

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik menjadi dilema di seluruh dunia karena merupakan salah satu tulang punggung utama yang menopang ekonomi global dan telah berkembang menjadi salah satu material terbesar di dunia. Namun, selain menjadi material terbesar di dunia, plastik juga merupakan polutan lingkungan yang konsisten karena penggunaan plastik tidak dapat dipisahkan dari aktivitas manusia sehari-hari (Ali et al., 2025; Bassyouni et al., 2025). Selama 72 tahun terakhir, produksi plastik mengalami lonjakan yang signifikan, dari 1,7 juta ton pada tahun 1950 menjadi 400 juta ton pada tahun 2022. Total plastik yang diproduksi pada akhir tahun 2050 diperkirakan akan mencapai 26 miliar ton (Vázquez-Morillas et al., 2024). Dari total jumlah plastik yang diproduksi, hanya sekitar 10% sampah plastik yang didaur ulang. Sisanya, 14% sampah plastik dibakar, dan 76% sisanya dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) tanpa pemrosesan lebih lanjut atau penanganan khusus (Ranote et al., 2024). Seiring berjalannya waktu, plastik yang dibuang tanpa pemrosesan lebih lanjut dapat menyebabkan polusi air, udara, dan tanah dengan melepaskan bahan kimia berbahaya ke lingkungan dan makhluk hidup, terutama melalui sirkulasi udara ke tanah (Gündoğdu et al., 2024). Karena kurangnya praktik manajemen pembuangan sampah yang tepat atau penanganan lebih lanjut dari sampah plastik, beberapa sampah plastik sering kali dibakar, yang mengakibatkan masalah kesehatan yang serius, karena sampah plastik yang dibakar akan melepaskan gas beracun yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia dan makhluk lainnya (Ranote et al., 2024). Untuk mengatasi masalah tersebut, banyak metode yang dapat digunakan untuk mengurangi jumlah sampah plastik. Salah satu pendekatannya adalah degradasi kimiawi, tetapi proses tersebut tidak ramah lingkungan karena tidak sepenuhnya mengurai plastik. Metode lain, seperti pirolisis dan degradasi katalitik juga tersedia, tetapi metode tersebut memiliki kelemahan



hal efisiensi (Kim dan Kim, 2024).

alng menjanjikan dalam mengatasi masalah sampah plastik di
 lengan mengembangkan plastik biodegradable yang dapat
 <roorganisme seperti ganggang (Jangong dkk., 2021), bakteri
 k., 2024; Lin dkk., 2024), air (Gu dkk., 2024), dan CO² oleh air

laut (Goel dkk., 2021). Tidak seperti plastik konvensional berbasis minyak bumi, bioplastik menggunakan sumber daya terbarukan dan dapat digunakan sebagai alternatif yang berkelanjutan karena kemampuannya untuk terurai secara alami dan dapat dibuat menjadi kompos (Nizamuddin et al., 2024). Bioplastik adalah jenis plastik yang terbuat dari bahan yang ramah lingkungan dan dapat terurai secara alami seperti tanaman (Kouchakinejad dkk., 2024), pati (Marichelvam dkk., 2022), serat (Hoque dan Janaswamy, 2024), pektin (Tien dkk., 2023), ganggang (Kadell dan Callychurn, 2023), dan mikroorganisme (Roman dkk., 2024). Sektor industri telah menunjukkan minat yang besar terhadap plastik berbasis serat alami karena biokompatibilitas dan kemampuannya untuk didaur ulang, menjadikannya solusi potensial untuk krisis polusi plastik yang sedang berlangsung (Upadhyay et al., 2023). Serat yang berasal dari tumbuhan alami, seperti pisang, dapat memiliki peran penting dalam pembuatan plastik karena telah terbukti memiliki sifat mekanik yang baik (Fiore et al., 2022), keberlanjutan (Anugrahwidya et al., 2021), dan ramah lingkungan (Majamo dan Amibo, 2024). Serat-serat halus yang dihasilkan dari degradasi mekanik akan bergerak dan mengatur dirinya sendiri di permukaan material, meningkatkan sifat penghalang terhadap cairan, udara, atau partikel kecil lainnya (Upadhyay dkk., 2023).

