

**KARAKTERISASI TERMOPLASTIK PATI AREN (*Arenga pinnata*)
DENGAN PENAMBAHAN LIGNIN MENGGUNAKAN METODE EKSTRUSI**

MUH. REZKI ARIF PRATAMA

M021201048



PROGRAM STUDI REKAYASA KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**KARAKTERISASI TERMOPLASTIK PATI AREN (*Arenga pinnata*)
DENGAN PENAMBAHAN LIGNIN MENGGUNAKAN METODE EKSTRUSI**

MUH. REZKI ARIF PRATAMA

M021201048

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Rekayasa Kehutanan

pada

PROGRAM STUDI REKAYASA KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

SKRIPSI

KARAKTERISASI TERMOPLASTIK PATI AREN (*Arenga pinnata*)
DENGAN PENAMBAHAN LIGNIN MENGGUNAKAN METODE EKSTRUSI

MUH. REZKI ARIF PRATAMA

M021201048

Skripsi,

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
penyelesaian Sarjana S-1 Rekayasa Kehutanan

Pada tanggal 1 Oktober 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Rekayasa Kehutanan

Fakultas Kehutanan

Universitas hasanuddin

Makassar

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping I

Pembimbing Pendamping II

Syahidah, S.Hut., M.Si., Ph.D

NIP 197008152005012001

Dr. Astuti, S.Hut., M.Si

NIP 197303152001122001

Dr. Muhammad Ghozali, S.T., M.T

NIP 198012252006021002

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Siti Halimah Larekeng, S.P., M.P

NIP 198202092015042002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "KARAKTERISASI TERMOPLASTIK PATI AREN (*arenga pinnata*) DENGAN PENAMBAHAN LIGNIN MENGGUNAKAN METODE EKSTRUSI" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Ibu Syahidah, S.Hut, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing utama, Ibu Dr. Astuti, S.Hut, M.Si. dan bapak Dr. Muhammad Ghozali, S.T., M.T sebagai Pembimbing pendamping). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun 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 skripsi ini. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan peraturan yang berlaku.

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

Makassar, 1 Oktober 2024

Yang Menyatakan



Muh.Rezki Arif Pratama

ABSTRAK

Muh.Rezki Arif Pratama (M021201048). Karakterisasi Termoplastik Pati Aren (*Arenga Pinnata*) Dengan Penambahan Lignin Menggunakan Metode Ekstrusi. (Syahidah, S.Hut., M.Si., Ph.D. Dr. Astuti, S.Hut., M.Si dan Dr. Muhammad Ghozali, S.T., M.T)

Pati aren (*Arenga pinnata*) dianggap sebagai polimer terbarukan, biodegradable, dan ramah lingkungan, dengan potensi besar untuk pengembangan bahan biokomposit, namun memiliki beberapa kelemahan. Penambahan lignin ke dalam biokomposit pati dapat menutupi kelemahannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan lignin terhadap karakteristik termoplastik pati aren. Pati aren, gliserol, asam stearat dan lignin diekstrusi dalam ekstruder *twin-screw*. Analisis FTIR menunjukkan bahwa pati aren dan lignin berhasil tercampur dengan baik dan tidak ada perubahan struktur kimia. Hasil ini diperkuat oleh analisis SEM yang menunjukkan bahwa granula pati mengalami kerusakan dan tergelatinisasi pada proses ekstrusi. Penambahan lignin mengakibatkan peningkatan densitas TPSL, nilai densitas yang dihasilkan berbanding lurus dengan banyaknya konsentrasi lignin. Hasil XRD menunjukkan bahwa penambahan lignin meningkatkan kristanilitas. Penambahan lignin meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas serta menurunkan perpanjangan putus TPS pati aren. Analisis TGA menunjukkan bahwa penambahan lignin dapat meningkatkan stabilitas termal. Penambahan lignin ke dalam TPS pati aren dengan metode ekstrusi memiliki potensi untuk diterapkan dalam praktik industri sebagai bahan baku yang menjanjikan untuk pembuatan kemasan berbasis bio sebagai alternatif ramah lingkungan.

Kata kunci : Pati aren, lignin, ekstruder, TPS, TPSL.

ABSTRACT

Muh.Rezki Arif Pratama (M021201048). Characterization of Thermoplastic Palm Starch (*Arenga Pinnata*) With Lignin Addition Using Extrusion Method. (Syahidah, S.Hut., M.Si., Ph.D. Dr. Astuti, S.Hut., M.Si and Dr. Muhammad Ghozali, S.T., M.T)

Palm starch (*Arenga pinnata*) is considered a renewable, biodegradable, and environmentally friendly polymer with great potential for the development of biocomposite materials, but it has several weaknesses. The addition of lignin to starch biocomposites can cover its weaknesses. This study aims to determine the effect of lignin addition on the thermoplastic characteristics of palm starch. Palm starch, glycerol, stearic acid, and lignin were extruded in a twin-screw extruder. FTIR analysis showed that palm starch and lignin were mixed well and there was no change in chemical structure. These results were supported by SEM analysis, which showed that starch granules were damaged and gelatinized during the extrusion process. The addition of lignin resulted in an increase in the density of TPSL; the resulting density value was directly proportional to the amount of lignin concentration. XRD results showed that the addition of lignin increased crystallinity. The addition of lignin increased the tensile strength and elastic modulus and decreased the elongation at break of palm starch TPS. TGA analysis showed that the addition of lignin could improve thermal stability. The addition of lignin into TPS palm starch using the extrusion method has the potential to be applied in industrial practice as a promising raw material for the manufacture of bio-based packaging as an environmentally friendly alternative.

