

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini mengambil referensi dari beberapa peneliti terdahulu guna memperdalam kajian dan penelitian. Penelitian terdahulu ditampilkan pada tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
1	Analisis Komparatif Bahan Tambahan dalam Peningkatan Kinerja Bioplastik Pati Jagung	Menilai biodegradasi pati jagung	Eksperimental	Bioplastik pati jagung murni menunjukkan penurunan massa tinggi dalam beberapa minggu penguburan tanah. Permukaan film menjadi rapuh, menandakan aktivitas mikroorganisme yang intens terhadap amilosa dan amilopektin.
2	<i>Effect of Chemical Treatment on Banana & Coir Fibers</i>	Menganalisis efek alkalinisasi NaOH terhadap serat coir	Eksperimental	Perlakuan NaOH menghilangkan lignin dan hemiselulosa sehingga permukaan serat menjadi lebih kasar dan bersih. Terbukti dari berkurangnya void dan meningkatnya kekuatan tarik komposit.
3	Biokomposit <i>Poly Lactid Acid</i> (PLA) Berpenguat Dengan Coir (Sabut Kelapa): Evaluasi Kinerja Mekanik Dan Sifat Multifungsi	Menguji kinerja mekanik PLA berpenguat serat kelapa	Eksperimental	Komposit dengan 20% serat sabut kelapa menghasilkan kekuatan tarik tertinggi 56,55 MPa, sedangkan fraksi 50% turun menjadi 27,09 MPa karena meningkatnya void dan pull-out.
4	<i>Biodegradability of Coir/PLA Biocomposites</i>	Menguji biodegradasi PLA-serat coir	Eksperimental	Biokomposit PLA-coir mengalami penurunan massa lebih besar dari PLA murni sehingga degradasinya lebih cepat. Permukaan

				komposit menunjukkan retakan dan erosi yang menandakan degradasi aktif.
--	--	--	--	---

2.2 Biokomposit

Biokomposit adalah jenis komposit yang terdiri dari penguat serat alam dan bahan matriks polimer yang dikembangkan dari material komposit (Rahman et al., 2023). Biokomposit mendapatkan banyak perhatian karena meningkatnya kesadaran dan dorongan menuju teknologi yang berkelanjutan. Hal tersebut karena biokomposit ramah lingkungan dan juga mulai di aplikasikan dalam beberapa bidang seperti transportasi, industri bangunan dan konstruksi, kemasan, dan tempat makan (Ramamoorthy et al., 2015). Selain itu, biokomposit memiliki keunggulan dalam hal kemampuan terdegradasi secara alami sehingga tidak mencemari lingkungan dalam jangka panjang. Kombinasi antara serat alam dan matriks polimer juga memungkinkan terciptanya material dengan sifat mekanik yang cukup baik untuk menggantikan plastik konvensional dalam berbagai aplikasi.

2.3 Disposable tableware

Disposable tableware adalah peralatan makan sekali pakai seperti piring, mangkuk, gelas, dan sendok-garpu, yang dirancang untuk praktis dan digunakan sekali tanpa perlu dicuci ulang. Penggunaan tableware sekali pakai sangat populer di industri layanan makanan (restoran cepat saji, katering, acara) karena efisiensi dan higienitas, tetapi juga menimbulkan beban lingkungan yang signifikan dari limbah dan emisi saat pembuangan (Hapsari, 2024). Selain itu, pemilihan material (plastik konvensional, bioplastik, kertas, dsb.) dan cara pengolahan limbah (komposting, daur ulang, insinerasi) sangat menentukan seberapa berkelanjutan tableware sekali pakai tersebut (Fahmi et al., 2023).

2.4 Polylactic acid (PLA)

Polylactic acid (PLA) merupakan polimer biodegradable berbasis poliester yang disintesis melalui fermentasi bahan nabati seperti pati jagung, bit

gula, dan singkong. PLA dipilih karena berasal dari sumber daya terbarukan, bersifat komposabel, serta memiliki kekuatan modulus elastisitas yang relatif tinggi dibandingkan polimer sintesis lainnya seperti *polipropilena* (PP) atau *polistirena* (PS) (Trivedi et al., 2023).

Namun demikian, PLA memiliki keterbatasan, di antaranya sifat rapuh, ketahanan panas yang rendah, dan proses degradasi yang lambat dalam kondisi lingkungan alami. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi seperti penambahan filler alami atau serat untuk memperbaiki karakteristik mekanik dan lingkungan. Dalam penelitian ini, PLA digunakan sebagai matriks utama karena sifat termoplastik dan kompatibilitasnya dengan bahan alami lain seperti pati jagung dan sabut kelapa (Dong et al., 2014).

