

Analisis Uji Biodegradabilitas Komposit Serat Batang Pisang Dan Polimer *Polyethylene Terephthalate* (PET) Sebagai Pengganti *Styrofoam*

Biodegradability Analysis Of Banana Stem Fiber And Polyethylene Terephthalate (PET) Polymer Composite As A Substitute For Styrofoam

Rahma Ayu Syafitri¹, Tri Widayatno²

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta

Jln. A. Yani Pos1, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57102, Telp (021) 717417

*Corresponding Author: rahmaasyafitri@gmail.com

ABSTRAK : Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi komposit berbasis serat batang pisang dan *polyethylene terephthalate* (PET) sebagai material *biodegradable* pengganti *styrofoam*. Serat batang pisang digunakan sebagai bahan penguat alami yang dikombinasikan dengan PET dan resin PLA, dengan variasi panjang serat (2 cm dan 6 cm) serta rasio komposisi (10:90, 40:60, 55:45, dan 70:30). Proses pembuatan komposit dilakukan menggunakan metode *hand lay-up*, kemudian diuji melalui uji biodegradabilitas, uji tarik, dan uji SEM. Hasil pengujian biodegradabilitas menunjukkan bahwa variasi komposit dengan rasio 10:90 dan ukuran serat 6 cm memiliki laju degradasi tertinggi sebesar 11,81%. Pada uji tarik, nilai kekuatan tertinggi tercatat sebesar 13,16 MPa pada variasi yang sama. Hasil uji regangan dan modulus elastisitas juga menunjukkan bahwa komposisi dan ukuran serat berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit. Sementara itu, hasil karakterisasi SEM memperlihatkan interaksi yang bervariasi antara serat dan matriks. Dengan hasil tersebut, komposit serat batang pisang dan PET memiliki potensi sebagai alternatif bahan pengemas yang ramah lingkungan serta menunjukkan sifat mekanik dan biodegradabilitas yang mendukung aplikasinya sebagai pengganti *styrofoam*.

Kata Kunci: Biodegradabilitas; Komposit *biodegradable*; PET; SEM; serat batang pisang; uji tarik;

ABSTRACT: This study aims to examine the potential of banana stem fiber and polyethylene terephthalate (PET)-based composites as biodegradable materials to replace styrofoam. Banana stem fibers are used as natural reinforcement materials combined with PET and PLA resin, with variations in fiber length (2 cm and 6 cm) and composition ratios (10:90, 40:60, 55:45, and 70:30). The composite manufacturing process was carried out using the hand lay-up method, then tested through biodegradability tests, tensile tests, and electron microscopy (SEM) characterization. The results of the biodegradability test showed that the composite variation with a ratio of 10:90 and a fiber size of 6 cm had the highest degradation rate of 11.81%. In the tensile test, the highest strength value was recorded at 13.16 MPa in the same variation. The results of the strain and elastic modulus tests also showed that the composition and size of the fibers affected the mechanical properties of the composite. Meanwhile, the results of SEM characterization showed varying interactions between the fibers and the matrix. These results demonstrate that the banana stem fiber and PET composite has the potential to be an environmentally friendly alternative packaging material, demonstrating mechanical properties and biodegradability that support its application as a replacement for Styrofoam.

Keywords: Banana stem fiber Biodegradable composite; biodegradability; PET; SEM: tensile test

1. PENDAHULUAN

Plastik banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena tahan lama dan biayanya yang rendah. Seiring dengan meningkatnya populasi dan aktivitas, jumlah limbah plastik terus bertambah hingga mencapai sekitar 381 juta ton sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan yang parah (Pandey et al., 2023).

Plastik merupakan limbah yang dapat ditemukan di berbagai lingkungan dan berdampak negatif terhadap kesejahteraan manusia, seperti merusak keindahan pantai, sistem drainase, sistem infrastruktur air limbah, dan tempat bersarangnya penyakit. Paparan sinar ultraviolet dapat menyebabkan plastik terfragmentasi menjadi mikroplastik yang sulit terurai, sehingga mengganggu rantai makanan, dan merusak ekosistem. Beberapa jenis limbah plastik antara lain *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE), Nilon 6, *Polystyrene* (PS), *Polypropylene* (PP), *Polyethylene Terephthalate* (PET), dan *Polyvinyl Chloride* (PVC) (Utomo & Arfiana, 2023).

Limbah botol plastik berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) merupakan permasalahan global yang terus meningkat. Berdasarkan data analisis tahun 2017 – 2023, potensi pertumbuhan permintaan *Polyethylene* di Indonesia meningkat sebesar 4,4%. Jumlah limbah botol bekas pakai

berbahan PET sebagai salah satu produk PE juga akan ikut meningkat setiap tahunnya (Fitriyano et al., 2019).