Pisang merupakan salah satu buah tropis yang paling banyak ditanam dan dibudidayakan di lebih dari 130 negara (Hoque dan Janaswamy, 2024). Meskipun pisang telah dibudidayakan secara umum di India, Brasil, Cina, dan Sri Lanka, potensi penuhnya masih belum dimanfaatkan secara maksimal (Thorat et al., 2024). Kulit pisang merupakan sumber senyawa bioaktif yang baik, seperti fenolat dan karotenoid, serta menunjukkan aktivitas antioksidan, antivirus, antibakteri, dan antibiotik yang unggul (Balavairavan dan Saravanakumar, 2021). Karena kandungan serat makanan total yang tinggi (43-50%), pati (3%), protein kasar (6-9%), dan lipid kasar (4-11%), kulit pisang memiliki berbagai macam kegunaan. Kulit pisang merupakan bahan dengan potensi besar yang telah banyak diteliti untuk



awa bioaktif karena komposisi polimernya (Hoque dan ecara khusus, pisang memiliki kandungan selulosa yang tinggi, g yang menentukan kekuatan mekanik dan memposisikannya erat alami utama (Thorat et al., 2024). Penelitian tentang serat akukan sebelumnya, termasuk penelitian yang dilakukan oleh Srinivas Janaswamy. Penelitian mereka berhasil menghasilkan

bioplastik dengan sifat mekanik dan degradasi yang baik, menghasilkan film dengan waktu paruh 15,26 - 20,72 hari, biodegradasi lebih dari 50% beratnya, dan kekuatan tarik 20,40 MPa (Hoque dan Janaswamy, 2024). Sifat mekanik dan degradasi bioplastik akan menjadi lebih baik jika ditambahkan dengan polimer, penambahan polimer pada proses pembuatan bioplastik dengan bahan dasar serat kulit pisang dapat menghasilkan bioplastik dengan kualitas yang lebih baik. Di antara polimer biodegradable alami, sodium alginat merupakan polisakarida yang telah mendapat banyak perhatian karena biodegradabilitas, non-toksisitas, terbarukan, kelimpahan, dan kemampuan pembentukan film yang baik (Mao et al., 2023). Sodium alginat biopolimer polisakarida alami yang telah terbukti, telah banyak digunakan untuk bahan kemasan yang dapat dimakan dalam pengawetan makanan karena sifat pembentuk film yang baik, toksisitas rendah, dapat terurai secara hayati, dan tahan terhadap kelembapan yang menonjol (Yang dkk., 2022). Meskipun penelitian telah mengeksplorasi sodium alginat sebagai bioplastik dan terbukti berhasil menunjukkan potensi dan siap untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai biopolimer, penambahan bahan alami secara signifikan akan membantu meningkatkan kekuatan dan elastisitas (Chen dkk., 2023). Di sini, kami memperkenalkan pendekatan baru untuk meningkatkan sifat mekanik bioplastik berbasis sodium alginat dengan memasukkan serat kulit pisang (*Musa paradisiaca formatypica*), yang bertujuan untuk menciptakan alternatif bioplastik yang lebih tahan lama dan ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini, kami membuat dan membahas pengembangan dan karakterisasi bioplastik berbasis serat kulit pisang yang diperkuat dengan polimer sodium alginat. *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), karakterisasi kekuatan Tarik dengan alat Universal Testing Machine (UTM) AND MCT-2150 digunakan untuk mengidentifikasi sifat-sifat mekanik sampel bioplastik. Hasil FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi -OH, C-H, O-H asam karboksilat, C=C, -COO, dan C=O. Hasil XRD menunjukkan adanya bioplastik amorf dengan penambahan alginat. Hasil SEM menunjukkan



