

Analisis Uji Biodegradabilitas Komposit Serat Batang Pisang Dan Polimer *Polypropylene* Sebagai Pengganti Styrofoam

Biodegradability Analysis of Banana Stem Fiber and Polypropylene Polymer Composites as a Substitute for Styrofoam

Wekly Angelia Soraya¹, Tri Widayatno²

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta

Jln. A. Yani Pos 1, Mendungan Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten. Sukoharjo, Jawa Tengah 57102, Telp (021) 717417

*Corresponding Author: angeliawekly@gmail.com

ABSTRAK: Penggunaan plastik konvensional seperti styrofoam sebagai kemasan makanan menimbulkan permasalahan lingkungan karena sifatnya yang susah terdegradasi. Penelitian mempunyai tujuan untuk mengembangkan komposit ramah lingkungan dengan menggunakan serat batang pisang sebagai bahan penguat dan polypropylene daur ulang sebagai matriks, dengan tambahan resin PLA, serta mengetahui sifat biodegradabilitas dan mekaniknya. Sampel komposit dibuat dengan metode *hand lay-up* menggunakan variasi panjang serat (2 cm dan 6 cm) serta komposisi serat:polimer (5:95, 30:70, 75:15, dan 90:10). Pengujian meliputi uji biodegradabilitas, uji tarik, dan pengamatan morfologi dengan SEM. Hasil menunjukkan bahwa komposit dengan panjang serat 6 cm dan komposisi 5:95 memiliki performa terbaik, dengan kekuatan tarik 13,58 MPa, modulus elastisitas 20,59 MPa, dan tingkat biodegradasi tertinggi sebesar 25,75% dalam 10 hari. Uji SEM menunjukkan masih terdapat kelemahan pada ikatan antar fasa berupa void dan *fiber pull-out*, yang menunjukkan perlunya optimasi lebih lanjut, seperti penggunaan agen kopling. Secara keseluruhan, komposit ini memiliki potensi sebagai alternatif pengganti styrofoam untuk aplikasi ringan hingga menengah yang lebih ramah lingkungan.

Kata kunci : *biodegradabilitas, komposit, polypropylene, serat batang pisang, uji tarik*

ABSTRACT : *The use of conventional plastics such as styrofoam for food packaging poses environmental issues due to their low degradability. This study aims to develop an eco friendly composite by utilizing banana stem fibers as reinforcement and recycled polypropylene as the matrix, with the addition of PLA resin, as well as to evaluate its biodegradability and mechanical properties. The composite samples were prepared using the hand lay-up method with variations in fiber length (2 cm and 6 cm) and fiber to polymer ratios (5:95, 30:70, 75:15, and 90:10). The tests conducted included biodegradability testing, tensile testing, and morphological observation using SEM. The results showed that the composite with a 6 cm fiber length and a 5:95 composition exhibited the best performance, with a tensile strength of 13.58 MPa, an elastic modulus of 20.59 MPa, and the highest biodegradation rate of 25.75% within 10 days. SEM analysis revealed weaknesses in interfacial bonding, such as voids and fiber pull-out, indicating the need for further optimization, such as the use of a coupling agent. Overall, this composite demonstrates potential as an environmentally friendly alternative to styrofoam for light to medium applications.*

Keywords : *banana stem fiber, biodegradability composite, polypropylene, tensile test.*

1. PENDAHULUAN

Plastik adalah salah satu material yang mempunyai peran penting dalam kehidupan modern karena sifatnya yang ringan, kuat, mudah dibentuk, dan ekonomis, sehingga banyak digunakan pada berbagai bidang. Namun, karakteristik plastik konvensional yang murah dan bersifat sekali pakai dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, karena limbahnya yang sulit untuk terurai (Horton, 2022). Salah satu material yang paling banyak digunakan adalah *Styrofoam*. *Styrofoam* merupakan penghasil limbah berbahaya ke-5 terbesar di dunia, hal ini disebabkan karena *Styrofoam* berasal dari butiran-butiran *styrene*, yang memiliki stabilitas kimia tinggi dan waktu degradasi yang sangat lama sehingga memberikan dampak pencemaran lingkungan yang signifikan. Kondisi ini menunjukkan perlunya pengembangan material alternatif yang lebih ramah lingkungan (Muid et al., 2023).

Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi biomassa yang sangat besar, salah satunya berasal dari pohon pisang. Tanaman pisang tumbuh subur di wilayah tropis, termasuk hampir di seluruh wilayah Indonesia. Data Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa produksi pisang nasional mencapai 9.335.232 ton pada tahun 2023, meningkat dibandingkan tahun sebelumnya. Peningkatan produksi ini berdampak pada meningkatnya jumlah limbah batang pisang yang saat ini pemanfaatannya masih terbatas, misal

hanya digunakan sebagai bahan baku kerajinan seperti tali atau tas. Padahal, batang pisang memiliki keunggulan seperti jumlahnya yang tersedia sangat banyak serta kandungan selulosa yang tinggi sehingga memberikan kekuatan struktural yang baik (Lelawati et al., 2023). Potensi tersebut mendorong pemanfaatan serat batang pisang sebagai penguat pada material komposit polimer, khususnya untuk meningkatkan sifat mekanik dan mengurangi dampak lingkungan.