Keywords: Palm starch, lignin, extruder, TPS, TPSL

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa. karena berkat rahmat dan karunia-Nyalah, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Karakterisasi Termoplastik Pati Aren (*Arenga Pinnata*) dengan Penambahan Lignin Menggunakan Metode Ekstrusi”**, sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Rekayasa Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.

Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda tercinta **Arifin** dan Ibunda **Kining** yang tiada henti-hentinya memanjatkan do'a, memberikan semangat dan selalu memberikan dukungan, serta kasih sayang. Terima kasih juga untuk saudari saya **Anna Mulia** yang turut mendukung dan memberikan semangat selama ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini. Olehnya itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu **Syahidah, S.Hut, M.Si., Ph.D.** dan Ibu **Dr. Astuti, S.Hut., M.Si** selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu, bimbingan dan arahan serta saran dari awal perancangan penelitian hingga penyelesaian tugas akhir ini .
2. Bapak **Dr. Muhammad Ghozali, S.T., M.T.** selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan waktu, tenaga, pikiran dan dukungan materi selama penelitian di Lab Pusat Riset Kimia Maju BRIN Serpong.
3. Bapak **Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M.Sc.** dan bapak **Agussalim, S.Hut, M.Si.** selaku dosen penguji yang bersedia memberikan banyak kritik dan masukan demi kesempurnaan tugas akhir ini.
4. Ibu **Dr. Siti Halimah Larekeng, S.P., M.P.** selaku ketua Program Studi Rekayasa Kehutanan dan dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan segala bentuk motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh **Dosen Fakultas Kehutanan** Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan, serta **staf pegawai fakultas kehutanan** yang telah memudahkan penulis dalam pengurusan administrasi.
6. Keluarga Besar **Laboratorium Pengelolaan dan Pemanfaatan Hasil Hutan** dan **Laboratorium Bioteknologi dan Pemuliaan Pohon** atas kebersamaan, motivasi, dan kerjasamanya.

7. Teman-teman **FOREN'20** dan **IMPERIUM** atas kebersamaannya selama menempuh masa perkuliahan di Fakultas Kehutanan.
8. Teman-Teman **SKMA UNHAS** Angkatan 10 atas kebersamaannya selama menempuh masa perkuliahan di Fakultas Kehutanan.
9. Teman Seperjuangan **Rifka Zhafirah** dan **Fardhatillah** yang telah berjuang Bersama di BRIN selama proses penelitian
10. **Mutia, Dhea, Nada, Naufal, Riri, Daka, Risa, Atika, Erza, Teza, Rofikah, Viona** dan **Annga** sebagai teman diskusi selama meneliti di Lab Pusat Riset Kimia Maju dan Lab Pusat Penelitian Fisika BRIN Serpon.
11. Semua pihak yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu yang telah banyak membantu baik bersifat moril maupun materi kepada penulis selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
12. Untuk diri sendiri, **Rezki Arif** selaku penulis skripsi ini, terima kasih telah berjuang hingga berada dititik ini. Terima kasih karena selalu berusaha, pantang menyerah, bisa mengendalikan diri dari berbagai tekanan yang ada, serta terus semangat untuk menyelesaikan skripsi ini sebaik dan semaksimal mungkin. Terima kasih karena telah berhasil membuktikan kepada diri sendiri dan dunia bahwa perjuangan yang didasari oleh keinginan yang kuat serta dibarengi dengan usaha dan doa berhak mendapatkan hasil yang terbaik. Semoga dalam proses ini, penulis kelak dapat meraih semua doa dan harapan yang selalu dipanjatkan.

Penulis berharap skripsi ini memiliki manfaat bagi para pembaca, atas keterbatasan ilmu pengetahuan penulis maka diperlukan kritik dan saran dari pembaca untuk menyempurnakan segala kekeliruan dari penelitian ini. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu.

Penulis,

Muh.Rezki Arif Pratama

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Landasan Teori	2
BAB II METODE PENELITIAN	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.2.1. Alat	5
2.2.2. Bahan	5
2.3 Preparasi Sampel	6
2.3.1. Pembuatan Komposit Pati Termoplastik (TPS) dengan Lignin ...	6
2.4 Karakterisasi	7
2.3.2. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	7
2.3.3. Analisis Sifat Fisik	8
2.3.4. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	8
2.3.5. Analisis sifat mekanis	8
2.3.6. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	9
2.3.7. <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)	9
2.3.8. <i>Thermal Gravimetry Analysis</i> (TGA).	10
2.5 Alur Penelitian	11

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	12
3.1 Pengaruh Penambahan Lignin Terhadap Struktur Kimia Termoplastik Pati Aren.....	12
3.2 Pengaruh Penambahan Lignin Terhadap Sifat Fisik Termoplastik Pati Aren.....	13
3.3 Pengaruh Penambahan Lignin Terhadap Penampakan Morfologi Termoplastik Pati Aren.....	13
3.4 Pengaruh Penambahan Lignin Terhadap Kristalinitas Termoplastik Pati Aren.....	15
3.5 Pengaruh Penambahan Lignin Terhadap Sifat Mekanis Termoplastik Pati Aren.....	17
3.6 Pengaruh Penambahan Lignin Terhadap Sifat Termal Termoplastik Pati Aren.....	18
BAB IV. KESIMPULAN	21
4.1 Kesimpulan	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN.....	25

