

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS VARIASI
KONSENTRASI PATI KULIT PISANG (*Musa paradisiaca* L var *Typica*)
dengan PENAMBAHAN EKSTRAK KULIT UBI JALAR (*Ipomoea batatas*
L. Lam)**

**SYNTHESIS AND BIOPLASTICS CHARACTERIZATION VARIATIONS
OF BANANA PEEL STARCH (*Musa paradisiaca* L.var *Typica*)
CONCENTRATION WITH THE ADDITION OF SWEET POTATO (*Ipomoea*
batatas L. Lam) EXTRACT**



**ELINA SURYANI LOLODATU
H052221008**



**PROGRAM MAGISTER BIOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS VARIASI
KONSENTRASI PATI KULIT PISANG (*Musa paradisiaca* L var *Typica*)
dengan PENAMBAHAN EKSTRAK KULIT UBI JALAR (*Ipomoea batatas*
L. *Lam*)**

**SYNTHESIS AND BIOPLASTICS CHARACTERIZATION VARIATIONS
OF BANANA PEEL STARCH (*Musa paradisiaca* L.var *Typica*)
CONCENTRATION WITH THE ADDITION OF SWEET POTATO (*Ipomoea*
batatas L. *Lam*) EXTRACT**

**ELINA SURYANI LOLODATU
H052221008**



**PROGRAM MAGISTER BIOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS VARIASI
KONSENTRASI PATI KULIT PISANG (*Musa paradisiaca* L var *Typica*)
dengan PENAMBAHAN EKSTRAK KULIT UBI JALAR (*Ipomoea batatas*
L Lam)**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Biologi

ELINA SURYANI LOLODATU
H052221008

Kepada

**PROGRAM MAGISTER BIOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Variasi Konsentrasi Pati Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) dengan Penambahan Ekstrak Kulit Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam)

ELINA SURYANI LOLODATU

H052221008

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada tanggal 5 November 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pada

Program Studi Magister Biologi
Departemen Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

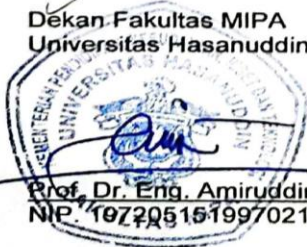
Mengesahkan:

Pembimbing Utama



Dr. Nur Haedar, M.Si
NIP. 196801291997022001

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si.
NIP. 197205151997021002

Pembimbing Pendamping



Dr. Eva Johannes, M.Si
NIP. 196102171986012001

Ketua Program Studi
Magister Biologi



Dr. Juhriah, M.Si.
NIP. 196312311988102001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Variasi Konsentrasi Pati Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) dengan Penambahan Ekstrak Kulit Ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam)" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Nur Haedar, S.Si., M.Si dan Dr. Eva Johannes, M.Si). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 5 November 2024



ELINA SURYANI LOLODATU
H052221008

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan tesis ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Dr. Nur Haedar, S.Si., M.Si sebagai Pembimbing Pertama dan Dr. Eva Johannes, M.Si sebagai Pembimbing Kedua. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada yang bersangkutan. Ucapan terima kasih juga saya hanturkan kepada Dr. Irma Andriani, S.Pi., M.Si, Dr. Syahribulan, M.Si, dan Dr. Eddyman W. Ferial, M.Si sebagai dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan terhadap penelitian dan penulisan tesis ini. Saya juga mengucapkan banyak terima kasih kepada pimpinan Universitas Hasanuddin dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah memfasilitasi saya dalam menempuh program magister ini serta kepada para dosen yang telah melimpahkan banyak ilmu selama saya duduk dibangku perkuliahan.

Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Kak Fristy Damanik S.Si, M.Si serta, kepada seluruh pihak Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan, Mineral Logam, dan Maritim (BBIHPMM) atas bantuannya dalam memfasilitasi alat-alat dan laboratorium sehingga penelitian ini dapat berlangsung dengan baik. Tidak lupa saya hanturkan banyak terima kasih kepada Rezki Asya Nur, S.Pd., M.Si, Yaumil Akhir, S.Pd., M.Si, Nurfadila, S.Si, Nuhidayah, S.Si, Ratna Sari, S.Si, Nurhidayah Syarifuddin, S.Pd, Siti Rofiah, S.Pd, Sopia Lacuba, S.Si, Ardiansa, S.Si., M.Si, teman seperjuangan tugas akhir selama proses magister ini berlangsung dan teman-teman magister biologi, terima kasih banyak atas seluruh bantuan dan memori yang telah diukirkan selama saya menempuh program magister dan mendengarkan keluh kesah penulis yang tiada habisnya. Mari tetap berkomunikasi setelah perkuliahan ini berakhir.

Tidak luput juga kepada Kakak dan Saudara, Hendra, S. Agr, Ivana Ode Lolodatu, S.Si, Megawati Kurnia Lolodatu, S.H, Handayani Lolodatu, S.Si, dan Yunita Lolodatu, S.Si terima kasih sudah menjadi benar-benar rumah tempat pulang bagi penulis. Untuk Yayasan Sekolah Kristen Kalam Kudus Makassar yang telah memberikan dukungan dana dan kesempatan kepada penulis. Akhirnya, kepada kedua orang tua dengan ketulusan dan dukungan melebihi apapun kepada penulis, Bapak Ode Tandi Bone Lolodatu dan Ibu Dr. Elisabeth (Almh), bahkan kata terima kasih pun tidak cukup, tidak ada pengorbanan yang lebih besar yang pernah penulis rasakan selain darimu. Terimakasih.

Makassar, 5 November 2024

Elina Suryani Lolodatu

ABSTRAK

ELINA SURYANI LOLODATU. **Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Variasi Konsentrasi Pati Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) dengan Penambahan Ekstrak Kulit Ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. *Lam*)** (dibimbing oleh Nur Haedar, Eva Johannes).