Hasil SEM menunjukkan bahwa dengan penambahan alginat memiliki retakan yang lebih besar dan lebih banyak dibandingkan dengan bioplastik tanpa alginat. Alginat memiliki sifat higroskopis dan berfungsi sebagai sumber nutrisi mikroorganisme, mempercepat pembentukan retakan dan meningkatkan degradasi yang menyebabkan degradasi lebih cepat. Lebih lanjut, degradasi berkontribusi pada sampel dengan alginat yang

menunjukkan kekuatan tarik 0,20 MPa dan modulus young 0,23 MPa. Sementara itu, sampel tanpa alginat memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah yaitu 0,19 MPa tetapi memiliki modulus young yang lebih tinggi yaitu 0,33 MPa. Oleh karena itu, penelitian ini menunjukkan keuntungan dalam produksi bioplastik dan potensi yang kuat untuk aplikasi pengemasan makanan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan bioplastik berbasis serat kulit pisang dengan penambahan sodium alginat sebagai alternatif material ramah lingkungan.
2. Menganalisis sifat mekanik, struktur, dan tingkat biodegradabilitas bioplastik yang dihasilkan melalui berbagai metode uji.
3. Mengevaluasi potensi bioplastik untuk diaplikasikan sebagai bahan kemasan yang biodegradable dan berkelanjutan.

1.3 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Ilmiah

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan pengetahuan dalam bidang material ramah lingkungan, khususnya bioplastik berbasis serat kulit pisang yang diperkuat dengan polimer sodium alginat. Melalui pendekatan karakterisasi mekanik, spektroskopi (FTIR), difraksi sinar-X (XRD), kuat tarik, dan pengujian biodegradasi dalam tanah, penelitian ini membuka wawasan baru mengenai hubungan antara struktur mikroskopis, gugus fungsional kimia, kekuatan tarik dan laju degradasi bioplastik. Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk penelitian lanjutan terkait peningkatan performa mekanik dan kemampuan degradasi bioplastik dari limbah organik.

2. Manfaat Praktis

Bioplastik dari serat kulit pisang yang diperkuat dengan sodium alginat dapat dijadikan sebagai alternatif kemasan ramah lingkungan, terutama pada sektor pangan. Bioplastik ini menawarkan kemudahan dalam proses produksi, kompatibilitas dengan peralatan yang ada, serta kemampuan biodegradasi yang cepat. Dengan fleksibilitas yang memadai, bioplastik ini berpotensi menggantikan plastik konvensional yang kurang ramah lingkungan.



dan Lingkungan

Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai bahan baku utama bioplastik menyediakan solusi ekonomis dalam pengelolaan limbah organik yang melimpah dan sering tidak dimanfaatkan. Selain itu, penggunaan sodium alginat menambah aspek keberlanjutan dan keberlimpahan bahan. Produk ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap plastik berbasis minyak bumi yang mahal dan tidak ramah lingkungan. Secara lingkungan, bioplastik ini mampu terurai dalam waktu singkat di tanah tanpa menghasilkan residu berbahaya, sehingga membantu mengurangi beban pencemaran plastik dan mendukung sistem pengelolaan limbah yang berkelanjutan.



BAB II METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober hingga Januari 2025. Bertempat di Laboratorium Fisika Material dan Energi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

2.2. Bahan dan Alat

2.2.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Kulit Pisang (*Musa paradisiaca formatypica*)
2. Sodium Alginat
3. Natrium Metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)
4. Kalium Hidroksida (KOH)
5. Hidrogen Peroksida (H_2O_2)
6. Asam Asetat (CH_3COOH)
7. Seng Klorida (ZnCl_2)
8. Kalsium Klorida (CaCl_2)
9. Etanol
10. Gliserol
11. *Aquadest*
12. Tanah Merah

2.2.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Oven
2. Blender
3. Ayakan 30 mesh