Menurut Kepala LIPI, *styrofoam* merupakan jenis sampah yang dominan ditemukan karena sulit didaur ulang dan memiliki nilai ekonomi yang rendah. Penumpukan sampah *styrofoam* berpotensi menimbulkan masalah lingkungan jangka panjang, sehingga diperlukan alternatif material yang lebih ramah lingkungan, seperti pemanfaatan serat alami dari batang pisang (Hanifah et al., 2022).

Pisang adalah buah yang populer di banyak belahan dunia, dengan hampir 60% biomassa pisang terbuang setelah panen. Sekitar 114,08 juta metrik ton sampah pisang dihasilkan di seluruh dunia, menyebabkan masalah lingkungan seperti emisi gas yang berlebihan. Limbah ini mempunyai kandungan yang tinggi bahan industri penting, seperti selulosa, hemiselulosa dan *Natural Fiber* (NF). Serat pisang terbukti memiliki kinerja yang baik kemampuan, kekuatan spesifik yang tinggi dan ketahanan terhadap api dan ramah lingkungan dan relatif mahal (Attia et al., 2022).

Era ini ditandai dengan perkembangan zaman dan pertumbuhan industri yang semakin pesat, sehingga menyebabkan kebutuhan material meningkat. Salah satu material yang sedang dikembangkan adalah komposit. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh banyaknya limbah pelepah pisang dan

limbah plastik di berbagai belahan dunia, terutama di Indonesia. Dengan memanfaatkan limbah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan penguraian atau biodegradabilitas pada komposit yang dicampur oleh serat batang pisang, yang diharapkan dapat memberikan solusi terhadap masalah pencemaran lingkungan akibat sampah plastik.

Pemanfaatan serat alam sebagai penguat komposit polimer telah banyak dikaji untuk meningkatkan sifat mekanik. (Rosmawati et al., 2025) meneliti sifat mekanik komposit bermatriks *polyester* yang menunjukkan kekuatan tarik sebesar 11,9 MPa. (Waghmare et al., 2017) meneliti sifat mekanik komposit berbasis serat pisang dan resin epoksi yang menunjukkan kekuatan tarik sebesar 22,38 MPa dan kekuatan lentur sebesar 10 MPa. (Ranjan et al., 2013) meneliti komposit *Polylactic Acid* (PLA) yang diperkuat serat pisang dan serat sisal (*Agave sisalana*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH pada serat dapat meningkatkan kekuatan tarik, lentur, dan dampak komposit. Uji SEM memperlihatkan adhesi antarmuka yang lebih baik.

Pemanfaatan limbah PET yang dikombinasikan dengan serat batang pisang dan resin biodegradable seperti PLA masih jarang diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pembuatan dan karakterisasi komposit biodegradable untuk melihat pengaruh dan variasi

panjang serat terhadap sifat mekanik dan biodegradabilitasnya yang dikembangkan sebagai material alternatif *Styrofoam*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan komposit yang ramah lingkungan berbasis PET daur ulang yang diperkuat dengan serat batang pisang untuk mengevaluasi sifat biodegradabilitas material tersebut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Digunakan beberapa alat pada penelitian ini yaitu baskom, botol timbang, cetakan sampel uji tarik, gelas beker, gelas ukur, gunting, mesin uji tarik, mikroskopi pemindai elektron, penggaris, pengaduk kaca, pisau, *polybag*, dan timbangan digital. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi akuades, media tanam (tanah), *polyethylene terephthalate* (PET), resin *polylactic acid* (PLA), NaOH, serat batang pisang, dan Xilena.

2.2 Prosedur

2.2.1. Pengolahan Limbah Plastik

Sampah plastik dikumpulkan kemudian disortir berdasarkan jenis sampah yang akan digunakan sebagai bahan dasar matriks yaitu *Polyethylene Terephthalate* (PET). Kemudian sampah plastik tersebut dicuci sampai bersih lalu dikeringkan sampai kering lalu dipotong memanjang sesuai ukuran cetakan dan ditimbang sesuai massa yang telah ditentukan.

2.2.2. Pengolahan Serat Batang Pisang

Batang pisang dikumpulkan dari area kebun sekitar, kemudian dibersihkan

dengan memisahkan bagian batang dari daun atau kotoran lainnya. Setelah itu, batang direndam selama 15 hari untuk mempermudah proses pemisahan serat, lalu dikeringkan. Setelah perendaman, batang pisang dibelah secara *vertikal* menjadi dua bagian dan diambil seratnya. Serat batang pisang direndam menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 5% selama 4 jam pada suhu ruangan untuk memperbaiki struktur seratnya. Setelah proses tersebut, serat batang pisang dikeringkan hingga benar-benar kering agar kandungan air dalam serat berkurang, sehingga serat menjadi lebih tahan terhadap lingkungan dan ringan. Setelah kering, batang dipotong kembali dengan ukuran yang lebih kecil yaitu ukuran sekitar 2 cm dan 6 cm.