Alternatif yang ramah lingkungan diperlukan sebagai solusi atas meningkatnya permintaan plastik global yang berdampak buruk terhadap lingkungan. Pati merupakan polimer alami yang berasal dari tumbuhan yang terkenal dengan sifatnya yang mudah terurai secara hayati dan ramah lingkungan, serta tersedia secara luas dan terjangkau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bioplastik yang terbuat dari ekstrak pati kulit pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) dan ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. *Lam*). Metode yang digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah metode *solution casting*. Karakterisasi bioplastik dilakukan melalui serangkaian uji, meliputi uji serapan, kelarutan dalam air, ketebalan, kuat tarik, perpanjangan, biodegradabilitas, dan analisis Fourier Transform Infrared (FTIR). Ekstrak menunjukkan hasil terbaik pada konsentrasi BKP 2, dengan kapasitas penyerapan air sebesar $99,83 \pm 0,33b$, kelarutan dalam air sebesar $67,13 \pm 0,33b$, kuat tarik sebesar $0,56 \pm 0,29b$, dan kuat elongasi pada BKP 3 sebesar $25,695 \pm 12,73b$. Bioplastik biodegradable yang dihasilkan memenuhi kriteria SNI, JIS, dan ASTM D6400-19, dengan bioplastik terbaik sebesar $91 \pm 0,03a$. Semua sampel bioplastik menunjukkan tingkat degradasi yang tinggi (60-100%) dalam waktu 7 hari. Spektrum FTIR dari bioplastik menunjukkan adanya gugus fungsi OH, CH, C=O, C=C, dan CO, yang menunjukkan sifat biodegradable dan kemampuan potensial untuk menetralkan radikal bebas. Penelitian ini menyimpulkan bahwa variasi konsentrasi pati kulit pisang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik dan biodegradabilitas bioplastik. Bioplastik ini memiliki potensi besar untuk menggantikan plastik sintetis dan dapat membuka jalan bagi komersialisasi di masa mendatang

Kata Kunci: Bioplastik, Biodegradable, FTIR, SNI, Pati.

ABSTRACT

ELINA SURYANI LOLODATU. **Synthesis and Bioplastics Characterization Variations of Banana Peel Starch (*Musa paradisiaca* L.var *Typica*) Concentration with the Addition of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) Extract** (guided Nur Haedar, Eva Johannes).

*Environmentally friendly alternatives are needed as a solution to the increasing global demand for plastic which has a negative impact on the environment. Starch is a natural polymer derived from plants, known for its biodegradable and environmentally friendly properties, as well as being widely available and affordable. This study aims to determine the characteristics of bioplastics made from banana peel starch extract (*Musa paradisiaca* L. var. *Typica*) and sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam). The method used in the manufacture of bioplastics is the solution casting method. Bioplastic characterization is carried out through a series of tests, including absorption tests, water solubility, thickness, tensile strength, elongation, biodegradability, and Fourier Transform Infrared (FTIR) analysis. The extract showed the best results at BKP 2 concentration, with a water absorption capacity of 99.83 ± 0.33 b, water solubility of 67.13 ± 0.33 b, tensile strength of 0.56 ± 0.29 b, and elongation strength at BKP 3 of 25.695 ± 12.73 b. The resulting biodegradable bioplastics met the criteria of SNI, JIS, and ASTM D6400-19, with the best bioplastic scoring 91 ± 0.03 a. All bioplastic samples showed a high level of degradation (60-100%) within 7 days. The FTIR spectrum of the bioplastics showed the presence of OH, CH, C=O, C=C, and CO functional groups, which indicated biodegradable properties and the potential ability to neutralize free radicals. This study concluded that variations in the concentration of banana peel starch had a significant effect on the mechanical properties and biodegradability of bioplastics. This bioplastic has great potential to replace synthetic plastics and could pave the way for future commercialization.*

Kata Kunci : *Bioplastic, Biodegradable, FTIR, SNI, Starch*

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
Halaman Pengajuan Tesis	iii
Halaman Pengesahan	iv
Pernyataan Keaslian Tesis dan Pelimpahan Hak Cipta	v
Ucapan Terima Kasih	vi
Abstrak	vii
Abstract	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Lampiran	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Kerangka Berpikir.....	6
BAB II METODE PENELITIAN	7
2.1 Rancangan Penelitian.....	7
2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	7
2.3 Alat Penelitian.....	8
2.4 Bahan Penelitian.....	8
2.4 Prosedur Penelitian.....	8
2.4.1 Pembuatan Pati Kulit Pisang (<i>Musa paradisiaca</i> L var <i>Typica</i>).....	8
2.4.2 Pembuatan Ekstrak Kulit Ubi Jalar (<i>Ipomoea batatas</i> L. Lam).....	9
2.4.3 Pembuatan Bioplastik.....	9
2.5 Pengujian Bioplastik.....	9
2.5.1 Uji Penyerapan Air (<i>Absorption water</i>).....	9
2.5.2 Uji Kelarutan Dalam Air (<i>Solubility in water</i>).....	10
2.5.3 Uji Ketebalan (<i>Thickness</i>).....	10
2.5.4 Uji Kuat Tarik dan Uji Perpanjangan Saat Putus	10
2.5.5 Uji <i>Modulus Young</i>	11
2.5.6 Uji Biodegradabilitas.....	11
2.5.7 Karakterisasi FT-IR (<i>Fourier transform infrared spectroscopy</i>).....	11
2.5.8 Analisis Data.....	12
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	13
3.1 Sintesis Bioplastik.....	14
3.2 Hasil Analisis Penyerapan Air (<i>Absorption water</i>).....	16
3.3 Hasil Analisis Kelarutan Dalam Air (<i>Solubility in water</i>).....	20
3.4 Hasil Analisis Ketebalan Plastik <i>Biodegradable</i>	22
3.5 Hasil Analisis Kuat Tarik dan Uji Perpanjangan Saat Putus	24
3.6 Hasil Analisis <i>Modulus Young</i>	28
3.7 Hasil Analisis <i>Biodegradabilitas</i>	30
3.8 Karakterisasi FT-IR.....	34
BAB IV PENUTUP	38
4.1 Kesimpulan.....	38
4.2 Saran.....	38

DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN	58
RIWAYAT HIDUP	66

DAFTAR TABEL

1.	Kombinasi Perlakuan Kulit Pisang (BKP).....	7
2.	Formulasi Pembuatan Bioplastik.....	8
3.	Hasil pengamatan plastik <i>biodegradable</i> ekstrak pati kulit pisang dan ekstrak kulit ubi jalar.....	16
4.	Hasil uji <i>absorption water</i>	18
5.	Hasil uji kelarutan dalam air (<i>solubility water</i>)	21
6.	Hasil perhitungan ketebalan	22
7.	Perbandingan ketebalan film dari sampel yang berbeda.....	23
8.	Hasil perhitungan kuat tarik	25
9.	Hasil perhitungan kuat mulur	27
10.	Hasil perhitungan elastisitas (<i>modulus young</i>)	29
11.	Karakteristik plastik berdasarkan SNI, ASTM, dan JIS.....	30
12.	Hasil perhitungan biodegradabilitas	31
13.	Hasil uji degradasi penguburan tanah (<i>soil burial test</i>).....	32
14.	Hasil analisis gugus fungsi FTIR.....	35

DAFTAR GAMBAR

1.	Alur kerangka berpikir.....	6
2.	Proses pembuatan bioplastik.....	13
3.	Proses Ekstraksi Pati Kulit Pisang (<i>Musa paradisiaca</i> L var <i>Typica</i>).....	14
4.	Proses Ekstraksi kulit ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i> L. <i>Lam</i>).....	14
5.	Hasil sampel bioplastik ekstrak pati kulit dan Ekstrak kulit ubi jalar	15
6.	Pengaruh konsentrasi bioplastik ekstrak pati kulit pisang dan ekstrak kulit ubi jalar terhadap kapasitas penyerapan air	17
7.	Pengaruh konsentrasi bioplastik ekstrak pati kulit pisang dan ekstrak kulit ubi jalar terhadap kelarutan dalam air (<i>solubility water</i>).....	20
8.	Pengaruh konsentrasi bioplastik ekstrak pati kulit pisang dan ekstrak kulit ubi jalar terhadap kuat tarik (<i>tensile strenght</i>).....	25
9.	Pengaruh konsentrasi bioplastik ekstrak pati kulit pisang dan ekstrak kulit ubi jalar terhadap kuat mulur (<i>elongation at break</i>).....	26
10.	Pengaruh konsentrasi bioplastik ekstrak pati kulit pisang dan ekstrak kulit ubi jalar terhadap elastisitas (<i>modulus young</i>).....	28
11.	Reaksi biodegradasi <i>biopolymer</i>	33
12.	Spektrum FTIR ekstrak pati bioplastik ekstrak pati kulit pisang (<i>Musa paradisiaca</i> L var <i>Typica</i>) dan ekstrak kulit ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i> L. <i>Lam</i>).....	35
13.	Lokasi pengambilan kulit pisang dan kulit ubi jalar.....	64
14.	Hasil uji <i>soil burial test</i>	65

DAFTAR LAMPIRAN

1. Alur Kerja Penelitian.....	58
2. Diagram skema proses pembuatan bioplastik.....	59
3. Spektrum FTIR BKPK.....	60
4. Spektrum FTIR BKP 1.....	61
5. Spektrum FTIR BKP 2.....	62
6. Spektrum FTIR BKP 3.....	63
7. Lokasi pengambilan kulit pisang dan kulit ubi jalar.....	64
8. Hasil Uji <i>Soil Burial test</i>	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah plastik merupakan masalah lingkungan yang mengkhawatirkan khususnya di Indonesia. Pada tahun 2020, Indonesia menghasilkan sampah sebanyak 33.133.277,69 ton, dan hanya 15.167.553,06 ton atau sekitar 45,81% sampah yang diolah (KLHK RI, 2021). Pengolahan sampah plastik di banyak TPA seringkali dilakukan dengan cara insinerasi (pembakaran) (Rudend dan Hermana, 2020). Berdasarkan laporan *National Plastic Action Partnership* (2020) mengungkapkan, sekitar 70 % (4,8 juta ton) dari keseluruhan sampah plastik di Indonesia tidak terkelola dan berakhir atau bermuara di perairan laut Indonesia.

Pada penelitian Geyer et al. (2017) menganalisis, tahun 2050 sekitar 12 ribu ton sampah plastik akan terakumulasi di tempat pembuangan sampah sanitasi atau di lingkungan terbuka karena tren produksi dan pembuangan yang meningkat saat ini serta rendahnya proporsi sampah daur ulang. Penelitian Sardon dan Dove (2018) mengatakan, pada tahun 2050 jumlah plastik di laut diperkirakan akan lebih besar dibandingkan jumlah ikan di laut. Hal ini sejalan dalam penelitian Alabi et al (2019) menganalisis, bahwa proses ini akan meningkatkan dekomposisi polimer plastik yang mencemari lingkungan dan, menghasilkan mikroplastik dalam jumlah besar yang menimbulkan ancaman serius bagi manusia dan lingkungan. Plastik juga mengandung komponen beracun yang dapat larut, mencemari air tanah, atau diserap oleh tanaman meliputi organisme laut dan rantai makanan.

Sistem pengolahan limbah juga dapat menimbulkan banyak masalah, antara lain gangguan pernafasan, iritasi mata, keracunan pasif, kerusakan organ dan kanker, serta gangguan keseimbangan lingkungan (Napid et al. 2021). Sampah plastik masih dapat mencemari perairan karena terdapat partikel mikroplastik yang mudah diserap oleh organisme laut dan terakumulasi di dalam tubuh organisme tersebut (Mardiyana dan Kristiningsih, 2020; Veerasingam et al. 2021). Pada penelitian Mohanan et al. (2020) menjelaskan, plastik membutuhkan waktu antara 10 hingga 600 tahun untuk terurai sempurna, tergantung komposisinya.