Pemanfaatan serat alam sebagai penguat komposit polimer telah banyak dikaji untuk meningkatkan sifat mekanik. (Dwi Cahyono et al., 2023) mengungkapkan bahwa serat batang pisang memiliki kekuatan tarik hingga 600 MPa. (Coninck1 et al., 2014) menunjukkan bahwa penambahan 10–20% serat batang pisang dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit hingga 130%, sedangkan (Artika & Mahyudin, 2019) mengungkapkan bahwa kekuatan tarik optimum komposit *polypropylene* berpenguat serat alam sebesar 20,69 MPa.

Meskipun penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan serat alam dapat meningkatkan kekuatan komposit, penelitian yang mengaitkan sifat mekanik dan biodegradabilitas komposit *polypropylene* berpenguat serat batang pisang sebagai alternatif kemasan pengganti *styrofoam* masih terbatas. (Chen et al., 2015) mengungkapkan bahwa *expanded polystyrene* (EPS) yang umum digunakan sebagai kemasan makanan

memiliki kekuatan tarik relatif rendah, yaitu sekitar 0,276–0,416 MPa. Hal ini menunjukkan adanya peluang pengembangan komposit alternatif dengan kekuatan mekanik yang lebih baik serta bersifat ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengkajian pengaruh fraksi serat batang pisang terhadap kekuatan tarik dan biodegradabilitas komposit *polypropylene* yang dikembangkan sebagai material alternatif *Styrofoam*. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan komposit yang ramah lingkungan berbasis *polypropylene* (PP) daur ulang yang diperkuat dengan serat batang pisang serat mengevaluasi sifat biodegradabilitas material tersebut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain baskom, botol timbang, cetakan sampel uji tarik, gelas beker, gelas ukur, gunting, mesin uji tarik, pisau, *polybag*, dan timbangan digital.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades, media tanam (tanah), NaOH, *polypropylene*, resin PLA, dan serat batang pisang, dan xilena.

2.2 Prosedur

2.2.1 Pengolahan Limbah Plastik

Sampah plastik dikumpulkan kemudian disortir berdasarkan jenis sampah yang digunakan sebagai bahan dasar yaitu *polypropylene*. Kemudian sampah plastik tersebut dicuci sampai bersih lalu

dikeringkan lalu dipotong dan ditimbang sesuai dengan yang dibutuhkan.

2.2.2 Pengolahan Serat Batang Pisang

Batang pisang dikumpulkan dan dibersihkan, kemudian direndam dengan air bersih selama 15 hari untuk mempermudah pemisahan serat. Batang pisang selanjutnya dibelah secara vertikal dan direndam dalam larutan NaOH konsentrasi 5% dalam 100 mL selama 4 jam pada suhu ruang untuk memperbaiki struktur serat. Setelah dikeringkan serat disemprot xilena dan dibiarkan kering, lalu dipotong dengan variasi panjang 2 cm dan 6 cm.

2.2.3 Pembuatan Sampel Komposit

Pembuatan sampel komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up* menggunakan cetakan ASTM D-638 setebal 4 mm. Resin PLA digunakan sebagai matriks yang dipadukan dengan serat batang pisang dan *polypropylene*. Cetakan dilapisi *aluminium foil*, kemudian serat batang pisang yang telah melalui pengolahan ditambahkan ke dalam cetakan dengan variasi ukuran serat 2 cm dan 6 cm dan disusun sejajar. Kemudian divariasikan dengan komposisi perbandingan polimer dan serat, pada penelitian ini menggunakan perbandingan 5:95, 30:70, 75:15, dan 90:10 (berdasarkan berat). Kemudian *polypropylene* daur ulang ditambahkan ke dalam cetakan sesuai dengan komposisi masing-masing sepsimen. Lalu kemudian, ditambahkan resin PLA hingga memenuhi volume cetakan dan seluruh campuran komposit dapat terikat dengan baik. Setelah itu

permukaan sampel dirapikan, lalu sampel didiamkan pada suhu ruang selama ± 3 hari hingga mengeras dan dilepas dari cetakan.