2.2.3 Pembuatan Sampel Komposit

Proses pembuatan spesimen komposit dilakukan menggunakan metode *hand lay-up* dengan cetakan standar ASTM D-638 yang memiliki ketebalan 4 mm. Penambahan resin PLA berfungsi sebagai matriks komposit, yang dipadukan dengan serat batang pisang serta polimer PET daur ulang. Resin PLA cair kemudian dituangkan ke dalam cetakan. Cetakan dilapisi aluminium foil untuk mencegah resin menempel saat proses pengerasan. Selanjutnya, serat batang pisang yang telah diolah melalui alkalisasi menggunakan xilena dan pengeringan ditambahkan ke dalam cetakan dengan dua variasi ukuran panjang serat yaitu 2 cm dan 6 cm dan disusun sejajar. Variasi

komposisi polimer terhadap serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10:90, 40:60, 55:45, dan 70:30 (berdasarkan massa). Massa polimer dan serat masing-masing untuk setiap variasi berturut-turut adalah 0,055 g dan 0,495 g; 0,22 g dan 0,33 g; 0,3025 g dan 0,2475 g; serta 0,385 g dan 0,165 g. PET daur ulang dicampurkan ke dalam cetakan sesuai komposisi massa masing-masing spesimen. Sementara itu, jumlah resin PLA yang digunakan disesuaikan hingga memenuhi volume cetakan sehingga seluruh campuran komposit dapat terikat dengan baik. Setelah semua komponen tersusun, permukaan campuran diratakan, kemudian cetakan didiamkan pada suhu ruang selama kurang lebih 3 hari hingga komposit mengeras sempurna dan siap dilepaskan dari cetakan.

2.2.4. Uji Biodegradabilitas

Proses uji biodegradabilitas dimulai dengan menyiapkan sampel material yang akan diuji sesuai dengan ukuran tertentu. Sampel yang telah disiapkan kemudian ditimbang untuk mencatat berat awalnya. Setelah itu, sampel ditempatkan dalam media uji tanah. Selama pengujian, sampel diambil secara berkala selama 10 hari untuk pengamatan visual dilakukan untuk melihat perubahan bentuk fisik sampel, seperti keretakan atau perubahan warna. Pada hari terakhir sampel diambil dari media uji dicuci untuk membersihkan sisa media, lalu dikeringkan hingga mencapai berat yang stabil. Setelah itu, berat akhir sampel dicatat untuk menghitung tingkat

kehilangan massa yang terjadi akibat proses biodegradasi. Hasil dari uji biodegradabilitas ini digunakan untuk menentukan tingkat biodegradasi material dan mengevaluasi kesesuaiannya dalam aplikasi ramah lingkungan.

2.2.5 Uji Tarik

Proses pengujian tarik dimulai dengan menyiapkan sampel sesuai dengan ukuran standar agar kompatibel dengan mesin uji tarik. Sampel kemudian ditempatkan pada posisi yang telah disediakan di alat uji tarik. Setelah itu, alat dikendalikan untuk memastikan bahwa sampel tercengkeram dengan sempurna pada mesin uji tarik. Selama pengujian, hasil yang muncul pada monitor diamati dan dicatat.

2.2.6 Uji SEM

Proses pengujian menggunakan mikroskop pemindai elektron (SEM) dimulai dengan meletakkan sampel yang telah disiapkan pada tempat yang ditentukan di mesin uji SEM. Elektron kemudian dipancarkan menggunakan tembak elektron (*electron gun*), yang berfungsi sebagai katoda dan menyebabkan pemanasan. Pemanasan ini menghasilkan gaya yang menarik elektron menuju anoda. Selanjutnya, lensa magnetik diatur untuk memfokuskan elektron ke suatu titik pada permukaan sampel. Sinar elektron yang terfokus ini kemudian diarahkan oleh kumparan atau coil pemindai untuk memindai seluruh permukaan sampel. Elektron yang mengenai sampel akan mengalami hamburan, menghasilkan dua jenis

elektron: elektron lepasan (*secondary electron*, SE) dan elektron pantulan (*backscattered electron*, BSE). Elektron yang terhambur ini kemudian dideteksi oleh detektor dan citra yang dihasilkan akan ditampilkan pada monitor CRT (*cathode ray tube*). Citra ini merupakan hasil akhir dari pengujian SEM, yang memberikan informasi detail mengenai morfologi permukaan sampel yang diuji

2.4 Analisis Data

Pada pengujian biodegradabilitas, analisis data dilakukan untuk menentukan nilai kehilangan massa dan laju biodegradasi sampel menggunakan rumus berikut:

$$\Delta m = m_{awal} - m_{akhir}$$

Keterangan :

Δm : Kehilangan Massa

m_{awal} : Massa Sebelum Uji Biodegradabilitas

m_{akhir} : Massa Setelah Uji Biodegradabilitas

Pada pengujian tarik, analisis data dilakukan untuk menghitung nilai kekuatan tarik, tegangan, regangan, dan modulus elastisitas komposit menggunakan rumus berikut.