Penggunaan plastik yang berlebihan, terutama plastik sekali pakai atau *single-use*, telah menjadi polutan utama, sehingga tren ini memerlukan upaya untuk mempercepat transisi dari plastik sekali pakai (*single use*) ke bahan yang dapat terbiodegradasi (Bank et al. 2021; Schmaltz et al. 2020). Menurut Fani et al. (2022), banyak strategi yang telah diterapkan, termasuk pelarangan penggunaan plastik (kantong), *Extended Producer Responsibility* (EPR), kantong plastik murah, kantong plastik SNI (*biodegradable*), UU No. 18 Tahun 2018, Perpres No. 81 Tahun 2012, dan Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 75 Tahun 2019. Hasil ini mengarah pada penggunaan plastik *biodegradable* yang disebut sebagai cara yang baik untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan.

Plastik dibedakan menjadi plastik *non-degradable* dan plastik *biodegradable* (Shah et al. 2008). Plastik konvensional terbuat dari minyak, gas alam, atau batu bara (Asngad et al. 2020). Keunggulan plastik ini adalah kekuatan mekanik yang baik, ketahanan udara, kemampuan penyegelan panas dan ketersediaan dengan biaya tinggi (Naveena dan Sharma, 2020). Namun dalam penelitian Ibrahim et al. (2021), mengatakan kelemahannya adalah sebagian besar plastik tidak dapat terurai secara hayati. Bioplastik *biodegradable* dijelaskan dalam penelitian de Azêvedo et al. (2021) dan Kumar et al. (2019a) memiliki, beberapa keunggulan, yaitu mudah diperoleh, biaya rendah, dapat diperbaharui, dan proses pembuatannya mudah. Dalam Guidotti et al. (2018); Garlotta (2001); Smitthipong et al. (2014); dan Lamberti et al. (2020) menyimpulkan, jenis terbaik adalah bioplastik, yang didefinisikan sebagai plastik yang berasal dari sumber daya alam hayati dan terbarukan (*biodegradable*).

Bahan baku hayati terbuat dari bahan terbarukan, yaitu senyawa yang terdapat pada tumbuhan, seperti selulosa, kolagen, kasein, dan protein. Beberapa tumbuhan mengandung senyawa selulosa yang berguna untuk digunakan sebagai biopolimer plastik, seperti kulit jagung, kulit pisang, kulit kentang, dan masih banyak tumbuhan lainnya (Chandra et al. 2016). Beberapa penelitian mengenai bakteri halofilik juga dapat mensintesis PHA (*Polihidroksi alkanoat*) sebagai bahan bioplastik yaitu *Halomonas* sp, genus *Halobacterium*, *Halobacterium halobium* dan *Halobacterium noricense* (Bhatia et al. 2023; Thomas et al. 2020; Koller, 2019; Singh dan Singh, 2017; Obruca et al. 2020; Jaakola et al. 2016). Penelitian Haedar et al. (2023) menjelaskan, bahwa bakteri *Bacillus* dapat menghasilkan polihidroksialkanoat (PHA) yang merupakan polimer *biodegradable*. Jenis bakteri yang dapat menghasilkan selulosa juga banyak, antara lain *Acetobacter* dan *Gluconacetobacter* yang mudah ditemukan pada buah-buahan busuk, sayuran, cuka, jus buah, dan minuman beralkohol (Rangaswamy et al., 2015).

Terdapat beberapa jenis isolat bakteri yang dilaporkan dalam penelitian Haedar et al. (2019) memiliki kemampuan untuk mendegradasi plastik (HDPE dan LDPE). Bakteri *Pseudomonas* dan *Bacillus* dapat mendegradasi bioplastik berbahan dasar tepung. Produk degradasi bioplastik dapat digunakan sebagai pakan ternak atau kompos (Asngad et al. 2020). Pada saat ini bahan baku biomassa yang dapat langsung diekstraksi antara lain selulosa, pati, dan lignin (Lin et al. 2021). Pada penelitian Ma et al. (2021) menganalisis, bahan baku biomassa yang diperoleh dari tumbuhan ini memiliki karakteristik biodegradabilitas dan biokompatibilitas yang sangat baik, dan telah digunakan sebagai komposit plastik kemasan makanan yang dapat terurai, konduktif, dan kuat. Hal ini sejalan dalam penelitian Wei et al. (2021) mengatakan, bahwa pengembangan dan pemanfaatannya yang rasional akan sangat membantu melindungi lingkungan dengan menggunakan energi terbarukan.

Pada penelitian Kaeb (2009) dan Rehm (2010) mengatakan, bahwa bioplastik harus memiliki prinsip *bio* dan *degradable* kedua sifat ini menjadi penting karena terdapat beberapa jenis bioplastik yang tidak dapat terbiodegradasi seperti *polymide*, *polyvinyl alcohol*, *bio polyethylene* (PE), *bio polypropylene* (PP), dan *bio polyethylene terephthalate* (PET) yang dapat ditemukan dari sumber terbarukan (petroleum).

Menurut Abdullah et al. (2019); Sugiharto et al. (2021) produksi bioplastik bertujuan untuk mendapatkan produk plastik yang dapat mengemulsikan proses siklus hidup biomassa sehingga bioplastik dapat terhidrolisa dan terdaur ulang kembali menjadi bahan yang ramah lingkungan serta menghilangkan ancaman polusi limbah plastik petroleum. Hal ini tentu bisa menjadi sebuah potensi yang besar di Indonesia, menurut Asngad et al (2020), karena terdapat berbagai tanaman penghasil tepung, seperti singkong, beras, kentang dan tanaman lainnya, sehingga akan memberikan nilai tambah ekonomi yang tinggi.

Salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan adalah tanaman pisang dan ubi jalar. Menurut FAOSTAT (2020), pisang adalah buah yang paling umum ditanam, Indonesia sebagai salah satu produsen terbesarnya. Hal ini tentunya menjelaskan bahwa pisang merupakan tanaman penting di seluruh dunia, penelitian Gomes et al. (2020) mengatakan, bahwa perkebunan dunia menghasilkan berton-ton residu kulit pisang dalam pemrosesan dan biasanya dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan lebih lanjut. Tanaman ubi jalar dalam Alam (2021), mengatakan bahwa ubi jalar merupakan salah satu tanaman pangan paling penting, serbaguna, namun kurang dimanfaatkan di dunia, dengan produksi tahunan melebihi 90 juta ton. Penelitian Alam et al. (2020) mengatakan, ubi jalar dapat dipanen beberapa kali dalam setahun, sehingga menghasilkan hasil yang jauh lebih tinggi dibandingkan sayuran berdaun hijau lainnya. Menurut Zhu et al. (2019), kulit ubi jalar seringkali dibuang selama pengolahan makanan, sehingga menimbulkan dampak yang signifikan.

Menurut Pereira dan Maraschin, (2015); Zaini et al. (2020) menjelaskan, bahwa kulit pisang kaya akan kandungan fitokimia seperti flavonol, asam hidroksisinamat, tanin, alkaloid, antosianin, terpenoid, dan katekolamin, yang menjadikan alasan penggunaannya diterapkan dalam pengobatan tradisional, bahkan dalam Fidrianny dan Insanu (2014), serta Sidhu dan Zafar (2018), kulit pisang mengandung serat, senyawa fenolik, antioksidan, dan antibiotik yang tinggi, bahkan senyawa fenolik dalam kulit pisang relatif lebih tinggi dibandingkan buah lainnya. Dalam penelitian Ben et al. (2014), dan Moorthy et al. (2012), ubi jalar memiliki kandungan pati yang tinggi yakni 22 % amilosa dan 78 % amilopektin, selain itu menurut Steed dan Truong (2008); Anastacio dan Carvalho (2013); Amagloh et al. (2022), kulit ubi jalar mengandung senyawa fenolik, antosianin, karotenoid dan memiliki aktivitas antioksidan tiga kali lipat dibandingkan jaringan tanaman lainnya. Penelitian Cao et al. (2022) dan Liu et al. (2020), menemukan potensi kulit ubi jalar yang dapat dimanfaatkan sebagai prebiotik dan memiliki efek anti inflamasi. Penelitian Pramitha et al. (2016); Aminah et al. (2019) telah berhasil mengisolasi senyawa "skopoletin" dari kulit umbi ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam) yang telah dibuktikan memiliki efek kesehatan.

Beberapa penerapan kulit pisang dapat dilakukan, termasuk mengubahnya menjadi bioplastik untuk meningkatkan nilainya, yang merupakan praktik umum dalam industri makanan. Saat ini, bioplastik kulit pisang telah mendapat perhatian besar dari para peneliti karena manfaatnya bagi lingkungan, keterjangkauan, dan potensi energi terbarukan, yang lebih unggul dibandingkan plastik yang terbuat dari polimer sintetik (Supriya dan Shivani, 2019). Hal ini sejalan dalam penelitian Bhavani

et al. (2023), kulit pisang dapat diaplikasikan di berbagai industri, termasuk kosmetik, obat-obatan, pengolahan makanan, minuman, tekstil, manufaktur kertas, *bio absorben*, produksi *biofuel*, dan pertanian.

Kulit pisang merupakan tanaman yang banyak mengandung selulosa dan pati, sehingga dapat digunakan sebagai alat ekstraksi pati dan nanofiber selulosa (Tibolla et al., 2014, 2018) dan menurut Sultan dan Johari (2017), banyak mengandung pati 18,5% yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan aktif kemasan biotermoplastik. Penelitian Santhoskumar et al. (2019) mengembangkan, pembungkus makanan yang dapat dimakan dari kulit pisang. Menurut Chandrasekar et al. (2023) pati kulit pisang memiliki stabilitas termal yang tinggi (~295 °C suhu degradasi maksimum), sifat antioksidan, dan antimikroba.

Penelitian Rohani et al. (2015) kulit ubi jalar serta kulit pisang memiliki kemampuan sebagai bahan penyerap besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada air lindi TPA. Menurut Ballesteros et al. (2020); Rafika et al. (2023) karakterisasi pati ubi jalar dapat diaplikasikan sebagai plastik *biodegradable* pelapis dan pengemas makanan. Pengembangan bioplastik dari kulit ubi jalar telah dikembangkan dalam penelitian Ismet et al. (2021) menghasilkan plastik *biodegradable* dengan lembaran tipis, transparan, dan serbaguna. Kemajuan dalam pemanfaatan kulit ubi jalar juga dijelaskan dan dievaluasi dalam penelitian Jiang et al. (2024) bahwa kulit ubi jalar memiliki potensi menjanjikan dalam industri pangan yaitu dapat diaplikasikan dalam berbagai produk pangan, sebagai pengemas bahan pangan, sebagai nanokristal pektin dan selulosa, dan lebih jauh lagi kulit ubi jalar dapat digunakan sebagai bahan baku untuk biokonversi berbagai bioproduk bernilai tambah melalui pemrosesan biologi.

Dalam polimer *biodegradable* alami seperti selulosa, pati, pektin, kitin, dan turunannya sebagai *biopolymer* dapat diaplikasikan sebagai *food packaging*, *biomedical*, *food industry*, serta sebagai *skin care* (Ranganathan et al., 2020). Di Indonesia, plastik *biodegradable* digunakan sebagai bahan pengemas *ecobag* mulai digunakan oleh beberapa industri waralaba jasa boga, sedangkan industri pangan belum banyak digunakan (Enviplast, 2014). Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, sampai saat ini penelitian mengenai sintesis dan karakterisasi bioplastik berbasis ekstrak pati kulit pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) dengan penambahan ekstrak kulit ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam) belum pernah dilakukan. Oleh karena itu penulis termotivasi untuk mengembangkan bioplastik dari limbah kulit pisang dan kulit ubi jalar sebagai bahan baku bioplastik pada berbagai konsentrasi. Hasil dari penelitian ini dapat berperan dalam mengurangi bahaya dan masalah dari plastik konvensional atau sintetik.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dikaji pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana sifat fisikokimia dan karakteristik (uji ketahanan air, uji kelarutan dalam air, uji ketebalan, uji kuat tarik, uji elongasi, uji modulus young, uji FT-IR, dan uji biodegradasi) bioplastik berbasis pati kulit pisang (*Musa*

paradisiaca L var *Typica*) dengan penambahan ekstrak kulit ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam) ?