2.2.4 Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan menyiapkan dan menimbang sampel komposit untuk memperoleh berat awal. Sampel kemudian ditempatkan pada media tanah atau kompos dan disimpan pada kondisi yang seperti lingkungan alami. Pengamatan dilakukan selama 10 hari, dengan mengamati perubahan fisik, seperti keretakan dan perubahan warna. Pada hari terakhir sampel diambil, dicuci, dan dikeringkan hingga berat stabil, lalu ditimbang kembali untuk menentukan kehilangan massa akibat biodegradasi, hal ini guna untuk menilai tingkat biodegradasi dan kesesuaian material ramah lingkungan (Chaisuwan et.al, 2023).

2.2.5 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menyiapkan sampel kering sesuai standar ASTM D-368, kemudian disampel ditempatkan pada mesin uji tarik hingga tepat. Pengujian dilakukan dengan memberikan gaya tarik secara maksimal hingga sampel patah, Dari uji tarik ini nantinya akan didapatkan grafik, grafik tersebut nantinya akan diolah dengan persamaan dan perhitungan menggunakan *Microsoft excel*.

2.2.6 Uji SEM

Proses pengujian dengan mikroskop pemindai elektron (SEM) diawali dengan menempatkan sampel pada dudukan di dalam alat. Elektron dipancarkan dari

sumber elektron (*electron gun*) dan dipercepat menuju anoda, kemudian difokuskan oleh lensa magnetik serta diarahkan oleh kumparan pemindai untuk menyapu permukaan sampel. Interaksi elektron dengan sampel menghasilkan elektron sekunder dan elektron berhambur balik, yang kemudian ditangkap oleh detektor. Sinyal tersebut ditampilkan sebagai citra pada monitor CRT (*Cathode Ray Tube*) dan memberikan informasi detail mengenai morfologi permukaan sampel.

2.2 Analisis Data

Dalam pengujian tarik rumus yang digunakan antara lain :

- a. Rumus Kekuatan Tarik

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

Keterangan :

α = Kekuatan tarik komposit (Mpa)

Max Load = Kemampuan Tertinggi Spesimen Menahan Tekanan (N)

A_0 = Luas Penampang Awal Spesimen (mm^2)

- b. Rumus Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Keterangan :

σ = Tegangan (MPa)

F = Beban Yang Diberikan (N)

A_0 = Luas Penampang Awal Spesimen (mm^2).

- c. Rumus Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

Keterangan:

E = Modulus Elastisitas (MPa)
 σ = Tegangan (MPa)
 e = Regangan
 Untuk pengujian biodegradabilitas menggunakan rumus berikut :

a. Rumus Kehilangan Massa

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

Keterangan :

Δm = Kehilangan Massa (g)

m_{awal} = Massa Sebelum Uji Biodegradabilitas (g)

m_{akhir} = Massa Setelah Uji Biodegradabilitas (g)

b. Rumus Laju Biodegradabilitas (%)

$$\text{Laju biodegradasi (\%)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\%$$

Keterangan :

W_1 =Berat Awal Sampel Sebelum Uji Biodegradabilitas

W_2 =Berat Akhir Sampel Setelah Uji Biodegradabilitas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Biodegradabilitas

Berikut merupakan data hasil uji biodegradabilitas selama 10 hari yang

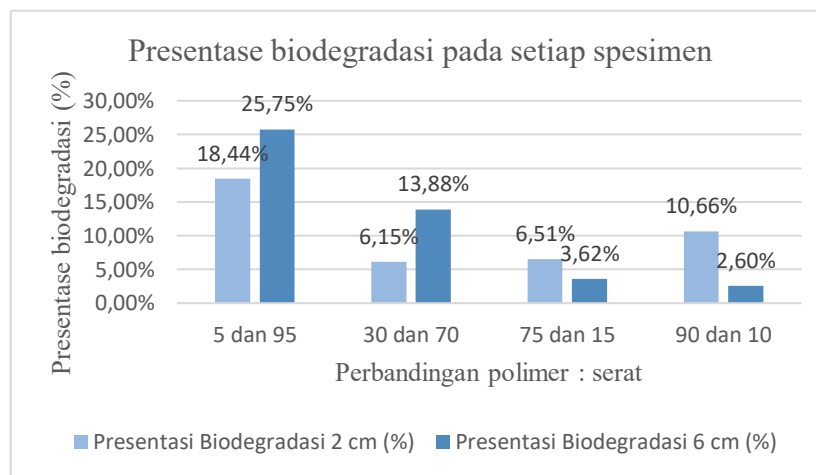
didapatkan pada masing-masing pengujian spesimen dengan variasi ukuran serat dan komposisi polimer:serat.

Tabel 1. Data hasil pengamatan uji biodegradabilitas komposit serat batang pisang.