1. Kekuatan Tarik

$$\alpha = \frac{Max Load}{A_0}$$

Keterangan :

α : Kekuatan Tarik Komposit (MPa)

$Max Load$: Kemampuan Tertinggi Spesimen

		Menahan Tekanan (N)	$e = \frac{\Delta L}{L_0}$
A ₀		: Luas Penampang Awal Spesimen (mm ²)	Keterangan : e : Regangan ΔL : Pertambahan Panjang Spesimen Setelah Pengujian Tarik (m) L ₀ : Panjang Awal Spesimen (m)
2. Tegangan		$\sigma = \frac{F}{A_0}$	
		Keterangan :	
σ	:	Tegangan (MPa)	4. Modulus Elastisitas
F	:	Beban Yang Diberikan (N)	$E = \frac{\sigma}{e}$
3. Regangan			Keterangan : E : Modulus Elastisitas (MPa)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Biodegradabilitas

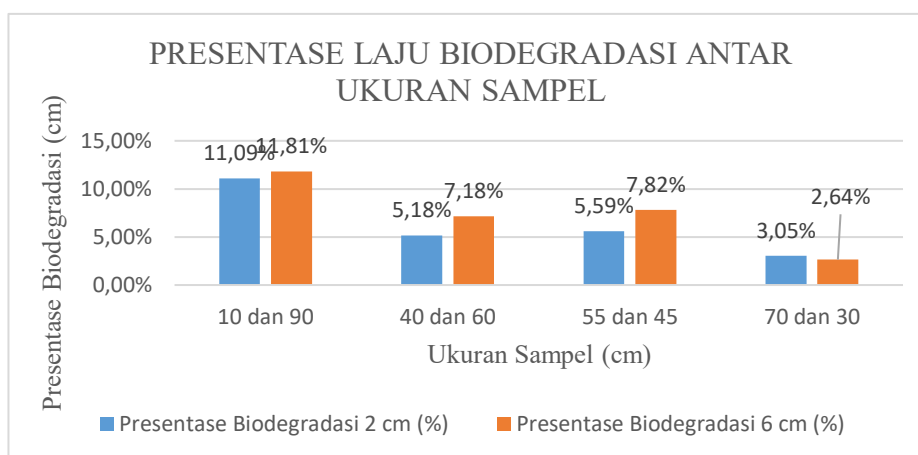
Berdasarkan analisis uji biodegradabilitas yang telah dilakukan, berikut merupakan hasil penelitian uji biodegradabilitas pada beberapa variasi polimer : serat dan ukuran serat.

Tabel 1. Data Hasil Pengamatan Uji Biodegradabilitas.

Hari tanam sampel	Hasil Pengamatan
Ke-0	Sampel dengan variasi perbandingan 10:90, 40:60, 55:45, dan 70:30 dikubur dalam tanah.
Ke-3	Permukaan sampel atau lapisan resin mulai sedikit terkelupas dan sedikit lunak
Ke-6	Muncul sebagian perubahan warna pada sampel menjadi coklat tua gelap, permukaan sampel mulai melunak, dan sebagian tepi mulai rapuh.
Ke-8	Terlihat perubahan warna dan tekstur pada permukaan. Struktur sampel mulai melemah.
Ke-10	Permukaan sampel terdegradasi sebagian dan warna berubah dari coklat muda (bening) menjadi coklat tua (keruh). Berat sampel mengalami penurunan dari berat awal.

Tabel 2. Data Penelitian % Kehilangan Massa Hasil Uji Biodegradabilitas.

Variasi Perbandingan Polimer dan Serat (g)	Ukuran Serat (cm)	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Kehilangan Massa (g)	Laju Biodegradabilitas (%)
10 : 90	2	9,02	8,02	1	11,09%
40 : 60	2	9,66	9,16	0,5	5,18%
55 : 45	2	9,3	8,78	0,52	5,59%
70 : 30	2	9,52	9,23	0,29	3,05%
10 : 90	6	11,52	10,16	1,36	11,81%
40 : 60	6	8,64	8,02	0,62	7,18%
55 : 45	6	9,98	9,2	0,78	7,82%
70 : 30	6	9,08	8,84	0,24	2,64%

**Gambar 1. Grafik Presentase Laju Biodegradasi Sampel Komposit.**

Berdasarkan grafik dan data pada Gambar 1, dapat diketahui bahwa ukuran serat dan perbandingan spesimen komposisi serat dan matriks berpengaruh terhadap tingkat biodegradasi. Ukuran serat 6 cm menghasilkan nilai biodegradasi yang lebih tinggi karena serat yang lebih panjang memiliki luas permukaan kontak yang lebih besar dengan tanah dan mikroorganisme, sehingga mempermudah terjadinya proses hidrasi, pembentukan

biofilm, dan penetrasi mikroba yang mempercepat degradasi dibandingkan serat ukuran 2 cm. Selain itu, kandungan serat yang tinggi juga memengaruhi ikatan antara serat dan matriks, distribusi yang tidak sepenuhnya merata membuat celah-celah kecil terbentuk, sehingga air dan mikroorganisme lebih mudah masuk ke dalam material. Kondisi ini mempercepat pelunakan matriks PLA dan membuat komposit lebih cepat terfragmentasi.