2. Bagaimana kemampuan biodegradabilitas dan karakteristik bioplastik berbasis pati kulit pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) dengan penambahan ekstrak kulit ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam) yang tepat untuk dapat menghasilkan plastik *biodegradable* yang tepat ?

1.3 Tujuan Penelitian

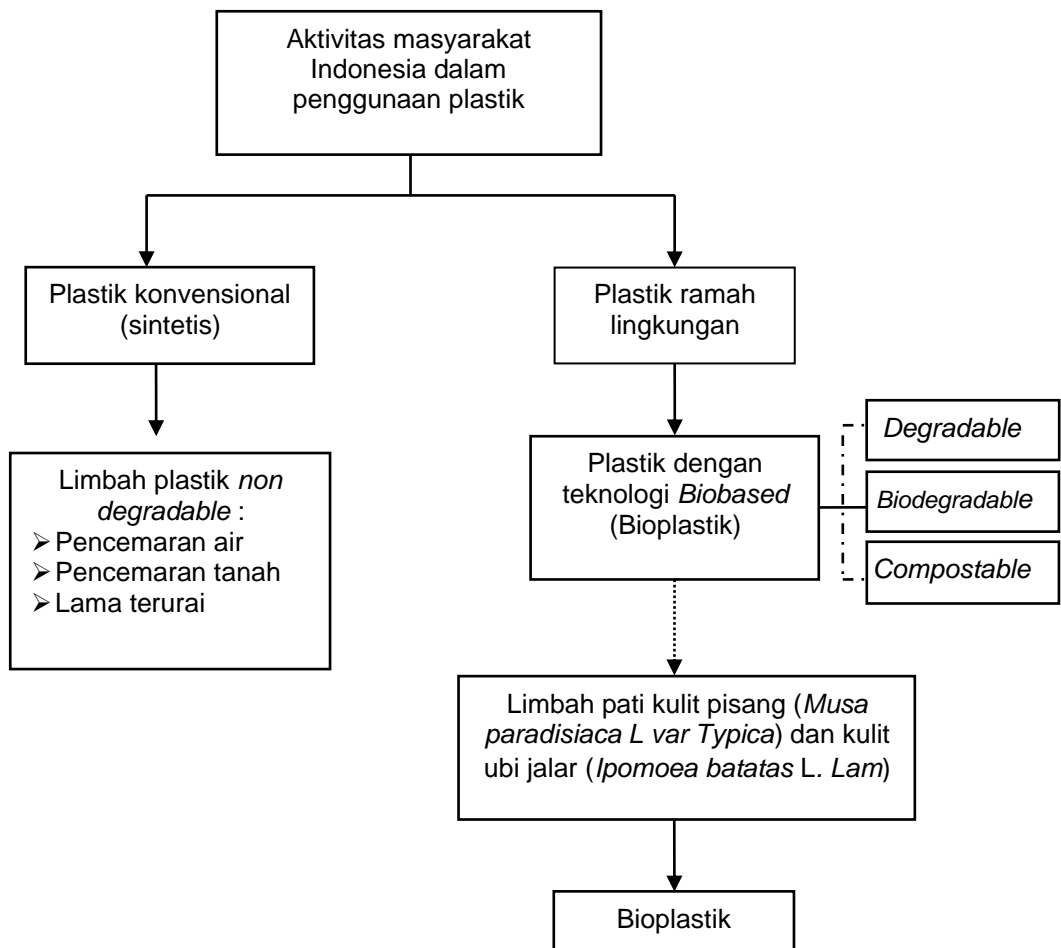
Adapun tujuan dari penelitian ini diataranya yaitu:

1. Menganalisis sifat fisikokimia dan karakteristik bioplastik berbasis pati kulit pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) dengan penambahan ekstrak kulit ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam).
2. Menganalisis kemampuan biodegradabilitas bioplastik berbasis pati kulit pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) dengan penambahan ekstrak kulit ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, yaitu hasil penelitian akan didedikasikan untuk kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi material plastik yang ramah lingkungan serta dapat memberi informasi terhadap industri mengenai peluang dalam pembuatan plastik berbasis limbah kulit pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) dan kulit ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam) yang ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah plastik.

1.5 Kerangka Berpikir



Gambar 1. Alur kerangka pikir

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini bersifat eksperimental diskriptif kualitatif untuk menganalisis sintesis dan karakterisasi bioplastik berbasis ekstrak pati kulit pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) dengan penambahan ekstrak kulit ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam). Rancangan penelitian yang digunakan adalah RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 4 variasi dan 3 ulangan (Tabel 1).

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan Rancangan Acak Lengkap Bioplastik Pati Kulit Pisang (BKP)

Perlakuan (Variasi)	Ulangan		
	a 1	a 2	a 3
BKPK (kontrol)	BKPKa1	BKPKa2	BKPKa3
BKP1	BKP1a1	BKP1a2	BKP1a3
BKP2	BKP2a1	BKP2a2	BKP2a3
BKP3	BKP3a1	BKP3a2	BKP3a3

Desain rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri atas 4 jenis perlakuan konsentrasi pati kulit pisang variasi : 40 mL(BKPK), 32 mL (BKP1), 36 mL(BKP2), 40 mL; (BKP3) serta 3 ulangan dengan demikian diperoleh 4 kombinasi dan dengan tiga kali ulangan sehingga diperoleh 12 data. Adapun variabel yang diamati pada penelitian ini adalah variabel bebas (X) meliputi variasi jumlah penambahan konsentrasi pati kulit pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*), sedangkan variabel terikatnya (Y) berupa uji ketahanan air, uji kelarutan dalam air, ketebalan, kekuatan tarik (*tensile strength*), perpanjangan putus (*elongation*), uji *modulus young*, uji biodegradasi, dan uji FT-IR. Data hasil analisis diolah menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) serta uji lanjut menggunakan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf signifikan α 0.05.