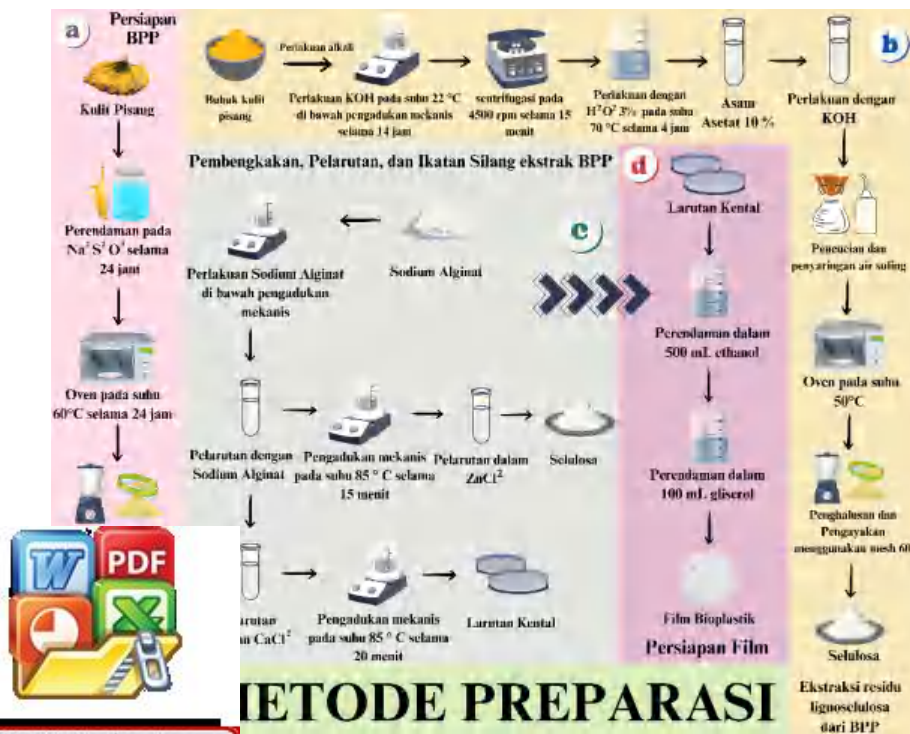
sh

9. Centrifugation
10. Cawan Petri
11. FTIR (*Fourier Transform Infrared*)
12. XRD (*X-Ray Diffraction*)
13. SEM (*Scanning Electron Microscope*)
14. Universal Testing Machine AND MCT-2150

2.3 Metode Penelitian

2.3.1 Pembuatan Bubuk Kulit Pisang

Pisang dicuci hingga bersih dari kotoran, dan kulitnya dipisahkan. Kulit pisang yang telah dipisahkan kemudian direndam dalam wadah yang berisi larutan natrium metabisulfit 1% (b/v) selama 24 jam untuk mencegah oksidasi yang akan terjadi pada kulit pisang. Setelah dicuci, kulit pisang dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Selanjutnya, kulit pisang yang telah kering dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan berukuran 30 mesh. Langkah-langkah pembuatan bubuk kulit pisang diilustrasikan pada **Gambar 1(a)**.



Gambar 1. (a) persiapan serbuk kulit pisang, (b) ekstraksi residu lignoselulosa dari serbuk pisang, (c) pembengkakan, pelarutan, dan pengikatan silang ekstrak serbuk kulit pisang, (d) preparasi film

2.3.2 Ekstraksi Residu Lignoselulosa Dari Bubuk Pisang

Kulit pisang telah menjadi bubuk kulit pisang pada proses preparasi ini. Bubuk kulit pisang yang sudah ada akan mengalami proses alkali, dimulai dengan perlakuan dalam KOH 5% (b/v) dengan perbandingan 1:20 pada suhu ruang 22°C menggunakan pengadukan mekanik (350 rpm) selama 14 jam. Bubuk kulit pisang yang tidak larut dalam perlakuan KOH akan dipisahkan dengan menggunakan sentrifugasi dengan kecepatan 4.500 rpm selama 15 menit, dilanjutkan dengan pencucian menggunakan akuades. Selanjutnya, bubuk kulit pisang yang tidak larut akan direaksikan kembali dengan 3% (v/v) H₂O² pada suhu 70°C selama 4 jam. Proses ini akan diulang dua kali untuk mendapatkan bubuk kulit pisang yang efektif, dan selama proses tersebut, pH larutan akan dipertahankan pada 5,0 dengan menggunakan asam asetat 10% (v/v). Kemudian, perlakuan alkali kedua dengan larutan KOH dilakukan pada bubuk kulit pisang yang tidak larut dalam kondisi yang sama. Setelah setiap langkah perlakuan kimia, bubuk kulit pisang yang tidak larut dinetralkan dengan pencucian yang ekstensif dengan akuades. Pada akhirnya, kelebihan air yang tidak larut dalam bubuk kulit pisang dihilangkan dengan penyaringan dan dikeringkan pada suhu 50°C dalam oven. Bubuk kulit pisang yang telah kering kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 60 mesh untuk mendapatkan bubuk yang halus. **Gambar 1(b)** mengilustrasikan ekstraksi residu lignoselulosa dari tahapan pembuatan bubuk pisang.