Hari tanam sampel	Hasil Pengamatan
Ke-0	Sampel komposit dengan perbandingan 5:95, 30:70, 75:15, dan 90:10 ditempatkan dalam media tanah. Permukaannya tampak padat, kaku, berwarna bening kekuningan, dan belum menunjukkan perubahan.
Ke-3	Permukaan sampel mulai tampak kusam, strukturnya yang semula kaku menjadi lebih elastis, muncul bercak tanah, dan sebagian matriks polimer serta resin mulai mengelupas
Ke-6	Warna sampel berubah menjadi coklat muda. Permukaan mulai ada celah , struktur material menjadi rapuh terutama pada bagian tepi.
Ke-8	Warna sampel berubah menjadi coklat tua. Permukaan terlihat banyak yang terkelupas dan struktur sampel mulai melemah.
Ke-10	Sebagian besar sampel terdegradasi. Warna berubah menjadi tua agak keruh, tekstur kasar, dan berat sampel menurun dibandingkan berat awal.

Tabel 2. Data hasil % kehilangan massa hasil uji biodegradabilitas komposit serat batang pisang.

Perbandingan polimer : serat (%)	Ukuran serat (cm)	massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kehilangan massa (g)	Presentasi Biodegradasi (%)
5:95	2	9,98	8,14	1,84	18,44%
30:70	2	8,62	8,09	0,53	6,15%
75:15	2	7,53	7,04	0,49	6,51%
90:10	2	6,94	6,20	0,74	10,66%
5:95	6	10,64	7,90	2,74	25,75%
30:70	6	9,80	8,44	1,36	13,88%
75:15	6	8,28	7,98	0,30	3,62%
90:10	6	7,70	7,50	0,20	2,60%

**Gambar 1. Grafik presentase (%) biodegradasi komposit serat batang pisang dengan variasi polimer dan serat**

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1 hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa komposit dengan komposisi 5:95 memiliki tingkat biodegradasi tertinggi, yaitu 18,44 % pada panjang serat 2 cm dan 25,75% pada 6 cm, karena kandungan serat yang lebih besar membuat material lebih mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Sebaliknya, komposisi dengan kandungan polimer lebih tinggi, seperti 90:10, menunjukkan biodegradasi yang rendah

yaitu 2,60% pada 6 cm dan 10,66% pada 2 cm, karena sifat *polypropylene* yang sulit terdegradasi. Panjang serat juga berpengaruh, di mana serat 6 cm menghasilkan presentase biodegradasi lebih tinggi dibandingkan serat 2 cm pada semua variasi komposisi, hal ini dikarenakan struktur komposit menjadi lebih terbuka sehingga mikroorganisme lebih mudah mencapai bagian dalam komposit. Sedangkan komposisi yang

didominasi *polypropylene* cenderung menghambat laju pernguraian.

3.2. Uji Tarik

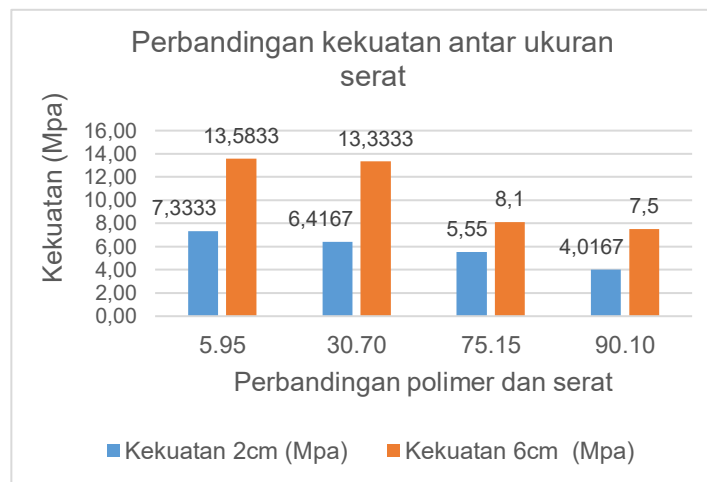
Berikut merupakan data hasil uji tarik didapatkan pada masing-masing pengujian spesimen

Tabel 3. Hasil uji tarik komposit serat batang pisang.

Perbandingan polimer : serat (%)	Ukuran serat (cm)	Kekuatan (Mpa)	Regangan (m/m)	Tegangan (Mpa)	Modulus (Mpa)
5:95	2	7,3333	0,0098	0,0364	3,7037
30:70	2	6,4167	0,0042	0,0222	5,2381
75:15	2	3,5500	0,0045	0,0170	3,7333
90:10	2	4,0167	0,0112	0,0291	2,5946
5:95	6	13,5833	0,0021	0,0424	20,5882
30:70	6	13,3333	0,0097	0,0162	1,6667
75:15	6	8,1	0,0052	0,0259	5,0196
90:10	6	7,5	0,0045	0,0242	5,3333

Hasil uji tarik spesimen dengan variasi ukuran serat dan komposisi polimer : serat disajikan pada Tabel 3.