2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan yaitu Bulan Januari - Mei 2024 di Laboratorium Pengujian Benih, Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Serealia, Maros, Laboratorium Fisika, Balai Besar Hasil Industri Perkebunan (BBHIP), Makassar dan Laboratorium Kimia Organik, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

2.3 Alat dan Bahan

2.3.1 Alat

Alat yang digunakan diantaranya neraca analitik, blender, oven, beaker glass, erlenmeyer, gelas ukur 100 ml, termometer, *hot plate*, *magnetic stirrer*, desikator, pipet ukur 100 ml, spatula, baskom, pisau, *aluminium foil*, *baking paper*, cawan petri, saringan, ayakan 60 mesh, tissue, instrumentasi yang digunakan adalah *sprektofotometer Fourier Transform Infrared* (FT-IR).

2.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan diantaranya kulit pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*) serta kulit ubi jalar (*Ipomoea batatas* L. Lam) yang diperoleh dari penjual gorengan di Jl. Sungai Cerekang, Makassar, Natrium metabisulfite (0,2 M), HCl (0,5 N), NaOH 10%, aquadest, dan gliserol sebagai plastisizer.

2.4 Prosedur Penelitian

Metode pada penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu pembuatan pati, pembuatan plastik biodegradable (Tabel 2), dan pengujian. Metode alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 2. Formulasi Pembuatan Bioplastik

Formula Perlakuan	Variasi Sampel			
	Kontrol	BKP 1	BKP 2	BKP 3
Pati Kulit Pisang	40 mL	32 mL	36 mL	40 mL
Kulit Ubi Jalar	-	6 g	6 g	6 g
Gliserol	5 mL	5 mL	5 mL	5 mL
Aquades	100 mL	100 mL	100 mL	100 mL
NaOH	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL
HCl	3 mL	3 mL	3 mL	3 mL

2.4.1 Pembuatan Pati Kulit Pisang (*Musa paradisiaca* L var *Typica*)

Proses produksi pati berbahan dasar kulit pisang dibuat menggunakan metode yang dimodifikasi (Marsita et al. 2019; Ab'ror et al. 2020; Arjun et al. 2023). Kulit pisang dicuci, diiris tipis-tipis dan ditimbang 500 g untuk setiap perlakuan. Setelah ditimbang, direndam dalam larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 3000 ppm selama 45 menit untuk bertindak sebagai antioksidan dan pengawet. Hal ini meningkatkan biodegradasi plastik. Proses pembuatan larutan dilakukan dengan menimbang 3 g natrium metabisulfit, memasukkannya ke dalam tabung reaksi, menambahkan aquades hingga mencapai tanda 1000 ml di dalam tabung reaksi, kemudian

mencampurkan campuran homogen natrium metabisulfit yang dicampur dengan air.

Setelah itu, rebus kulit pisang dengan air sulingan selama kurang lebih 30 menit. Air dituangkan dan kulitnya dibiarkan kering dengan kertas saring hingga benar-benar kering. Jika kulit pisang sudah kering, masukkan ke dalam gelas kimia dan haluskan dengan blender, tambahkan air suling hingga halus dan tekan pasta kulit pisang dengan kain hingga tidak mengeluarkan sarinya lagi. Filtrat yang dihasilkan didiamkan selama 24-48 jam, supernatan dibuang dan endapan ditampung, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 2 jam.

2.4.2 Pembuatan Ekstrak Kulit Ubi Jalar (*Ipomoea batatas L. Lam*)

Tepung ekstrak kulit ubi jalar (*Ipomoea batatas L. Lam*) dibuat dengan metode Yadav et al. (2014), yang telah dimodifikasi kulit ubi jalar dicuci bersih dengan air, diiris dan digiling menggunakan blender. Bubur kulit ubi jalar yang diperoleh dituangkan ke dalam nampan besi (*tray stainless*) untuk dikeringkan dalam oven pengering bersuhu 45 °C. Bubur kulit ubi jalar yang sudah kering kemudian digiling, diayak dengan ayakan 60 mesh, dan dikemas dalam wadah yang kedap udara.

2.4.3 Pembuatan Bioplastik

Proses pembuatan plastik *biodegradable* dibuat berdasarkan metode Ghamande et al. (2018), dan Pakerti (2021), yang dimodifikasi dengan perbandingan antara pati kulit pisang (*Musa paradisiaca L var Typica*) dan aquadest dengan variasi :40 mL; 100 mL (BKP1), 32 mL; 100 mL (BKP2), 36 mL; 100 mL (BKP3), 40 mL; 100 mL (BKP4) dicampurkan agar dapat homogen. Ekstrak kulit ubi jalar (*Ipomoea batatas L. Lam*) ditimbang dengan neraca digital hingga 6 g, ditambahkan dalam setiap perlakuan gliserol sebanyak 5 mL yang berfungsi sebagai plasticizer, HCl (0,5 N) sebanyak 3 mL ditambahkan ke dalam campuran untuk dapat membantu dalam proses pembentukan film, sedangkan sebanyak 3 mL NaOH 10% ditambahkan untuk menjaga pH larutan. Campuran larutan tersebut dimasukkan ke dalam gelas kimia, dipanaskan, dan diaduk menggunakan *hot magnetic stirrer* (150 rpm) pada suhu 80°C selama 30 menit. Setelah proses pengadukan selesai, bioplastik didinginkan selama 10 menit untuk menghilangkan gelembung. Campuran tersebut kemudian dituang ke dalam cetakan dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 130°C selama satu jam, setelah itu dibiarkan pada suhu ruangan.