2.3.3 Pembengkakan, Pelarutan, dan Pengikatan Silang Ekstrak Bubuk Kulit Pisang

Pembengkakan dilakukan dengan melarutkan bubuk kulit pisang dalam larutan ZnCl₂ 68% (b/b). Pertama, 0,4 g bubuk kulit pisang dicampurkan ke dalam 1,6 mL akuades dan dipanaskan pada suhu 65°C selama 30 menit. Setelah itu, 16,24



lam 6 mL akuades dan ditambahkan ke dalam ekstrak bubuk
h dibengkak. Bubuk kulit pisang dan larutan campuran tersebut
a dan kemudian diletakkan di atas pengaduk magnetik pada
5 menit. Selanjutnya, 2% (w/v) sodium alginat dilarutkan dalam
5 menit. Larutan sodium alginat dan 300 mM CaCl₂ ditambahkan

ke dalam bubuk kulit pisang, diaduk, dan diletakkan di atas pengaduk magnetik pada suhu 85°C selama 30 menit. Langkah-langkah pembengkakan, pelarutan, dan pengikatan silang ekstrak bubuk kulit pisang diilustrasikan pada **Gambar 1(c)**.

2.3.4 Pembuatan Film

Larutan yang diperoleh kemudian diletakkan di atas cawan petri dan dikeringkan pada suhu kamar selama 12 jam. Film kemudian dicelupkan ke dalam larutan etanol 500 mL dan diaduk dengan kecepatan 50 rpm selama 5 menit. Film kemudian dibersihkan dengan mencelupkannya ke dalam akuades selama 5 menit dan direndam dalam 100 mL gliserol selama 10 menit. Pada langkah terakhir, film dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. **Gambar 1(d)** menunjukkan ilustrasi langkah-langkah persiapan film bioplastik.

Tabel 1. Komposisi sampel dengan variasi konsentrasi

ID sampel	BP (g)	SA (g)
BPP	0.4	0
BPP + SA	0.4	0.2

2.4 Metode Karakterisasi

2.4.1 Fourier Transform Infra-Red (FTIR)

FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia yang ada di dalam bioplastik dengan menghasilkan puncak-puncak panjang gelombang serapan inframerah dan interaksi ikatan (Nyerere et al., 2024). Sampel bioplastik yang akan diuji dipotong terlebih dahulu dengan ukuran $0,5 \times 0,5$ cm. Sebelum dikarakterisasi, sampel dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 50°C selama 20 menit untuk menghilangkan uap air yang dapat mempengaruhi hasil spektrum FTIR. Setelah kering, sampel dihaluskan hingga menjadi bubuk halus. Sampel kemudian dianalisis menggunakan instrumen FTIR, IR Prestige UV-1800. Spektra FTIR direkam pada rentang bilangan gelombang $500\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ (Yong et al., 2024).



ion (XRD)

RD dilakukan dengan menggunakan Shimadzu 7000 untuk istal bioplastik, ukuran kristalit, dan indeks derajat kristalinitas). Dilakukan sudut difraksi pada kecepatan hamburan $0,02$ (θ) hingga 75° dalam satuan 2θ . XRD dioperasikan pada tegangan

40 kV dan arus 30 mA. Ukuran kristalit (D) bioplastik dihitung menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* (Safira et al., 2024), dan indeks kristalinitas dihitung menggunakan (**persamaan 1 dan persamaan 2**) (Tasrin et al., 2024):

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

D adalah ukuran kristal, K adalah konstanta *Scherrer*, dan λ adalah panjang gelombang, β adalah lebar penuh pada setengah maksimum/ *full width at half maximum* (FWHM) dan θ menunjukkan sudut difraksi.

$$X_c = \left[\frac{A_c}{A_c + A_a} \right] \times 100\% \quad (2)$$

Indeks kristalinitas X_c dihitung dengan menggunakan persamaan di mana A_c adalah area kristal dan A_a adalah area *amorf* dari spektrum XRD.