Tabel 2.2 Sifat Mekanik PLA
(Sumber : Hussain et al., 2024)

Keterangan	Nilai
Densitas (g/cm ³)	1,21 — 1,25
Kekuatan Tarik (MPa)	21 — 60
Modulus Elastisitas (GPa)	0,35 — 0,5
Regangan Maksimum (%)	2,5 — 6
Suhu Leleh (°C)	150 — 162

2.5 Pati Jagung

Pati jagung adalah polimer alami yang terdiri dari dua komponen utama: amilosa (struktur linier) dan amilopektin (struktur bercabang). Granula pati memiliki sifat semi-kristalin dan mampu membentuk film yang fleksibel dan biodegradable. Pati juga larut dalam air dan dapat dimodifikasi secara kimia untuk meningkatkan performanya dalam berbagai aplikasi material (Palanisamy et al., 2020; Yu & Moon, 2022).

Dalam pengembangan biokomposit, pati jagung berperan sebagai polimer pendamping atau filler untuk meningkatkan biodegradabilitas dan menurunkan biaya produksi material berbasis PLA. Meskipun demikian, penggunaan pati dalam

jumlah besar dapat menurunkan sifat mekanik komposit, seperti kekuatan tarik dan elongasi, sehingga perlu dilakukan optimasi komposisi agar performa tetap seimbang.

Tabel 2.3 Sifat fisik dan kandungan Pati Jagung
(Sumber : (Mohammed et al., 2022))

Kandungan	Komposisi Pati Jagung
Densitas (g/cm ³)	1,4
Amilose (%)	24,64—29,4
Amilopektin (%)	72—65,36
Kadar kelembapann (%)	10,45—10,82
Abu (%)	0,32—0,62
Kandungan kelembaban (%)	11.7

2.6 Serat Sabut Kelapa

Serat sabut kelapa merupakan serat alam yang kaya akan selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Kandungan lignin yang tinggi memberikan ketahanan terhadap degradasi biologis, sementara selulosa berperan dalam memberikan kekuatan tarik dan modulus elastisitas (Ru et al., 2022; Siakeng et al., 2020). Serat ini memiliki densitas rendah (1,2 g/cm³), kekuatan tarik antara 131–175 MPa, dan elongasi hingga 30 %, menjadikannya cocok sebagai penguat (reinforcement) dalam biokomposit. Kelebihan lainnya adalah ketersediaan yang melimpah, biaya produksi rendah, serta ketahanannya terhadap jamur. Namun, untuk meningkatkan ikatan antara serat dan matriks PLA, biasanya dilakukan perlakuan alkalisasi dengan menggunakan larutan NaOH untuk menghilangkan lignin dan memperbaiki adhesi permukaan.

Tabel 2.4 Kandungan Sabut Kelapa
(Sumber : Widityo et al., 2025)

Komposisi	Nilai
Cellulose (%)	41—45
Lignin (%)	36—40
Hemicellulose (%)	20
Pectin/wax (%)	3—4

Tabel 2.5 Sifat mekanik sabut kelapa
(Sumber : Hasan et al., 2021)

Keterangan	Nilai
Densitas (g/cm ³)	1,2
Kekuatan Tarik (MPa)	131—175
Modulus Elastisitas (GPa)	4—6
Regangan Maksimum (%)	15—40

2.7 Proses Alkalisasi

Proses alkalisasi merupakan perlakuan kimia yang umum dilakukan untuk meningkatkan kualitas serat sabut kelapa sebelum digunakan sebagai bahan penguat dalam biokomposit. Perlakuan ini dilakukan dengan merendam serat dalam larutan NaOH untuk menghilangkan lignin, hemiselulosa, lilin, dan minyak alami. Penghilangan komponen tersebut membuat permukaan serat menjadi lebih kasar dan reaktif, sehingga meningkatkan adhesi dengan matriks polimer seperti PLA. Selain itu, proses ini juga mengurangi diameter serat dan meningkatkan luas permukaan, yang berdampak pada peningkatan modulus elastisitas dan kekuatan tarik komposit.