Untuk mempermudah analisis data kekuatan tarik divisualisasikan dalam bentuk grafik batang pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik perbandingan kekuatan tarik antar spesimen

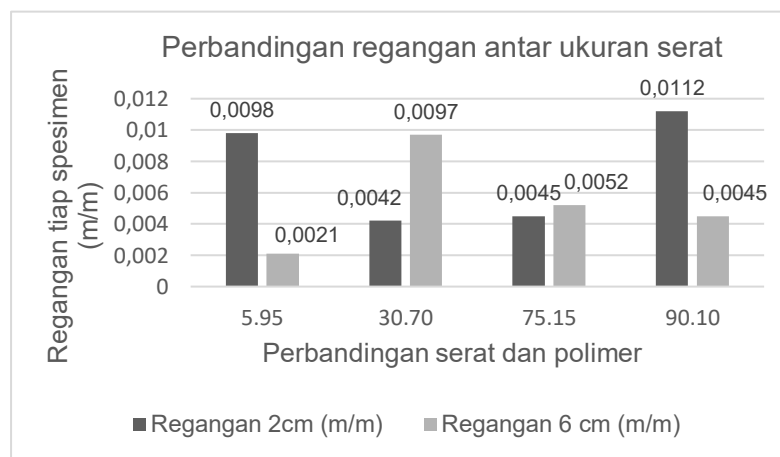
Dari grafik Gambar 2 dapat dilihat komposit dengan ukuran serat 6 cm menunjukkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan serat 2 cm pada

seluruh variasi komposisi serat : polimer. Pada variasi 5:95, kekuatan tarik komposit dengan serat 6 cm mencapai 13,5833 MPa, sedangkan serat 2 cm hanya 7,333

MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin panjang serat yang digunakan, maka semakin baik distribusi beban yang dapat ditahan komposit karena luas bidang kontak antar serat dan matriks meningkat. Variasi perbandingan serat dan polimer juga memengaruhi kekuatan tarik. Pada serat 2 cm, nilai tertinggi didapatkan pada komposisi 5:95 sebesar 7,333 MPa dan menurun hingga 4,0167 MPa pada komposisi 90:10. Hal tersebut juga terjadi pada serat dengan variasi panjang 6 cm, dimana kekuatan tarik tertinggi pada komposisi 5:95 yaitu sebesar 12,5833 MPa dan kemudian menurun hingga 7,5 MPa pada komposisi 90:10. Penurunan ini terjadi karena berkurangnya kandungan

serat yang berfungsi sebagai penguat. Ketika komposisi polimer lebih dominan, komposit menjadi kurang kuat karena peran serat dalam menahan beban tarik menurun. Hasil ini menunjukkan bahwa serat batang pisang memberikan kontribusi terhadap peningkatan kekuatan tarik, sementara polimer berperan sebagai matriks yang mengikat serat.

Selain kekuatan tarik, parameter mekanik regangan juga diamati. Regangan menunjukkan tingkat perubahan panjang spesimen terhadap panjang awalnya hingga material mengalami patahan. Data hasil regangan digambarkan pada grafik batang berikut.



Gambar 3. Grafik perbandingan regangan antar spesimen

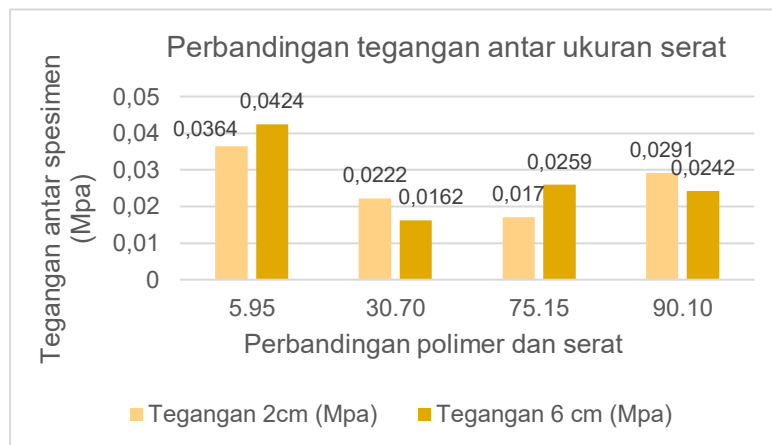
Berdasarkan Gambar 3 grafik hasil regangan menunjukkan bahwa panjang serat serta komposisi polimer : serat berpengaruh terhadap regangan komposit. Pada serat 2 cm, regangan menunjukkan bahwa, regangan dipengaruhi oleh interaksi antara serat dan matriks.