DAFTAR TABEL

No. Urut

Halaman

Table 1 Variasi komposisi lignin	6
--	---

DAFTAR GAMBAR

No. Urut	Halaman
Gambar 1 Skema Proses (Roscahil, 2017)	4
Gambar 2 Mesin Ekstruder	5
Gambar 3 Pati dan lignin.....	5
Gambar 4 Pelet hasil ekstruder	7
Gambar 5 Alur penelitian	11
Gambar 6 Spektrum FTIR pati aren, TPS dan TPSL.....	12
Gambar 7 Densitas pati aren dan TPS/Lignin	13
Gambar 8 Gambar permukaan dan penampang (a)pati aren, (b)TPS, (c)TPSL 1, (d) TPSL 2, (e) TPSL 5, (f) TPSL 10, (g) TPSL 10.....	14
Gambar 9 Pola XRD pati aren dan TPS/Lignin.....	15
Gambar 10 Dekonvolusi difraktogram XRD pati aren dan TPS/Lignin.....	17
Gambar 11 Sifat mekanik pati aren dan TPS/Lignin	18
Gambar 12 Nilai Tg pati aren dan TPS/Lignin	19
Gambar 13 Kurva TGA-DTG pati aren dan TPS/Lignin	20

DAFTAR LAMPIRAN

No. Urut	Halaman
Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan peneliatain	25
Lampiran 2 Hasil Uji Densitas	27

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aren adalah salah satu jenis tanaman palma yang hampir tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Seluruh bagian dari tanaman ini dapat dimanfaatkan mulai nira yang diolah menjadi gula aren yang merupakan produk populer, batangnya dapat diolah menjadi tepung aren, buah yang belum matang diolah menjadi kolang-kaling, daun diolah menjadi atap dan lidinya dapat dibuat menjadi sapu, serta ijuknya dapat diolah menjadi kerajinan (Ruslan et al., 2018). Di Indonesia luas tanaman aren belum diketahui secara pasti, namun berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan (Ditjenbun) tahun 2003 dijelaskan bahwa total areal yang telah di tanami aren di seluruh Indonesia mencapai 60.482 ha dengan produksi gula aren 30.376 ton/tahun, khusus Provinsi Sulawesi Selatan seluas 7.29 ha dengan produksi gula 3,174 ton/tahun. Namun demikian, selain niranya bagian lain dari tanaman aren mulai dilirik, karena juga memiliki potensi nilai tambah ekonomi. Batang aren (bagian empulur) dapat diolah menjadi pati dengan produktivitas 60-70 kg/pohon (Barlina, et al., 2020). Pati aren dapat dimanfaatkan sebagai biopolimer alami yang dapat menggantikan polimer sintesis konvensional.

Beberapa tahun terakhir, terjadi peningkatan minat penelitian dari pihak industri terhadap bahan berbasis biomassa sebagai alternatif pengganti plastik berbasis minyak bumi konvensional yang lebih ramah lingkungan, berkelanjutan, dan terbarukan (Ghozali et al., 2022). Pati adalah polimer alami yang memiliki banyak manfaat terbarukan, dapat terurai secara alami (*biodegradable*), biaya rendah, dan sumber yang melimpah. Oleh karena itu pati memiliki potensi besar sebagai bahan baku alami dan terbarukan untuk pembuatan produk kemasan makanan (Sun et al., 2023). Namun, film pati murni memiliki kelemahan, yaitu sifat mekanik dan stabilitas termal yang rendah sehingga membatasi penggunaannya dalam kemasan makanan (Yu et al., 2022). Untuk meningkatkan karakteristik fisik maupun fungsional dari film pati, perlu dilakukan penambahan biopolimer atau bahan lain yang dapat menutupi kelemahan film pati. Pencampuran pati dengan polimer hidrofobik biasanya meningkatkan kekuatan mekanik dan stabilitas termal pati. Lignin adalah kandidat yang jelas untuk dicampur dengan pati karena daya larutnya yang tinggi (Bhat et al., 2013). De Miranda et al., (2015) mengevaluasi sifat morfologi dan mekanik film termoplastik jagung dan pati singkong, menggunakan lignin dan gliserol sebagai penguat dan plasticizer. Hasil menunjukkan bahwa penambahan lignin secara signifikan meningkatkan modulus elastisitas dan tegangan maksimum masing-masing sekitar 4200% dan 840%, dibandingkan dengan sampel tanpa lignin.

Lignin merupakan salah satu biomassa lignoselulosa yang paling banyak tersedia secara global dan memiliki potensi untuk menggantikan sumber daya fosil dalam bahan kimia, sumber energi dan material, sehingga dipandang sebagai sumber daya terbarukan yang signifikan. Jika dibandingkan dengan biopolimer lainnya, lignin memiliki potensi yang cukup besar dalam biomedis, pengemasan makanan, mikrobiologi, farmasi, dan industri lainnya serta memiliki keunggulan

biodegradabilitas dan biokompatibilitas tinggi. Oleh karena itu, penambahan lignin ke matriks pati memiliki potensi luar biasa untuk meningkatkan kemampuan antioksidan, pelindung UV, dan sifat mekanisnya untuk membuat film kemasan makanan berbasis pati (Sun et al., 2023).

