

**KARAKTERISTIK SIFAT ANTIBAKTERI DAN ANTIOKSIDAN LIGNIN
DARI AREN (*Arenga pinnata*) SEBAGAI BAHAN AKTIF PADA BIOFILM
KEMASAN PANGAN**

RIFKA ZHAFIRA Z

M021201039



PROGRAM STUDI REKAYASA KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**KARAKTERISTIK SIFAT ANTIBAKTERI DAN ANTIOKSIDAN LIGNIN
DARI AREN (*Arenga pinnata*) SEBAGAI BAHAN AKTIF PADA BIOFILM
KEMASAN PANGAN**

RIFKA ZHAFIRA Z

M021201039

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Rekayasa Kehutanan

pada

PROGRAM STUDI REKAYASA KEHUTANAN

DEPARTEMEN KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



SKRIPSI

**KARAKTERISTIK SIFAT ANTIBAKTERI DAN ANTIOKSIDAN LIGNIN
DARI AREN (*Arenga pinnata*) SEBAGAI BAHAN AKTIF PADA BIOFILM
KEMASAN PANGAN****RIFKA ZHAFIRA Z****M021201039**

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam
rangka penyelesaian Sarjana S-1 Rekayasa Kehutanan
pada 21 Agustus 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Program Studi Rekayasa Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Makassar

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Syahidah, S.Hut., M.Si., Ph.D
NIP 197008152005012001

Pembimbing Pendamping I

Ira Taskirawati, S.Hut., M.Si., Ph.D
NIP 197605312008012007

Pembimbing Pendamping II

Sita Heris Anita, M.Si
NIP 198404292008012005

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 "Karakteristik Sifat Antibakteri dan Antioksidan Lignin dari Aren (*Arenga pinnata*) sebagai Bahan Aktif pada Biofilm Kemasan Pangan" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Ibu Syahidah, S.Hut, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing utama, Ibu Ira Taskirawati, S.Hut, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing pendamping dan Ibu Sita Heris Anita, M.Si 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, 21 Agustus 2024

Yang Menyatakan


Rifka Zhafira Z



KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat, karunia dan perkenan-Nyalah penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “**Karakteristik Sifat Antibakteri dan Antioksidan Lignin dari Aren (*Arenga pinnata*) sebagai Bahan Aktif pada Biofilm Kemasan Pangan**”, sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi pada program studi Rekayasa Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.

Rasa hormat setinggi-tingginya dan terimakasih sedalam-dalamnya penulis persembahkan skripsi ini kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda **Zulkifli** dan Ibu **Muharwati** yang senantiasa mendoakan, memberikan perhatian, dukungan, kasih sayang, nasehat dan semangat kepada penulis. Serta kepada adik-adik terkasih yang menjadi motivasi penulis untuk menjadi contoh yang baik untuk adik-adiknya. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak kekurangan yang disebabkan keterbatasan penulis. Namun dengan adanya dukungan, arahan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak, maka penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu **Syahidah, S.Hut, M.Si, Ph.D**, Ibu **Ira Taskirawati, S.Hut, M.Si, Ph.D** dan Ibu **Sita Heris Anita, M.Si** selaku pembimbing yang senantiasa mengarahkan, memberikan waktu, tenaga, pikiran dan membantu penulis mulai dari awal perancangan penelitian hingga penyelesaian skripsi ini.
 2. Ibu **Dr. Ir. Siti Halimah Larekeng, S.P., M.P.** dan Bapak **Dr. Ir. Baharuddin, M.P.** selaku dosen penguji yang bersedia memberikan kritik dan masukan demi kesempurnaan skripsi ini.
 3. Seluruh **Dosen Fakultas Kehutanan** Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan, serta **Staf Fakultas Kehutanan** yang telah membantu penulis dalam pengurusan administrasi.
 4. **Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)**, khususnya Pusat Riset Mikrobiologi terapan yang telah mawadahi dan memfasilitasi selama proses penelitian.
 5. Teman-teman **Rekayasa Kehutanan angkatan 2020**, terimakasih atas kerjasama dan semangat yang kalian berikan.
 6. Teman-teman seperjuangan **Fardhatillah** dan **Muh. Rezki Arif Pratama** yang telah berjuang bersama dan saling menguatkan selama proses RIN hingga selesai masa studi.
- Orang-orang yang senantiasa kebersamai **Muh. Arun Giskal Wana** dan **A. Insyira Utami** sebagai diary person yang selalu mendukung, memberi semangat dan motivasi.
- Terimakasih juga kepada **Diriku Sendiri** yang telah menjadi teman terbaik dan memaksimalkan segala usaha, terimakasih untuk tidak pernah



Semua pihak yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu. Penulis berharap sekiranya skripsi ini dapat memberikan manfaat dan tambahan referensi perkembangan ilmu kehutanan khususnya dibidang pemanfaatan dan pengelolaan hasil hutan. Sebagai penutup, penulis mengucapkan permohonan maaf apabila terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis,

Rifka Zhafira Z



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRAK

RIFKA ZHAFIRA Z. KARAKTERISTIK SIFAT ANTIBAKTERI DAN ANTIOKSIDAN LIGNIN DARI AREN (*Arenga pinnata*) SEBAGAI BAHAN AKTIF PADA BIOFILM KEMASAN PANGAN dibawah bimbingan Syahidah, Ira Taskirawati dan Sita Heris Anita.