tertinggi didapatkan pada komposisi 90:10 sebesar 0,0112 m/m, sedangkan nilai terendah terdapat pada komposisi 30:70 sebesar 0,0042 m/m. Untuk panjang serat 6 cm, regangan tertinggi terdapat pada komposisi 30:70 sebesar 0,0097 m/m, dan terendah terdapat pada komposisi 5:95

sebesar 0,0021 m/m. Perbedaan ini Pada serat 2 cm, tingginya kandungan polimer pada komposisi 90:10 dapat meningkatkan elastisitas sehingga material mampu mengalami deformasi lebih besar. Sebaliknya, tingginya kandungan serat pada komposisi 30:70 menurunkan regangan karena matriks polimer yang berperan sebagai pengikat berkurang. Untuk serat 6 cm, komposisi 30:70 menghasilkan regangan lebih tinggi karena polimer masih cukup untuk menjaga ikatan antarmuka serat dan matriks. Namun, pada komposisi 5:95, polimer yang terlalu sedikit menyebabkan ikatan antarmuka melemah

sehingga material patah lebih cepat. Secara keseluruhan, polimer berperan penting dalam menentukan kemampuan regangan, terutama pada serat pendek, sedangkan pada serat panjang diperlukan jumlah polimer yang memadai agar komposit tetap mampu mengalami deformasi sebelum patah.

Tegangan komposit juga dianalisis untuk mengetahui kemampuan komposit menahan beban tarik per satuan luas penampangnya sebelum mengalami patah. Hasil data tegangan ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. Grafik perbandingan tegangan antar spesimen.

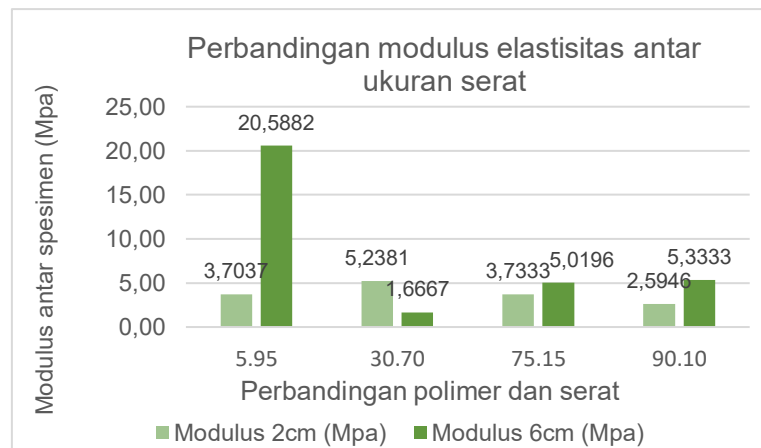
Berdasarkan grafik Gambar 4 menunjukkan bahwa pada panjang serat 2 cm, tegangan tertinggi terdapat pada komposisi 5:95 sebesar 0,0364 MPa, sedangkan nilai terendah pada komposisi 75:25 sebesar 0,017 MPa. Tingginya kandungan serat pada komposisi 5:95 meningkatkan kemampuan komposit menahan beban karena serat memiliki sifat

mekanik yang lebih baik daripada matriks polimer. Sebaliknya, pada komposisi 75:25, dominasi polimer membuat material lebih getas sehingga tegangan yang dihasilkan lebih rendah. Pada panjang serat 6 cm, tegangan tertinggi juga diperoleh pada komposisi 5:95 sebesar 0,0424 MPa, sedangkan nilai terendah pada komposisi 30:70 sebesar 0,0162

MPa. Kandungan serat yang cukup tinggi pada komposisi 5:95 memungkinkan transfer tegangan yang lebih efektif, terutama pada serat panjang, sehingga komposit mampu menahan beban tarik dengan lebih baik. Sementara itu, komposisi 30:70 belum memiliki serat yang cukup untuk memberikan penguatan optimal, dan kadar polimer yang tidak dominan dapat menyebabkan ketidaksempurnaan ikatan serta distribusi tegangan yang kurang merata. Secara keseluruhan, semakin tinggi fraksi serat, khususnya pada ukuran serat yang lebih

panjang, semakin besar kemampuan komposit menahan tegangan tarik. Sebaliknya, komposisi dengan serat rendah atau tidak seimbang cenderung menghasilkan ikatan antarmuka yang kurang optimal serta distribusi tegangan yang tidak merata.

Modulus elastisitas antar spesimen juga dianalisis. Modulus elastisitas sendiri merupakan kekakuan material yang menunjukkan perbandingan antara tegangan dan regangan pada bagian elastis. Data modulus elastisitas ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5. Grafik perbandingan modulus elastisitas antar specimen.

Berdasarkan grafik Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas dipengaruhi oleh panjang serat dan perbandingan polimer:serat. Pada panjang serat 2 cm, modulus tertinggi diperoleh pada komposisi 30:70 sebesar 5,2381 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada komposisi 90:10 sebesar 2,5946 MPa. Peningkatan fraksi serat cenderung meningkatkan kekakuan

komposit karena serat berperan sebagai penguat dalam matriks.