Berdasarkan uraian di atas maka perlu adanya penelitian mengenai pengaruh penambahan lignin pada pembuatan termoplastik dari pati aren. Proses penambahan lignin bertujuan untuk memperbaiki sifat karakteristik dari termoplastik pati aren. Salah satu metode pencampuran yang dapat digunakan adalah metode ekstrusi. Metode ekstrusi adalah salah satu teknik yang umum digunakan dalam pembuatan bioplastik. Ekstrusi melibatkan proses mencampur bahan baku di bawah kondisi suhu dan tekanan tinggi untuk menghasilkan bahan yang homogen.

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan lignin dengan metode ekstrusi dan konsentrasi lignin yang optimum terhadap karakteristik termoplastik pati aren. Kegunaan dari penelitian ini adalah memberikan pengetahuan dan referensi, serta menjadi landasan untuk penelitian selanjutnya sebagai dasar penelitian lebih lanjut tentang pengaplikasian dalam pembuatan prototipe dari biopolimer alami.

1.2 Landasan Teori

Aren adalah salah satu jenis tanaman palma yang hampir tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Seluruh bagian dari tanaman ini dapat dimanfaatkan mulai nira yang dapat diolah menjadi gula, dan nata de pinna; batangnya dapat diolah menjadi tepung/pati aren; buah yang belum matang diolah menjadi kolang-kaling; daun diolah menjadi atap dan lidinya dapat dibuat menjadi sapu, serta ijuknya dapat diolah menjadi kerajinan, buahnya dapat dibuat kolang-kaling, daunnya digunakan sebagai atap, dari batangnya dapat diperoleh ijuk dan lidi yang memiliki nilai ekonomis. Selain itu batang usia muda dapat diambil sagunya, sedangkan pada usia tua dapat dipakai sebagai bahan perabot. Namun dari semua produk aren, nira aren yang berasal dari bunga jantan sebagai bahan untuk produksi gula aren adalah yang paling besar nilai ekonomisnya. Namun pemanfaatan pati aren saat ini sudah mulai berkembang sebagai bahan plastik biodegradable untuk mengurangi penggunaan plastik konvensional. (Marwah et al., 2020)

Pati merupakan karbohidrat kompleks utama yang tidak larut dalam air dan berasal dari tanaman atau buah-buahan, bersifat tawar serta tidak berbau. Pati merupakan bahan utama yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa (sebagai produk fotosintesis) dalam jangka panjang. Pati memiliki sifat sebagai granula yang tidak larut dalam air. Granula pati tersebut terdiri atas daerah amorf dan kristal. Amilosa dalam pati bergabung dengan lipid dari struktur kristal yang lemah dan memperkuat granula tersebut. Sementara amilopektin larut dalam air, amilosa dan granula pati sendiri tidak larut dalam air dingin. Hal ini menyebabkan relatif mudah untuk mengekstrak granula pati dari sumber tanaman. Ketika suspensi pati dalam air dipanaskan, butiran pertama membengkak sampai tercapai suatu titik di mana terjadinya pembengkakan ireversibel. Proses

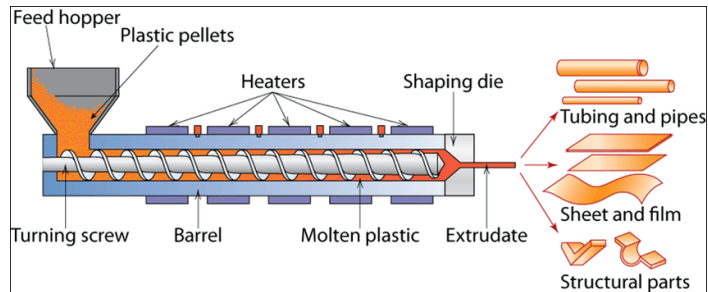
pembengkakan ini disebut gelatinisasi (Kristiani, 2015).

Pati dianggap sebagai biopolimer yang paling banyak digunakan sebagai pengganti plastik konvensional karena sumber daya yang melimpah, biaya yang rendah, dapat diperbarui dan kemampuannya untuk terdegradasi tanpa pembentukan residu beracun (Xie *et al.*, 2013). Namun, kekurangannya adalah kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang rendah (Calgeris *et al.*, 2012). Secara umum, sifat campuran pati-lignin ditentukan oleh kompatibilitas antar komponennya. Lignin terdispersi ke dalam pati melalui interaksi ikatan hidrogen. Film dari bioplastik pati dan lignin yang diperkuat oleh graphene oxide berhasil dibuat dengan metode *casting and solvent evaporation*. Spektroskopi Fourier transform infrared (FT-IR) menunjukkan bahwa matriks campuran biokompatibel homogen terbentuk melalui adanya ikatan hidrogen. Setelah pengenalan graphene oxide, interaksi tambahan ditemukan antara gugus hidroksil lignin dan pati dan gugus graphene oksida yang mengandung oksigen, membentuk jaringan yang berinteraksi. Sifat-sifat bio-nanokomposit yang dihasilkan seperti serapan air, pembengkakan air, degradasi hidrolitik, permeabilitas uap air (Aqlil *et al.*, 2017).