Untuk memperkirakan ukuran kristalit dan distorsi kisi pada suatu material akibat tekanan internal, cacat kristal, atau perlakuan eksternal dapat dihitung secara matematis dengan menggunakan (**persamaan 3**) (Ahdour et al., 2024; Angel Agnes et al., 2025; Kalam et al., 2024):

$$\varepsilon = \frac{\beta}{4 \tan \theta} \quad (3)$$

ε adalah regangan mikro, β adalah lebar penuh pada setengah maksimum/ *full width at half maximum* (FWHM) dalam radian dan θ adalah sudut Bragg

2.4.3 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis dan karakterisasi struktur mikro bioplastik dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* Hitachi TM4000 Plus II dengan tegangan akselerasi 15 kV. Sampel diperlakukan dengan tanah dan diamati selama 21 hari, yaitu pada kondisi awal, hari ke-7, hari ke-14, dan hari ke-21.

2.4.4 Kekuatan Tarik dan Perpanjangan Putus

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh sampel atau bahan di bawah tegangan yang diberikan. Sementara itu, perpanjangan putus



eksibilitas sampel dan pada umumnya dinyatakan dalam bentuk (Safira et al., 2024). Kekuatan tarik dan perpanjangan putus dievaluasi menggunakan Universal Testing Machine AND MCT-2150 dengan metode uji IK-10. Sampel akan diuji dipotong dengan ukuran masing-masing 5×2 cm.

Pengukuran kekuatan tarik dapat dihitung secara matematis dengan menggunakan (**persamaan 4**) (Safira et al., 2024):

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} \quad (4)$$

σ adalah kekuatan tarik (MPa), F_{max} adalah gaya kekuatan tarik maksimum (N), dan A adalah luas penampang (mm^2).

Pengukuran perpanjangan putus (ϵ) dapat dihitung secara matematis dengan menggunakan (**persamaan 5**) (Tasrin et al., 2024):

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (5)$$

ΔL adalah perubahan panjang dan L_0 adalah panjang awal.

Modulus Young (E) adalah pengukuran kekakuan sampel. *Modulus Young* adalah rasio tegangan tarik (σ) terhadap regangan tarik (ϵ) dan dapat dihitung secara matematis menggunakan (**persamaan 6**) (Tasrin et al., 2024):

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \times 100\% \quad (6)$$

σ adalah tegangan (MPa) dan ϵ adalah regangan (%).

2.4.5 Uji Biodegradabilitas

Pengujian biodegradabilitas dilakukan dengan menggunakan metode penguburan tanah, melibatkan media tanah yang kaya akan mikroorganisme. Pengujian ini mengukur tingkat kehilangan berat sampel, serta kemampuan dan kecepatan material untuk terurai setelah ditempatkan di dalam tanah selama durasi tertentu (Safira et al., 2024). Sampel yang akan diuji dipotong terlebih dahulu dengan ukuran $(0,45 \times 0,45 \text{ cm})^2$, kemudian ditimbang untuk menentukan massa awal. Uji biodegradabilitas dilakukan selama 21 hari, dan berat sampel akan diukur setiap pukul 16.30 WITA, kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM. Kehilangan berat sampel dihitung menggunakan (**persamaan 7**) (Jangong et al., 2021)

$$I = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100\% \quad (7)$$



I adalah persentase kehilangan berat (%), W_0 adalah berat sebelum penempatan di tanah (g), W adalah berat setelah degradasi (g) pada waktu yang ditentukan.

2.5 Pelaksanaan Penelitian