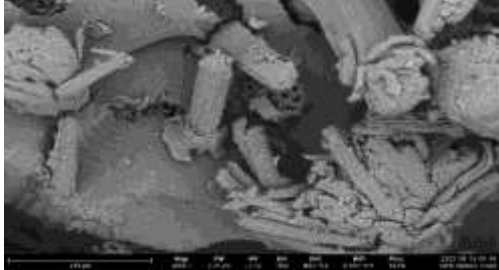
Pada panjang serat 6 cm, nilai modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada komposisi 5:95 sebesar 20,5882 MPa, sedangkan nilai terendah terdapat pada komposisi 30:70 sebesar 1,6667 MPa. Variasi ini menunjukkan bahwa efektivitas penguatan dipengaruhi oleh distribusi serat di dalam matriks, terutama pada serat yang lebih panjang.

Secara umum, penggunaan serat yang lebih panjang dan fraksi serat yang lebih tinggi menghasilkan nilai modulus

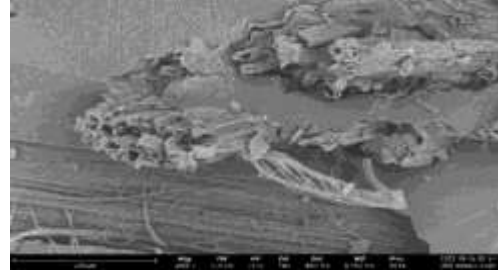
elastisitas yang lebih besar. Kedua parameter tersebut berperan penting dalam meningkatkan kekakuan komposit.

3.3. Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

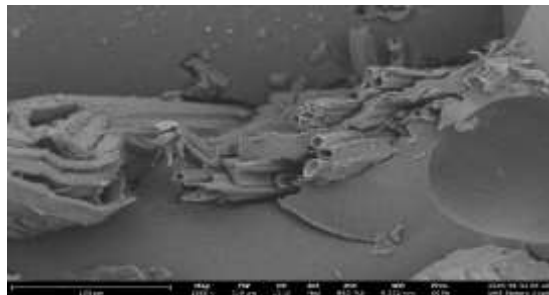
Berikut merupakan hasil dari pengujian SEM :



Gambar 7. Hasil uji SEM patahan komposit pada titik lokasi pertama.



Gambar 6. Hasil uji SEM patahan komposit pada titik lokasi kedua.



Gambar 8. Hasil uji SEM patahan komposit pada titik lokasi ketiga.

Pada Gambar 6, permukaan patahan komposit tampak kasar dan tidak merata. Terlihat adanya serat yang terlepas dari matriks (*fiber pull-out*) serta rongga-rongga kecil di sekitar serat. Kondisi ini menunjukkan bahwa ikatan antarmuka tidak sepenuhnya terdistribusi ke serat. Permukaan matriks yang tidak homogen juga menunjukkan adanya perbedaan deformasi selama proses pembebanan. Pada Gambar 7, *morfologi* patahan menunjukkan serat-serat yang masih tertanam di dalam matriks, meskipun sebagian ujung serat terlihat terangkat. Hal

ini menunjukkan adanya perlekatan serat dan matriks yang lebih baik dibandingkan titik lokasi pertama. Permukaan matriks tampak mengalami deformasi plastis di sekitar serat, yang menunjukkan bahwa matriks berkontribusi dalam menahan beban sebelum terjadi patahan.

Pada Gambar 8, terlihat adanya kombinasi antara *fiber pull-out*, retakan halus (*micro cracks*), dan area matriks yang relatif lebih halus. Adanya *micro cracks* pada matriks menunjukkan terjadinya konsentrasi tegangan selama proses pembebanan. Serat yang tertarik keluar dengan

permukaan yang relatif bersih menunjukkan bahwa mekanisme kegagalan dipengaruhi oleh kekuatan antarmuka antara serat dan matriks.

Berdasarkan hasil penelitian dan perbandingan dengan *styrofoam*, komposit serat batang pisang dan *polypropylene* terbukti mempunyai laju biodegradasi yang jauh lebih cepat. Dalam 10 hari, komposit dengan serat 6 cm dan komposisi 5:95 mengalami penurunan massa hingga 25,75%, sedangkan *styrofoam* secara alami membutuhkan ratusan hingga ribuan tahun untuk terurai. Bahkan dalam kondisi laboratorium, *styrofoam* hanya turun sekitar 18% setelah 8 minggu (Shatriadi et al., 2025), sehingga komposit ini jauh lebih ramah lingkungan.