Menurut (Trisna Dewi *et al.*, 2021) kandungan lignin tanaman aren dari umur satu tahun, dua tahun dan tiga tahun mengalami kenaikan yaitu 4,88% dari rata-rata hasil analisis gravimetri adalah 18,82% pada umur satu tahun menjadi 23,70% pada umur tiga tahun. Pada tanaman aren umur satu tahun rata-rata memiliki kandungan lignin sebesar 18,82%, pada umur dua tahun kandungan lignin tanaman aren rata-rata 21,09% dan pada umur tiga tahun kandungan lignin tanaman aren rata-rata adalah 23,70%. Peningkatan kandungan lignin, tidak terlepas dari faktor suhu dan kelembaban, pelarut yang digunakan pada saat pemisahan parameter serta faktor genetis tanaman tersebut, sebab dari segi sifatnya, lignin mudah larut dalam kondisi basa.

Bioplastik adalah salah satu upaya yang dilakukan untuk menjadi solusi permasalahan penggunaan kemasan plastik konvensional (Pratiwi, *et al.*, 2016). Bioplastik dirancang untuk memudahkan proses degradasi oleh reaksi enzimatik mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Hal ini dimungkinkan karena, bioplastik dibuat dari berbagai jenis polimer alam, salah satunya yaitu pati. Pati merupakan polimer alam yang mendekati sifat-sifat polimer ideal (Merisiyanto dan Mawarani, 2013). Di Indonesia, pati mudah ditemukan dan melimpah. Bioplastik yang terbuat dari pati akan menghasilkan plastik biodegradable yang bisa terurai dengan mikroorganisme. Hal ini sangat berpengaruh baik untuk lingkungan.

Bioplastik biasanya dapat dibentuk dengan menggunakan metode ekstrusi. Ekstrusi merupakan metode pembuatan plastik dengan volume yang tinggi dimana bahan-bahan pembuat plastik atau bioplastik dilebur dan prosesnya secara kontinyu menggunakan mesin extruder. Proses ekstrusi dapat dilihat seperti Gambar 1.



Gambar 1 Skema Proses (Roscahil, 2017)

Bahan baku berupa polimer termoplastik dimasukkan melalui *feed hopper*, selanjutnya polimer akan masuk ke dalam *barrel* yang di dalamnya terdapat *screw*. Jenis *screw* dapat berupa *single screw* atau *twin screw*. Selain *screw*, di sepanjang *barrel* juga terdapat beberapa *heaters* yang berfungsi untuk memberikan panas ke dalam *barrel* sehingga polimer akan meleleh dan bercampur. Polimer yang sudah meleleh tersebut kemudian akan didorong oleh *screw* hingga menuju *die* yang akan mencetaknya sesuai bentuk *die* yang terpasang. Hasil *output* dari proses ekstrusi disebut dengan *extrudate*. Bentuk dari *extrudate* dapat bermacam-macam bergantung dengan desain pada *die*. Dalam proses ekstrusi ini, *extrudate* dapat berbentuk seperti pipa, film, lembaran dan bentuk struktural sesuai yang diinginkan. Selain itu, dapat juga dilanjutkan dengan mesin potong pelet (*peletizer*) sehingga hasil akhirnya berupa pelet.

Pengerasan bioplastik cair yang keluar dari mesin ekstruder dapat dilakukan dengan cara *injection molding*, yaitu bioplastik cair yang panas akan diinjeksikan ke cetakan yang didinginkan dengan air sehingga bioplastik cair yang berkontak langsung dengan cetakan akan mengeras dan juga dapat digunakan metode *hot-press* di mana bioplastik tersebut akan ditekan pada temperatur tinggi menggunakan alat tekan (Prakosa dan Udjiana, 2020).

Untuk meningkatkan sifat bioplastik pati-lignin, pati dimodifikasi dan kemudian dicampur dengan lignin untuk membuat bioplastik. Biokomposit pati-lignin dibuat dengan mikropartikel pati termodifikasi yang berasal dari ikatan silang pati yang mengandung asam adipat dan gliserol. Stabilitas termal komposit meningkat melalui penambahan lignin. Bioplastik pati-lignin menghasilkan perpanjangan putus yang lebih rendah, tetapi kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan dengan bahan tanpa lignin (Spiridon *et al.*, 2015).

Tingkat penambahan dan sumber lignin sangat mempengaruhi kinerja bioplastik pati. Komposisi lignin juga akan menentukan sifat akhir bioplastik pada persentase lignin yang tinggi. Banyak laporan yang menemukan kandungan lignin 10% dapat menghasilkan kinerja bioplastik yang optimal (Shi and Li, 2016). Plastisasi lignin pada pati dilaporkan Baumberger, Lapiere and Monties, (1998) bahwa proporsi lignin dalam bioplastik pati dapat menyebabkan perubahan kekuatan mekanik yang besar, berat molekul tinggi menyebabkan bahan sangat rapuh sedangkan molekul rendah berfungsi sebagai plasticizer. Sifat mekanik dari bioplastik secara signifikan dipengaruhi oleh lignin dengan berat molekul rendah dalam jumlah kecil karena efek plastisasi.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari sampai dengan bulan Agustus tahun 2023 di Laboratorium Surfaktan dan Kimia Makromolekul, Pusat Penelitian Kimia Maju Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Puspitek, Serpong, Tangerang Selatan.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1. Alat

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu piknometer, timbangan digital, plastik klip sampel, gelas beaker, spatula, berbagai jenis mesin seperti; *hot melt*, FTIR, SEM, UTM, XRD, DSC, TGA, extruder merk *Collin* tipe *Compounder ZK 16* dan mesin *peletizer* merk *Collin* tipe *Teach Line CSG 171 T*.