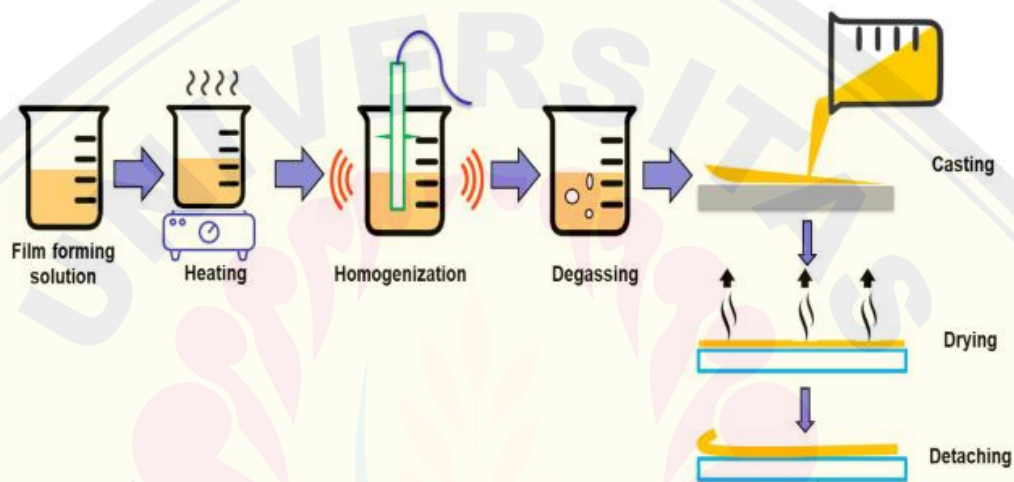
Penelitian oleh (Setyanto et al., 2015) menunjukkan bahwa alkalisasi dengan NaOH 5% selama 2 jam dapat meningkatkan kekuatan tarik serat hingga 27,9%. Hasil serupa ditemukan oleh (Musyarofah et al., 2020) yang melaporkan peningkatan kekuatan tarik biokomposit PLA hingga 40 MPa dan kekuatan lentur hingga 47,7 MPa setelah perlakuan alkali. (Adeniyi et al., 2019) juga menyimpulkan bahwa perlakuan dengan NaOH 5% efektif meningkatkan kekasaran dan adhesi tanpa merusak struktur serat. Namun, konsentrasi atau waktu perendaman yang berlebihan dapat merusak selulosa dan menurunkan performa biokomposit.

2.8 Solvent Casting

Solvent casting merupakan metode yang digunakan untuk membentuk material polimer dengan cara melarutkan polimer ke dalam pelarut, lalu menuangkannya ke cetakan hingga pelarutnya menguap dan material mengeras

(Melarcode et al., 2025). Metode ini cukup banyak dipakai karena hasilnya cenderung homogen dan dapat menghasilkan spesimen dengan bentuk standar, termasuk bentuk uji seperti ASTM D638 (Borbolla-Jiménez et al., 2023).

Keunggulan utamanya terletak pada proses yang sederhana, tidak membutuhkan peralatan rumit, serta mampu mencampurkan polimer dan aditif secara merata. Secara umum, tahapannya meliputi proses pelarutan, pencampuran hingga homogen, penuangan larutan ke dalam cetakan, lalu pengeringan sampai pelarut benar-benar hilang (Jackson et al., 2021).

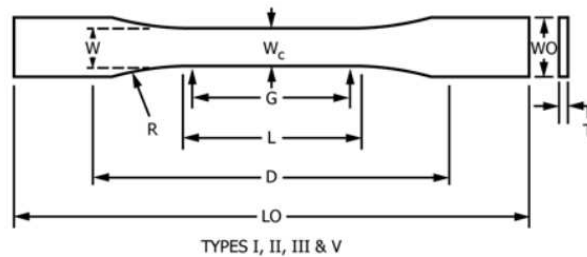


Gambar 2.1 Metode Solvent Casting
(Sumber : Ajesh Kumar et al., 2022)

2.9 Karakterisasi Material

2.9.1 Uji Tarik

Uji tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum, modulus elastisitas, serta elongation at break dari lembaran biokomposit. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan berdasarkan standar ASTM D638 tipe I. Sampel berbentuk *dog-bone* dengan ukuran Panjang (LO) 165 mm, Lebar (WO) 19 mm, dan ketebalan (T) 3,2 mm dan diuji menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).