2.5 Pengujian Bioplastik

2.5.1 Uji Penyerapan Air (*absorption water*)

Penyerapan air pada bioplastik diketahui dari metode ASTM D570-98 yang dimodifikasi, sampel bioplastik berukuran 1,5 cm² dikeringkan terlebih dahulu dalam

oven pada suhu 85 °C selama 24 jam agar dapat diukur berat keringnya (W_1), kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker berisi 50 mL air suling pada suhu kamar selama 24 jam. Setelah 24 jam diperoleh bioplastik dengan cara menyaring airnya, kemudian diukur beratnya untuk mengetahui berat akhirnya (W_2) (Shafqat et al. 2021). Selanjutnya air yang diserap oleh sampel dihitung dengan persamaan (1).

$$\text{Water absorption (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

W_2 = berat bioplastik basah;

W_1 = berat bioplastik kering

2.5.2 Uji Kelarutan Dalam Air (*Solubility in water*)

Uji kelarutan bioplastik dalam air diukur berdasarkan metode Ghoshal dan Chopra (2022), sampel bioplastik dipotong dengan ukuran 2*2 cm² dipotong dan dikeringkan terlebih dahulu dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam untuk pengukuran berat keringnya (W_0) hingga tetap konstan dengan akurasi $\pm 0,0001$. Sampel bioplastik kering kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker berisi 20 mL air suling pada suhu kamar (25 °C) selama 24 jam. Setelah itu sampel yang mengembang dikeluarkan dalam gelas beaker dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam lalu, ditimbang untuk mengetahui berat akhir (W_1). Kelarutan sampel dalam air dihitung dengan persamaan: Persentase kelarutan bioplastik dalam air dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut :

$$\text{Solubility (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

2.5.3 Uji Ketebalan (*Thickness*)

Pengujian ketebalan film mengacu pada ASTM-D1005 dengan mengukur film secara langsung menggunakan mikrometer dengan akurasi dan presisi 0,001 mm. Pengukuran diambil secara acak dari 6 titik berbeda untuk masing-masing sampel bioplastik dan nilai rata-ratanya dihitung (Ballesteros et al. 2020).

$$\text{Ketebalan rata-rata (mm)} = \frac{\text{titik 1} + \text{titik 2} + \text{titik 3} + \text{titik 4} + \text{titik 5} + \text{titik 6}}{6} \dots\dots\dots(3)$$

2.5.4 Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*) dan Uji Perpanjangan Saat Putus (*Elongation at Break*)

Pengujian kuat tarik dan perpanjangan putus bioplastik dilakukan di laboratorium Fisika, Balai Besar Hasil Industri Perkebunan (BBHIP), Makassar.

Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) dengan mengacu pada ASTM D638-02a yang otomatis mengeluarkan nilai pembebanan maksimum dan *elongation*. Standard ukuran dimensi untuk pengujian *bending* pada material komposit jenis plastik mengacu pada ASTM D638-02a yaitu standard ukuran dimensi untuk pengujian bending pada material komposit jenis plastik.

2.5.5 Uji Modulus Young

Pengujian *modulus young* (elastisitas) diperoleh dari perbandingan antara nilai kuat tarik terhadap persen perpanjangan saat putus. Elastisitas dihitung dengan persamaan :

$$\text{Elastisitas (E) (MPa)} = \frac{\sigma}{e} \times 100 \% \dots\dots\dots(4)$$

- E : Modulus Young (MPa)
- σ : kuat tarik (N/mm²)
- e : persen pemanjangan (%)

2.5.6 Uji Biodegradabilitas

Proses pengujian biodegradabilitas dibuat dengan menggunakan modifikasi metode dari Tan et al. (2016) dan Shafqat et al. (2021), sampel bioplastik berukuran 1,5 cm² ditimbang untuk diukur berat awal (W_1). Tanah yang digunakan adalah *top soil* berupa tanah lapisan atas dengan kedalaman hingga 30 cm yang memiliki kondisi tanah gembur dan lembab, sehingga kandungan air dalam tanah masih subur serta memiliki berbagai bahan organik yang dapat membantu proses biodegradasi plastik, kemudian dibiarkan selama 7 hari, setelah itu residu bioplastik dikumpulkan dari tanah, lalu dicuci dengan air dan dikeringkan dalam oven pada suhu 85 °C selama 24 jam. Sampel bioplastik kemudian ditimbang kembali untuk mengukur berat akhir (W_2).

Berdasarkan SNI 7188.7:2016 biodegradasi yang harus dicapai adalah mendapatkan nilai penguraian > 60% selama seminggu dikubur. Persentase biodegradabilitas dapat diukur dengan persamaan 3 berikut :

$$\text{Biodegradability (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

2.5.7 Karakterisasi FT-IR (*Fourier transform infrared spectroscopy*)

Pengujian karakteristik bioplastik dilakukan di Laboratorium Kimia Organik, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar. Proses FT-IR digunakan untuk mengidentifikasi interaksi antara pati dan plasticizer dalam film. Spektra FT-IR diambil menggunakan alat FT-

IR (Shimadzu-8400, Jepang) pada panjang gelombang 500 – 4000 cm^{-1} . Analisis data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak FT-IR (Kumar et al. 2019b).

2.5.8 Analisis Data

Data yang diperoleh berupa data kuantitatif dan kualitatif. Data yang diperoleh dari penelitian ini selanjutnya dianalisis sesuai metode Ghoshal dan Kaur (2023), yang dimodifikasi. Semua analisis dilakukan dalam rangkap tiga. Hasil dipresentasikan menggunakan ANOVA (*analysis of variance*) digunakan untuk analisis hasil. Hasilnya diwakili pada taraf tingkat signifikan $<0,05$ dan apabila terdapat perbedaan maka dilakukan uji lanjut DMRT.