Gambar 2 Mesin Ekstruder

2.2.2. Bahan

Pati Aren (*Arenga pinnata*) diperoleh dari Hutan Pendidikan UNHAS Maros, gliserol (CAS: 56-81-5), asam stearate (CAS: 57-11-4), dan lignin sigma (CAS: 8068-05-1).



Gambar 3 Pati dan lignin

2.3 Preparasi Sampel

Sampel berupa batang aren diperoleh dari wilayah Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin di Kab. Maros Sulawesi Selatan. Bagian empulur aren yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari batang aren di Hutan Pendidikan Unhas Maros. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu pemotongan batang aren dibagi menjadi empat bagian secara membujur, dilanjutkan dengan memisahkan empulur dari batang, empulur yang sudah dikeluarkan, selanjutnya digiling dengan mesin parut. Hasil parutan dari mesin dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam bak yang dialiri air, diremas-remas dan diaduk untuk memisahkan serbuk-serbuk dari serat-serat yang kasar sehingga pati keluar dan larut dalam air sehingga mengendap. (Permana, et al, 2018).

2.3.1. Pembuatan Komposit Pati Termoplastik (TPS) dengan Lignin

Komposit bioplastik dibuat menggunakan ekstruder *twin-screw* berdasarkan metode (Ghozali et al., 2022). Pati aren (70%w), gliserol (30%w), *stearic acid* (1 phr berat pati aren + gliserol) dan lignin (1,2,5,10, dan 20%w dari berat pati aren + gliserol) dicampur dan diaduk terlebih dahulu menggunakan mixer hingga merata pada suhu ruang. Campuran pati aren, gliserol, *stearic acid* dan lignin kemudian disimpan dalam wadah tertutup selama satu malam untuk mendifusikan gliserol ke dalam granula pati aren secara sempurna. Variasi penambahan lignin dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1 Variasi komposisi lignin

Kode Eksperimen	Komposisi		
	Pati	Gliserol	Lignin
TPS	70 g	30 g	0 g
TPSL 1	70 g	30 g	1 g
TPSL 2	70 g	30 g	2 g
TPSL 5	70 g	30 g	5 g
TPSL 10	70 g	30 g	10 g
TPSL 20	70 g	30 g	20 g

Selanjutnya proses ekstrusi dilakukan menggunakan ekstruder *twin-crew* dengan kecepatan ulir 90 rpm dan suhu barel 40°C/80°C/120°C/150°C/150°C/150°C/150°C/150°C di zona 1–8. Campuran pati aren, gliserol dan *stearic acid* diberi nama TPS, sedangkan campuran pati aren, gliserol, *stearic acid* dan lignin diberi label TPSL. Pelet TPS dan TPSL yang dihasilkan kemudian disimpan dalam wadah tertutup untuk dianalisis.



Gambar 4 Pelet hasil ekstruder

2.4 Karakterisasi

Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu FTIR untuk mengetahui struktur kimia material, uji densitas untuk mengetahui massa jenis material, SEM untuk mengetahui struktur fisik material, XRD untuk mengetahui kristalinitas material, DSC untuk mengetahui karakteristik panas material, TGA untuk mengetahui degradasi material dan uji tarik untuk mengetahui kekuatan tarik material. Karakterisasi dilakukan berdasarkan metode (Ghozali et al., 2022).

2.3.2. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi pati aren, TPS, dan TPSL. Alat yang digunakan dalam pengujian ini yaitu FTIR Bruker Alpha II. Adapun langkah-langkah pengujian FTIR yaitu sebagai berikut :

- a) Persiapan sampel: sampel berbentuk pelet hasil proses *mixing*. Sebelum dilakukan pengujian, pelet dikeringkan dalam oven selama 1-2 jam dengan suhu 100 °C. Setelah itu pelet langsung dimasukkan ke dalam plastik klip agar terjaga dari suhu lingkungan.
- b) Proses pengujian: sampel yang sudah disiapkan dipilih secara acak dan dikenakan cahaya infrared dan spektrum diukur dengan merekam intensitas cahaya yang ditransmisikan atau dipantulkan pada panjang gelombang yang berbeda.
- c) Analisis data: spektrum yang dihasilkan dari pancaran sinar infrared selanjutnya diidentifikasi dengan melihat puncak penyerapan karakteristik yang sesuai dengan ikatan kimia spesifik dalam komposit polimer. Puncak-puncak ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis gugus fungsi dan menentukan tingkat polimerisasi.