3.2 Uji Tarik

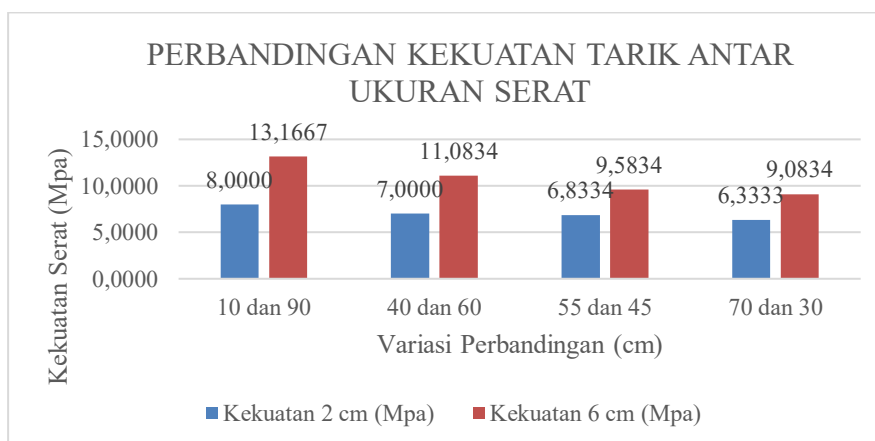
Pengujian tarik dilakukan bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari suatu bahan. Berdasarkan data hasil pengujian tarik, didapatkan nilai kekuatan, regangan, tegangan, dan modulus dari

variasi perbandingan sampel serat batang pisang dan PET. Berikut merupakan hasil penelitian dari uji tarik pada beberapa variasi polimer : serat dan ukuran serat.

Tabel 3. Data Hasil Penelitian Uji Tarik.

Variasi Perbandingan Polimer dan Serat (g)	Ukuran serat (cm)	Kekuatan (Mpa)	Regangan (m/m)	Tegangan (Mpa)	Modulus Elastisitas (Mpa)
10 : 90	2	8,0000	0,0018	0,4444	24,4444
40 : 60	2	7,0000	0,0054	0,0323	5,9259
55 : 45	2	6,8334	0,0090	0,0161	1,7778
70 : 30	2	6,3333	0,0042	0,0282	6,6667
10 : 90	6	13,1667	0,0051	0,0323	6,2745
40 : 60	6	11,0834	0,0045	0,0262	5,7778
55 : 45	6	9,5834	0,0060	0,2620	4,3334
70 : 30	6	9,0834	0,0048	0,0343	7,0833

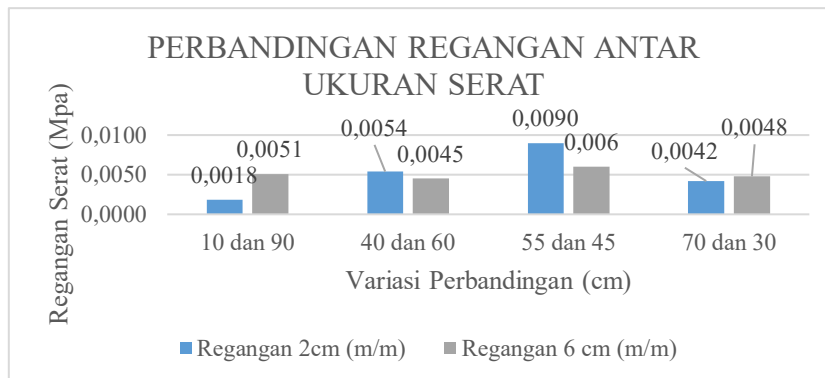
Berikut merupakan hasil pengujian tarik yaitu kekuatan tarik sampel yang diperoleh grafik batang sebagai berikut:



Gambar 2. Perbandingan Kekuatan Tarik Antara Spesimen.

