” BPS. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/assets/statistics-table/3/U0dKc1owczVSalJ5VFdOMWVETnIVRVJ6YlRJMfp6MDkjMw==/produksi-tanaman-buah-buahan-dan-sayuran-tahunan-menurut-provinsi-dan-jenis-tanaman--2024.html?year=2024>.
- [11] I. M. Devi dan S. Priatmoko, “Synthesis and Characterization of Banana Hump Waste-Based Bioplastic with the Addition of Banana Pseudostem Nanocellulose and Glycerol,” *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 13, no. 1, hal. 13–22, 2024.
- [12] J. Tarique, S. M. Sapuan, dan A. Khalina, “Effect of glycerol plasticizer loading on the physical, mechanical, thermal, and barrier properties of arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch biopolymers,” *Sci. Rep.*, vol. 11, no. 1, 2021.
- [13] S. Beluns *et al.*, “Sustainable foams from hemp, lignin, xylan, pectin, and glycerol: tunable via reversible citric acid crosslinking for absorption and insulation applications,” *Giant*, vol. 19, hal. 100295, 2024.
- [14] L. Liboga *et al.*, “Influence of the Extraction Location on the Physical and Mechanical Properties of the Pseudo-Trunk Banana Fibers,” *J. Nat. Fibers*, vol. 20, no. 2, hal. 2204451, 2023.
- [15] S. Fatrozi, L. Purwanti, S. K. Sari, M. N. Ariesta, T. Kusumaningsih, dan S. Marliyana, “Starch-based biofoams reinforced with microcrystalline cellulose from banana stem: Hydrophobicity and Biodegradability,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 858, hal. 012037, 2020.
- [16] I. N. W. Nanik hendrawati, Anna Rubi Sofiana, “Pengaruh penambahan magnesium stearat dan jenis protein pada pembuatan biodegradable foam dengan metode baking process,” *J. Bahan Alam Terbarukan*, vol. 4, no. 2, hal. 34–39, 2015.

- [17] A. Akmal dan E. Supriyo, "Optimasi konsentrasi selulosa pada pembuatan biodegradable foam dari selulosa dan tepung singkong," *Pentana J. Penelit. Terap. Kim.*, vol. 1, no. 1, hal. 27–40, 2022.
- [18] A. L. S. Pereira *et al.*, "Banana (*Musa* sp. cv. Pacovan) pseudostem fibers are composed of varying lignocellulosic composition throughout the diameter," *Bio Resour.*, vol. 9, no. 4, hal. 7749–7763, 2014.
- [19] H. Haiqal dan M. Muldarisnur, "Analisis sifat fisis dan mekanik biodegradable foam berbahan dasar selulosa jerami padi dan polivinyl alcohol," *J. Fis. Unand*, vol. 12, no. 4, hal. 621–627, 2023.
- [20] S. Hutagalung, J. Sibarani, R. Y. Pramesti, T. Hellen, dan R. Puspaningtya, "Modifikasi biofoam berbasis pati singkong dengan serat eceng gondok dan variasi konsentrasi plasticizer. KOVALEN: Jurnal Riset Kimia, 10(2), 114–125," *J. Ris. Kim.*, vol. 10, no. 2, hal. 114–125, 2024.
- [21] A. Usman dan N. I.D, "Kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin silase batang pisang (*musa paradisiaca*) kombinasi daun indigofera (*indigofera* sp) sebagai pakan ternak ruminansia.," *AGROMEDIA Berk. Ilm. Ilmu-Ilmu Pertan.*, vol. 39, no. 1, hal. 61–67, 2021.
- [22] R. Dewi, N. Sylvia, Z. Zulnazri, dan M. Riza, "The effect of pineapple leaf fiber addition to mechanical aprond thermal characteristics of sago starch based biofoam with thermopressing method," *Indones. J. Chem. Anal.*, vol. 6, no. 1, hal. 31–41, 2023.
- [23] A. . Bombang, "Optimasi formula dan uji stabilitas sediaan spray topical film forming system (tffs) ekstrak etanol lidah buaya (*aloe vera* l.)," Universitas Halu Oleo: Kendari, 2022.
- [24] A. F. Huwaidi dan E. Supriyo, "Pembuatan Plastik Biodegradable Pati Jagung Terplastisasi Sorbitol dengan Pengisi Selulosa dari Ampas Tebu," *Equilib. J. Chem. Eng.*, vol. 6, no. 1, hal. 45–49, 2022.
- [25] W. Sanhawong, P. Banhalee, B. S, dan S. Kaewpirom, "Effect of concentrated natural rubber latex on the properties and degradation behavior of cotton-fiber-reinforced cassava starch biofoam 108, 756–766," *Ind. Crops Prod.*, vol. 108, hal. 756–766, 2017.