2.3.3. Analisis Sifat Fisik

Analisis sifat fisik dilakukan dengan menguji densitas dengan menggunakan metode piknometer dengan tujuan untuk mengetahui massa jenis material. Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM D798. Adapun Langkah-langkah dalam pengujian densitas yaitu:

- a) Persiapan sampel: sampel yang digunakan dalam pengujian densitas berupa pelet hasil dari proses *mixing*. Sebelumnya pelet dikeringkan dengan menggunakan oven selama 1-2 jam dengan suhu 100 °C. Kelembaban ruangan yang digunakan yaitu 44-46% RH dengan suhu ruangan 22-24 °C dan etanol yang digunakan memiliki suhu 23-25 °C.
- b) Proses pengujian: pertama dengan menimbang berat pikno kosong dan dicatat, lalu selanjutnya menimbang berat pelet dan dicatat. Kemudian pikno diisi dengan etanol dan ditimbang beratnya serta dicatat. Selanjutnya adalah dengan mencatat berat pikno, etanol dan pelet. Pengujian dilakukan dengan 5 kali pengulangan pada setiap sampel.
- c) Analisis data: nilai densitas didapatkan dengan menghitung berat sampel dibagi dengan volume sampel

2.3.4. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Analisis SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan serbuk pati aren, TPS dan TPSL. Alat yang digunakan dalam pengujian ini yaitu SEM Hitachi SU-3500. Adapun langkah-langkah dalam pengujian SEM yaitu :

- a) a) Persiapan sampel: pelet dikeringkan dengan menggunakan oven selama 1-2 jam dengan suhu 100 °C. Sebelum dilakukan pengujian, sampel dilakukan preparasi dengan cara direndam ke dalam nitrogen cair selama $\pm$ 3 detik lalu dipatahkan dengan tujuan mencegah terjadinya *strain* atau penarikan serat yang dapat menyebabkan dislokasi serat. Hal ini dianjurkan untuk mendapat akurasi distribusi yang optimal ketika diamati. Bagian yang diamati yaitu *cross section* pada patahannya. Setelah sampel dipatahkan, lalu dilapisi dengan *coating gold* dengan alat DSCTR *Smart Coater*.
- b) Proses pengujian: sampel diletakkan pada instrumen SEM lalu dilakukan pengaturan electron beam pada 3 kV untuk pati aren dan 10 kV untuk TPS dan TPSL. Pengamatan fisik dan morfologi dilakukan pada *backscattered electron* (BSE) dan *secondary electron* (SE).
- c) Analisis data : membandingkan pengamatan fisik dan morfologi untuk mengkonfirmasi distribusi lignin, lalu membandingkan dengan literatur yang ada

2.3.5. Analisis sifat mekanis

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas material. Alat yang digunakan dalam pengujian ini yaitu mesin *Universal Tensile Machine* (Shimadzu AG-X plus 50 kN, Jepang). Adapun Langkah-langkah dalam pengujian tarik yaitu:

- a) Persiapan sampel: pelet dikeringkan dengan menggunakan oven selama 1-

2 jam dengan suhu 100 °C. Pembuatan spesimen menggunakan metode injeksi dengan mesin *mini injection molding* model *Haake Minijet Pro* dengan pengaturan suhu *cylinder* sesuai proses ekstrusi (150 °C) ditambah ± 10 -20 °C, suhu *mould* 40-50 °C dan *pressure* 750 bar. Spesimen dibuat 5 kali pengulangan per sampel dan dievaluasi pada laju tarik 10 mm/menit.

- b) Proses pengujian: spesimen dijepit pada kedua ujungnya dengan satu ujung tetap dan ujung lainnya ditarik pada tingkat deformasi yang terkontrol. Tingkat deformasi akan otomatis terekam dan data akan langsung ditransformasikan menjadi grafik *stress vs strain*.
- c) Analisis data: gaya tarik yang meningkat akan menghasilkan deformasi atau perpanjangan sampel. Gaya dan deformasi yang terjadi selama pengujian akan terekam pada mesin

2.3.6. X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian XRD yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kristalinitas material. Alat yang digunakan dalam pengujian ini yaitu Malvern Panalytical's XRD Aeris Ultrafast detector. Adapun Langkah-langkah dalam pengujian XRD yaitu :

- a) Persiapan sampel: sampel yang digunakan dalam pengujian XRD berupa lembaran dengan tebal 0,5-1 mm dengan ukuran 4x4 cm. Preparasi sampel dilakukan dengan cara mengeringkan pelet di oven terlebih dahulu dengan suhu 100 °C selama 1-2 jam, lalu dilanjutkan dengan menekan pelet dengan mesin *hot press* model 219 pada suhu 150 °C selama 15 menit dengan tekanan 10 MPa.
- b) Proses pengujian: sampel yang sudah siap diletakkan pada instrumen XRD dan akan dipancarkan sinar-X. instrumen akan menganalisis pola difraksi yang terjadi saat sinar-X bersinggungan dengan struktur kristal pada sampel. Sinar-X yang bersinggungan akan menentukan orientasi kristal, fasa kristal dan jarak antar lapisan dalam sampel.
- c) Analisis data: perhitungan nilai kristalinitas menggunakan metode dekonvolusi. Derajat kristalinitas dihitung dengan cara membagi area kristalinitas dengan area total pada kurva XRD

2.3.7. Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Analisis DSC dilakukan untuk mengetahui karakteristik panas material T_g , T_m dan T_c . Alat yang digunakan dalam pengujian ini yaitu PerkinElmer DSC 4000. Adapun langkah-langkah dalam pengujian DSC yaitu:

- a) Persiapan sampel: pelet dikeringkan dengan menggunakan oven selama 1-2 jam dengan suhu 100 °C untuk menghilangkan kelembapannya.
- b) Proses pengujian: setiap sampel dipanaskan hingga suhu 200 °C dengan laju pemanasan 10 °C/menit di bawah atmosfer nitrogen (laju alir = 20 mL/menit).
- c) Analisis data: kurva DSC yang dihasilkan menunjukkan aliran panas sebagai fungsi suhu untuk menentukan sifat termal seperti suhu transisi glass (T_g),