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa nilai kekuatan tarik komposit dipengaruhi oleh variasi perbandingan serat dan ukuran serat batang pisang yang digunakan. Nilai tertinggi kekuatan tarik komposit adalah sampel 10:90 dengan ukuran serat 6 cm yaitu dengan nilai sebesar 13,16 MPa dan nilai terendah kekuatan tarik komposit adalah sampel 70 : 30 dengan ukuran serat 2 cm yaitu dengan nilai sebesar 6,33 Mpa. Komposit dengan ukuran serat 6 cm memiliki

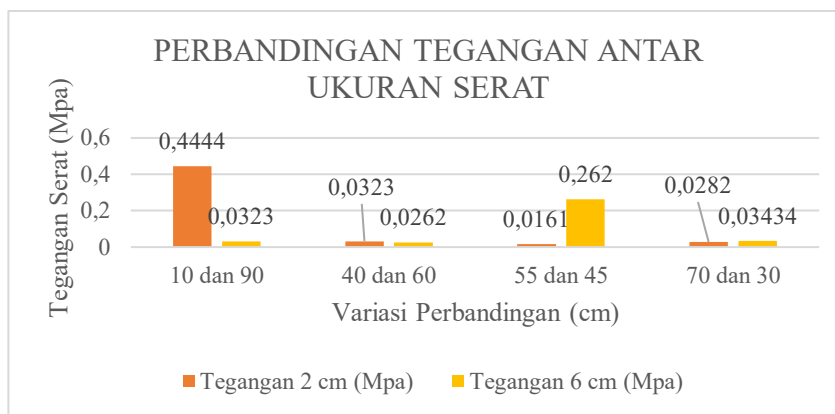
kekuatan tarik yang lebih besar dibandingkan dengan komposit ukuran serat 2 cm. Hal ini dikarenakan ukuran serat yang lebih panjang mampu memberikan daya ikat yang lebih baik dengan matriks, sehingga distribusi tegangan lebih merata dan kekuatan tarik meningkat. Selain kekuatan tarik, regangan merupakan parameter lain yang diamati. Berikut merupakan hasil pengujian tarik yaitu regangan sampel yang diperoleh grafik batang sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Perbandingan Regangan Antar Ukuran Serat

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh data regangan untuk setiap variasi komposit. Komposit ukuran serat 2 cm, regangan tertinggi dicapai oleh variasi sampel 55:45 sebesar 0,0090 m/m dan regangan terendah terdapat pada variasi sampel 10:90 sebesar 0,0018 m/m. Sementara itu, pada ukuran serat 6 cm, nilai regangan tertinggi tercatat pada variasi sampel 55:45 sebesar 0,0060 m/m dan nilai terendah terdapat pada 40:60 yaitu 0,0045 m/m. Regangan dipengaruhi oleh kemampuan material dalam mengalami perubahan bentuk sebelum putus, serta sebaran tegangan dalam komposit. Serat dengan ukuran 2 cm cenderung membentuk

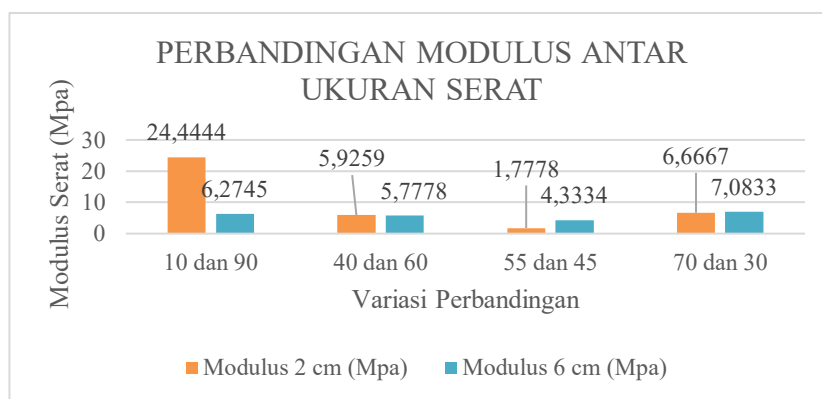
komposit yang lebih merata dan mudah meregang karena lebih fleksibel mengikuti arah tarikan. Pada variasi 55:45, keseimbangan antara jumlah serat dan matriks menghasilkan struktur yang lebih lentur, sehingga regangan menjadi tinggi. Sementara itu, pada ukuran serat 6 cm, nilai regangan relatif serupa pada setiap variasi. Hal ini karena serat yang lebih panjang bersifat kaku dan lebih berfungsi sebagai penahan beban dibanding bagian yang dapat meregang bersama matriks. Selain regangan, berikut merupakan hasil pengujian tarik yaitu tegangan sampel yang diperoleh grafik batang sebagai berikut:



Gambar 4. Perbandingan Tegangan Antar Ukuran Serat.