Gambar 2.2 Ukuran spesimen uji tarik dengan astm D638 Tipe 1
(Sumber : Standards & Institute of Standardization, n.d.)

a. Rumus Tegangan (*Tensile stress*)

$$\sigma = F / A \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

σ = Tegangan Tarik maksimal (N/mm² atau MPa)

F = Beban maksimum (N)

A = Luas Penampang (mm²)

b. Rumus Regangan (*Elongation*)

$$\varepsilon = \Delta L / L_0 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

ε = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang (m)

L_0 = Panjang mula-mula (m)

c. Modulus Elastisitas

$$E = \sigma / \varepsilon \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

E = Modulus Elastisitas (MPa)

σ = Tegangan (N/mm² atau MPa)

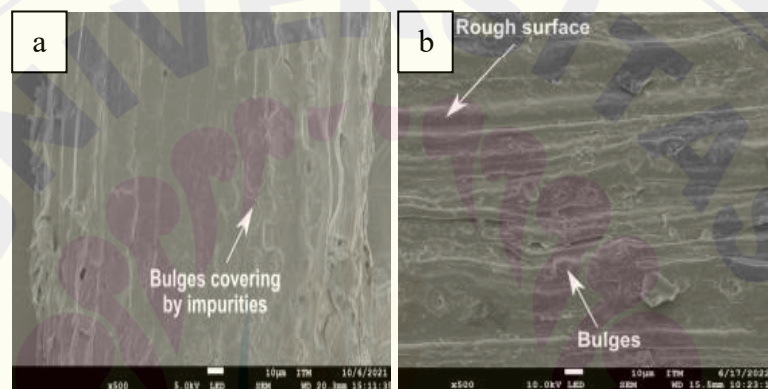
ε = Regangan

2.9.2 SEM (Scanning Electron Microscopy)

SEM dilakukan untuk mengamati permukaan patahan dan morfologi dari biokomposit setelah uji tarik. Pemeriksaan menggunakan SEM dapat memberikan informasi visual terkait distribusi serat, adhesi antara serat dan matriks, serta adanya

cacat seperti void, crack, atau delaminasi. Permukaan patahan yang kasar menandakan transfer beban yang baik, sementara permukaan yang halus dapat menunjukkan kegagalan antarmuka.

(Barrera-Fajardo et al., 2024) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa serat sabut kelapa sebelum perlakuan alkalisasi memiliki permukaan yang lebih halus, tertutup kotoran, dan masih mengandung lignin yang tampak sebagai lapisan tidak rata di permukaannya. Setelah diberi perlakuan NaOH, struktur mikro serat berubah menjadi lebih kasar dan bersih, yang menandakan hilangnya hemiselulosa serta lignin dari permukaan.



Gambar 2.3 Morfologi serat sabut kelapa sebelum (a) dan sesudah (b) alkalisasi berdasarkan pengamatan SEM.

(Sumber : Barrera-Fajardo et al., 2024)

2.9.3 Uji biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan untuk menilai kemampuan material terurai secara biologis di dalam tanah. Pengujian mengacu pada standar ASTM D5988, yaitu metode untuk menilai degradasi plastik berbasis karbon organik menggunakan mikroorganisme alami. Sampel biokomposit dikubur dalam tanah kompos selama periode tertentu (misalnya 28 hari), dan penurunan massa digunakan sebagai indikator proses degradasi. Penelitian Siakeng et al. (2020) menunjukkan bahwa biokomposit PLA yang diperkuat serat alami, termasuk serat kelapa, mengalami penurunan massa lebih besar dibandingkan PLA murni karena struktur serat meningkatkan porositas dan mempermudah difusi air serta aktivitas mikroba.

Prosedur pengujian biodegradasi dilakukan dengan menghitung massa sampel sebelum dan sesudah di timbun dalam dalam kompos organik. Berat sampel yang terdegradasi di hitung dengan menggunakan persamaan berikut

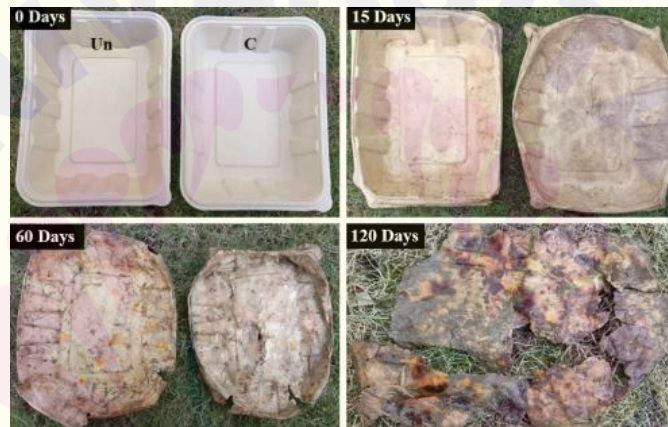
$$W_L = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

W_L = Massa yang berkurang (%)

W_1 = Massa awal (g)

W_2 = Massa setelah penimbunan (g)



Gambar 2.4 Hasil uji biodegradasi
(Sumber: (Shen et al., 2025))