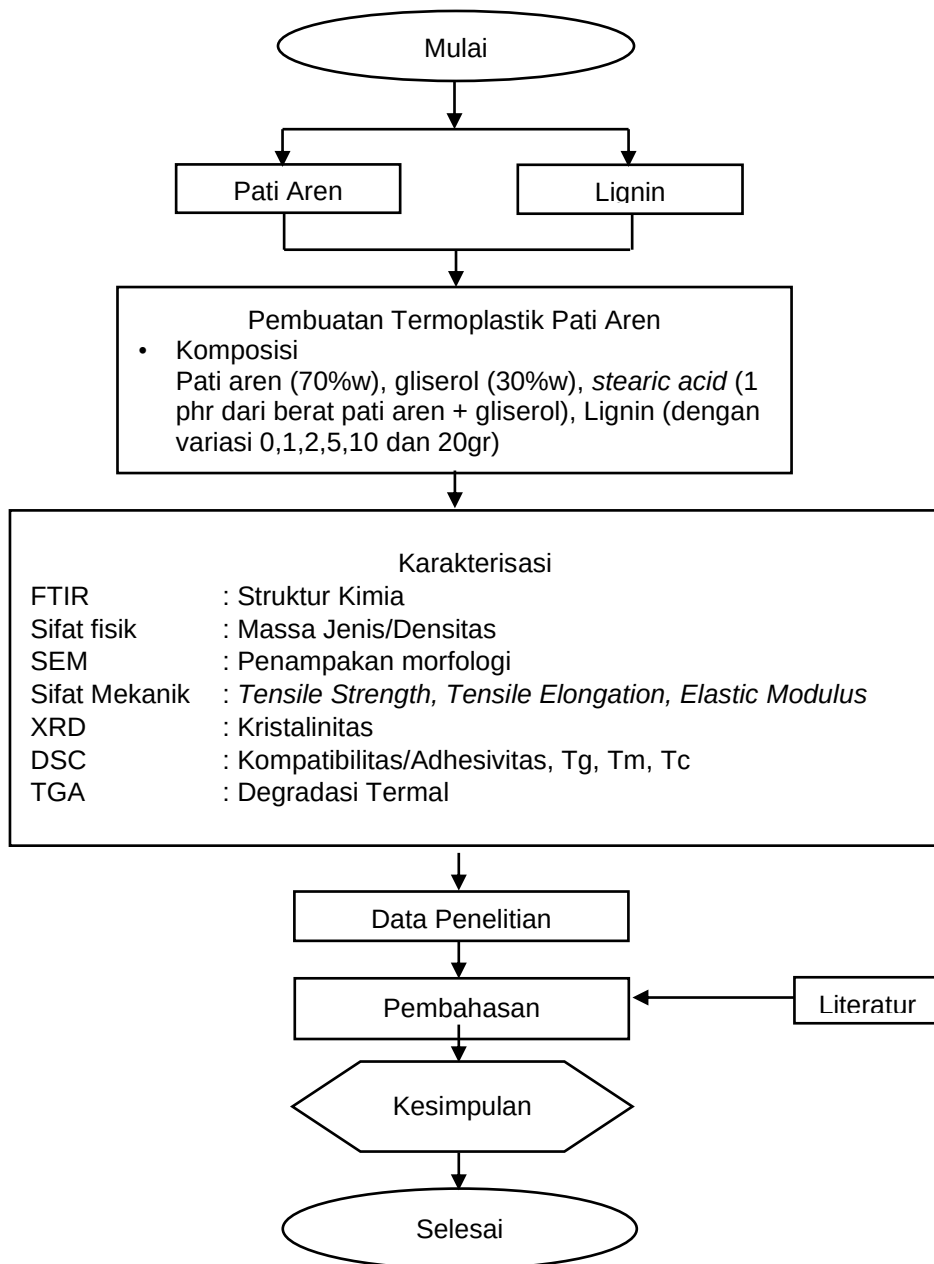
suhu leleh (T_m) dan suhu kristalisasi (T_c).

2.3.8. Thermal Gravimetry Analysis (TGA).

Analisis TGA dilakukan untuk mengetahui degradasi material. Alat yang digunakan dalam pengujian ini yaitu PerkinElmer TGA 4000. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian TGA yaitu :

- a) Persiapan sampel: pelet dikeringkan dengan menggunakan oven selama 1-2 jam dengan suhu 100 °C.
- b) Proses pengujian: instrumen TGA mengukur berat sampel saat dipanaskan pada tingkat terkontrol di bawah gas nitrogen. Sampel dipanaskan dari 25°C hingga 600 °C dengan kecepatan 10 °C/menit. Aliran 20 mL/menit digunakan untuk membersihkan gas nitrogen. Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM E1131.
- c) Analisis data: kurva TGA yang dihasilkan menunjukkan penurunan berat sebagai fungsi suhu untuk menentukan sifat termal seperti suhu onset dan laju dekomposisi sehingga dapat memberikan informasi mengenai stabilitas termal sampel dan perilaku degradasinya.

2.5 Alur Penelitian



Gambar 5 Alur penelitian