Karena SNI 7273:2008 tidak menyediakan acuan kekuatan tarik atau regangan *styrofoam*, perbandingan dilakukan dengan penelitian terdahulu (Chen et al., 2015) menyatakan *styrofoam* EPS mempunyai kekuatan tarik 0,276–0,416 MPa, sementara penelitian (Wesli et al., 2023) menunjukkan kuat tarik belah berbasis *styrofoam* berada di kisaran 0,372–0,393 MPa.

Hasil penelitian ini menunjukkan nilai yang jauh lebih tinggi: komposit terbaik

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, komposit dengan komposisi serat:polimer 5:95 dan panjang serat 6 cm menunjukkan performa terbaik, dengan kekuatan tarik 13,58 MPa, modulus elastisitas 20,59 MPa, dan tingkat biodegradasi 25,75% dalam 10

(serat 6 cm, komposisi 5:95) mencapai kekuatan tarik 13,58 MPa, lebih dari 30 kali lebih besar dari *styrofoam*. Peningkatan ini berasal dari peran serat batang pisang sebagai penguat serta panjang serat yang memberikan area ikatan yang lebih luas, sehingga distribusi tegangan menjadi lebih merata.

Secara keseluruhan, hasil uji SEM menunjukkan bahwa mekanisme kegagalan komposit didominasi oleh *fiber pull-out*, *debonding* antarmuka, dan retakan pada matriks. Variasi morfologi patahan pada setiap titik lokasi menandakan adanya ketidakseragaman distribusi serat dan perlekatan serat dan matriks di dalam komposit. Karakteristik ini berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit, khususnya kekuatan tarik dan ketangguhan material.

Dengan kombinasi kekuatan tarik tinggi, kemampuan biodegradasi cepat, serta penggunaan serat alam yang terbarukan, komposit serat batang pisang dan *polypropylene* berpotensi kuat sebagai material alternatif pengganti *styrofoam* untuk aplikasi berbeban ringan hingga menengah.

hari. Variasi panjang dan fraksi serat berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik dan biodegradasi. Hasil SEM menunjukkan adanya *fiber pull-out* dan *void* akibat ikatan antarfasa yang belum optimal. Secara keseluruhan, komposit serat batang pisang–*polypropylene*

berpotensi sebagai alternatif styrofoam yang lebih kuat dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Artika, M. P., & Mahyudin, A. (2019). Pengaruh Persentase Serat Pinang terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradabilitas Komposit Polipropilena dengan Penambahan Pati Pisang. *Jurnal Fisika Unand*, 8(2).
- Chasisuwan, K., Dahlal, A., Sukallaya, H., Jareerat, R., & Montira, L. (2023). SOIL BURIAL DEGRADATION OF STATCH-BASED FILMS ON MICROBIAL LOAD AND PLANT GROWTH. *Journal Sustaibility Science and Management*. 18(2).
- Chen, W., Hao, H., Hughes, D., Shi, Y., Cui, J., & Li, Z.-X. (2015). *Static and Dynamic Mechanical Properties of Expanded Polystyrene*.
- Coninck1, C. T. P., Bitencourt 1, L. G. S., Carpenter, D. E. O. S., & Barcellos1, I. O. B. (2014). *EVALUATION OF THE PROPERTIES OF POLYPROPYLENE / BANANA FIBRE BIOCOSMOSITES*.
- Dwi Cahyono, A., Arifin, R., Trisnadi Putra, W., & Winardi, Y. (2023). *AutoMech Jurnal Teknik Mesin Analisis Kuat Tarik Dan Struktur Mikroskopis Bahan Komposit Epoxy, Serat Batang Pisang, Dan Partikel Ban*. 46–50.
- Horton, A. A. (2022). Plastic pollution: When do we know enough? *Journal of Hazardous Materials*, 422. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126885>
- Lelawati, Tonadi Een, & Sefentry Aan. (2023). *Analisis Kekerasan Papan Komposit dari Serat Pelepah Pisang Dengan Resin Polyester* (Vol. 8, Issue 2).
- Muid, A., Dilla Santi, T., & Wardiati. (2023). FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN PENGGUNAAN STYROFOAM SEBAGAI KEMASAN MAKANAN OLEH PEDAGANG DI KECAMATAN LUENG BATA KOTA BANDA ACEH TAHUN 2022. *Jurnal Sains Riset*, 13(2), 294. <https://doi.org/10.47647/jsr.v10i12>
- Shatriadi, H., Putra, C., Rashid, N. A., & Said, F. M. (2025). licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License Publish: Association of Indonesian Teachers and. *Lecturers International Journal of Health Sciences (IJHS)Index*, 3(1). <https://doi.org/10.59585/ijhs>
- Wesli, Iqbal, M., & Fithra, H. (2023). Studi Eksperimental Cellular Lightweight Concrete Menggunakan Styrofoam Sebagai Pengganti Foam Agent Untuk Berat Volume 800 Kg/m. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Dan Arsitektur (Senastesia)*, 1.