Berdasarkan Gambar 4, nilai tegangan tertinggi diperoleh pada sampel dengan ukuran serat 2 cm pada variasi 10:90 sebesar 0,4444 MPa, sedangkan nilai tegangan terendah terdapat pada variasi 55:45 ukuran serat 2 cm sebesar 0,0161 MPa. Untuk ukuran serat 6 cm, nilai tertinggi tercatat pada variasi 55:45 sebesar 0,262 MPa, sementara nilai terendah terdapat pada variasi 40:60 sebesar 0,0262 MPa. Tegangan menunjukkan kemampuan material dalam menahan gaya tarik. Nilai tegangan tertinggi pada variasi 10:90 ukuran serat 2 cm menunjukkan bahwa dominasi matriks dan distribusi serat yang merata mampu membentuk ikatan yang kuat. Sebaliknya,

tegangan terendah pada variasi 55:45 ukuran 2 cm kemungkinan disebabkan oleh distribusi serat yang kurang merata atau ikatan yang lemah antara serat dan matriks, sehingga beban tarik tidak tersalurkan dengan baik. Selain itu, pada ukuran serat 6 cm, nilai tegangan cenderung lebih rendah dibandingkan 2 cm di sebagian besar variasi. Hal ini dapat disebabkan oleh keterbatasan serat panjang dalam menyebar secara merata, sehingga terjadi ketidakhomogenan yang mempengaruhi kemampuan komposit dalam menahan beban. Berikut merupakan hasil pengujian tarik yaitu modulus sampel yang diperoleh grafik batang sebagai berikut:



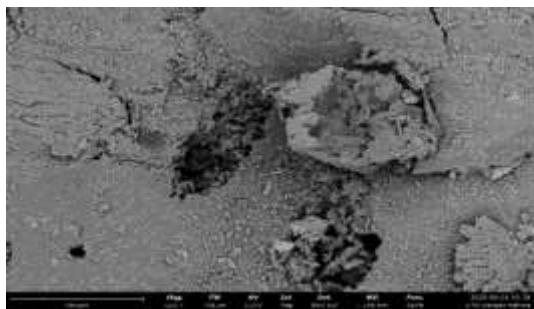
Gambar 5. Grafik Perbandingan Modulus Antar Ukuran Serat.

Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan suatu material terhadap gaya tarik. Berdasarkan Gambar 5, nilai tertinggi diperoleh pada variasi 10:90 dengan ukuran serat 2 cm sebesar 24,44 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada variasi 55:45 ukuran 2 cm sebesar 1,78 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa sampel dengan kandungan matriks yang tinggi dan penyebaran serat pendek yang merata dapat menghasilkan komposit yang lebih kaku dan tahan terhadap deformasi elastis. Untuk ukuran serat 6 cm, nilai modulus berada dalam rentang yang lebih sempit

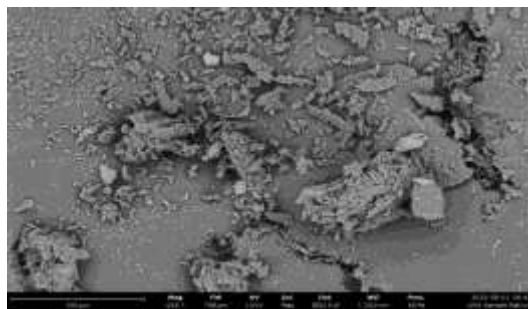
dan relatif stabil antar variasi, dengan nilai tertinggi pada 70:30 sebesar 7,08 MPa. Serat yang lebih panjang berperan sebagai penopang utama, namun karena keterbatasannya dalam mengikuti deformasi, efek penguatnya terhadap kekakuan tidak sebesar serat pendek dengan distribusi yang merata. Kombinasi antara panjang serat, komposisi, dan homogenitas distribusi menjadi faktor penting dalam menentukan besar kecilnya modulus komposit.

3.3 Uji SEM

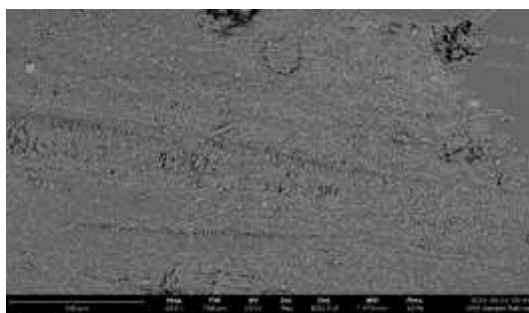
Berikut merupakan hasil penelitian dari uji SEM yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:



Gambar 6. SEM Patahan Komposit Lokasi 1 pada Perbesaran 650×.



Gambar 7. SEM Patahan Komposit Lokasi 2 pada Perbesaran 650×.



Gambar 8. SEM Patahan Komposit Lokasi 3 pada Perbesaran 650×.

Gambar 6 menunjukkan patahan pada lokasi 1 dengan perbesaran masing-masing 650×. Terlihat adanya permukaan yang tidak rata serta sejumlah rongga dan celah pada area antarmuka antara serat dan matriks. Adanya rongga ini menunjukkan kurang sempurnanya ikatan antara kedua komponen, yang dapat menjadi titik lemah saat material menerima beban tarik.

Gambar 7 menunjukkan patahan pada lokasi 2. Pada bagian ini, struktur permukaan terlihat lebih padat dengan distribusi serat yang lebih tersebar merata dalam matriks. Tampak partikel-partikel kecil tersebar di sekitar area patahan yang kemungkinan merupakan fragmen dari

serat atau sisa pengisi yang tidak berikatan kuat. Permukaan serat di lokasi ini juga memperlihatkan tekstur yang lebih kasar, yang menunjukkan interaksi mekanik antar fase lebih baik dibandingkan lokasi 1.

Gambar 8 memperlihatkan morfologi patahan pada lokasi 3. Pada lokasi ini, permukaan patahan tampak lebih halus dibandingkan dua lokasi sebelumnya, namun masih dijumpai sejumlah patahan yang menunjukkan terjadinya gesekan antar fase selama proses pemutusan. Pada beberapa area terlihat bekas tarikan yang memanjang, yang merupakan serat yang tertanam lebih dalam di dalam matriks sebelum akhirnya terlepas akibat beban tarik.

KESIMPULAN

Berdasarkan rangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi komposisi dan ukuran serat berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik serta biodegradasi komposit PET-serat pisang. Sampel dengan komposisi 10:90 dan ukuran serat 6 cm menunjukkan nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 13,16 MPa, sedangkan nilai terendah sebesar 6,34 MPa ditemukan pada variasi 70:30 dengan ukuran serat 2 cm. Kekakuan komposit tertinggi ditunjukkan oleh variasi 10:90 ukuran serat 2 cm dengan modulus elastisitas mencapai 24,44 MPa. Selain itu, hasil uji biodegradasi selama 10 hari memperlihatkan bahwa komposit 10:90 dengan ukuran serat 6 cm mengalami degradasi paling besar, yakni 11,81%, yang dipengaruhi oleh luas permukaan serat dan tingginya kandungan serat alami. Pengamatan morfologi patahan melalui SEM juga memperlihatkan bahwa kualitas ikatan antarfase bervariasi pada setiap lokasi, mulai dari banyaknya void dan serat terlepas pada lokasi 1, struktur yang lebih padat dan adhesi optimal pada lokasi 2, hingga permukaan relatif halus namun menunjukkan fragmentasi pada lokasi 3. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pemilihan ukuran serat dan komposisi yang tepat mampu meningkatkan performa mekanik sekaligus mempercepat biodegradasi komposit. Dengan kekuatan tarik yang jauh lebih tinggi dibandingkan styrofoam, komposit PET-serat pisang berpotensi menjadi alternatif material kemasan yang lebih kuat, aman, dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Attia, M. M., Al Sayed, A. A. K. A., Tayeh, B. A., & Shawky, S. M. M. (2022). Banana agriculture waste as eco-friendly material in fibre-reinforced concrete: An experimental study.

Advances in Concrete Construction, 14(5), 355–368. <https://doi.org/10.12989/acc.2022.14.5.355>

Fitriyano, G., Dicka, D., & Rahim, A. (2019). *Tinjauan Singkat Potensi Pemanfaatan Botol Bekas Berbahan Polyethylene Terephthalate (PET) di Indonesia A Short Review on Potential of Utilization Used Bottle Made from Polyethylene Terephthalate (PET) in Indonesia* (Vol. 16, Issue 1).

Hanifah, F. N., Widianingtyas, H. N., Kartini, I., & Kartika, T. (2022). PENGOLAHAN LIMBAH STIROFOAM MENJADI MODEL MOLEKUL 3D SEBAGAI BASIS PENGEMBANGAN EKONOMI KREATIF MASYARAKAT. *Jurnal Envirous Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur*, 2(2), 49.

Pandey, P., Dhiman, M., Kansal, A., & Subudhi, S. P. (2023). Plastic waste management for sustainable environment: techniques and approaches. In *Waste Disposal and Sustainable Energy* (Vol. 5, Issue 2, pp. 205–222). Springer. <https://doi.org/10.1007/s42768-023-00134-6>

Ranjan, R., Bajpai, P. K., & Tyagi, R. K. (2013). Mechanical Characterization of Banana/Sisal Fibre Reinforced PLA Hybrid Composites for Structural Application. In *Engineering International* (Vol. 1, Issue 1).

Rosmawati, E., Apsarini, S. E., Hikmah, U., & Nayiroh Jurusan Fisika, N. (2025). Pengaruh Variasi Fraksi Volume Filler Terhadap Sifat Mekanik pada Komposit Polyester Berpenguat Serat Pelepah Pisang. *Universitas Nurul Huda JIPFRI*, 9(1), 16–23.

<https://doi.org/10.30599/jipfri.v9i1.417>

0

Utomo, W. L., & Arfiana, S. (2023). Pemanfaatan Limbah Plastik Daur Ulang dari Polietilen Tereftalat (PET) Sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Nanokomposit, Semen Mortar, dan Aspal. In *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* (Vol. 11, Issue 1).

Waghmare, P. M., Bedmutha, P. G., & Sollapur, S. (2017). Review on Mechanical Properties of Banana Fiber Biocomposite. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 5(X), 847–850. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.10120>