Pemanfaatan lignin sebagai bahan baku dalam pembuatan kemasan makanan cukup menarik karena lignin memiliki sifat aktif sebagai penangkal radikal bebas dan agen antimikroba. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik sifat antibakteri dan antioksidan lignin tanaman aren (*Arenga pinnata*) serta biofilm yang mengandung bahan aktif lignin aren (biofilm-lignin). Lignin aren hasil isolasi dan biofilm-lignin diuji aktivitas antibakteri dan antioksidan. Aktivitas antibakteri diuji terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella typhimurium* dengan metode difusi. Sementara itu aktivitas antioksidan dan kandungan total fenolik dari lignin aren diuji menggunakan metode penangkal radikal bebas *2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) dan metode kolorimetri *Folin-Ciocalteu*. Hasil menunjukkan bahwa lignin aren konsentrasi 25-100 mg/mL memiliki sifat antibakteri terhadap keempat bakteri uji dengan diameter zona hambat sebesar 0,6-1 cm sehingga lignin aren memiliki kemampuan antibakteri kategori sedang. Semakin tinggi konsentrasi lignin yang ditambahkan saat pembuatan biofilm tidak berpengaruh signifikan terhadap peningkatan aktivitas antibakterinya. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa lignin aren memiliki nilai antioksidan yang lebih rendah dibandingkan dengan standar antioksidan yang digunakan yaitu sebesar 32,96% serta kemampuan antioksidan biofilm-lignin aren tidak berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi lignin yang digunakan. Lignin aren memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan aktif dalam kemasan karena sifat antibakteri dan antioksidan yang dimilikinya.

Kata kunci: Lignin, Antibakteri, Antioksidan, Biofilm Kemasan.



ABSTRACT

RIFKA ZHAFIRA Z. CHARACTERISTICS OF ANTIBACTERI AND ANTIOXIDANT FEATURES OF LIGNIN FROM AREN (*Arenga pinnata*) AS ACTIVE MATERIALS IN FOOD PACKAGING BIOFILM supervised by Syahidah, Ira Taskirawati and Sita Heris Anita.

The use of lignin as a raw material in the manufacture of food packaging is quite interesting because lignin has active properties as a free radical scavenger and antimicrobial agent. This study aims to identify the characteristics of the antibacterial and antioxidant properties of lignin from the sugar palm plant (*Arenga pinnata*) and biofilms containing the active ingredient of sugar palm lignin (biofilm-lignin). Isolated sugar palm lignin and biofilm lignin were tested for antibacterial and antioxidant activity. Antibacterial activity was tested against *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, and *Salmonella typhimurium* bacteria using the diffusion method. Meanwhile, the antioxidant activity and total phenolic content of sugar palm lignin were tested using the *2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) free radical scavenger method and the *Folin–Ciocalteu* colorimetric method. The results showed that sugar palm lignin with a concentration of 25-100 mg/mL had antibacterial properties against the four test bacteria with an inhibition zone diameter of 0.6-1 cm so that sugar palm lignin has a moderate antibacterial ability. The higher concentration of lignin added during biofilm making did not significantly affect the increase in its antibacterial activity. This study also showed that aren lignin had a lower antioxidant value compared to the antioxidant standard used, which was 32.96% and the antioxidant capacity of aren lignin-biofilm was not directly proportional to the increase in the concentration of lignin used. Aren lignin has the potential to be used as an active ingredient in packaging because of its antibacterial and antioxidant properties.

Keywords: Lignin, Antibacterial, Antioxidant, Packaging Biofilm.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
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 Teori.....	2
1.2.1 Aren (<i>Arenga pinnata</i>)	2
1.2.2 Lignoselulosa	4
1.2.3 Lignin.....	6
1.2.4 Bioplastik sebagai <i>Biopackaging</i>	7
1.2.5 Antibakteri	8
1.2.6 Antioksidan.....	9
BAB II. METODE PENELITIAN.....	11
2.1 Waktu dan Tempat.....	11
2.2 Alat dan Bahan Penelitian	11
2.3 Alur Penelitian.....	11
2.4 Prosedur Pelaksanaan	12
2.4.1 Ekstraksi lignin aren	12
2.4.2 Isolasi lignin aren.....	12
2.4.3 Produksi biofilm	12
ujian sifat antibakteri	12
ujian sifat antioksidan.....	13
ujian <i>total phenolic content</i> (TPC) lignin.....	13
: a.....	14
PEMBAHASAN	15



3.1	Ekstraksi dan Isolasi Lignin Aren	15
3.2	Aktivitas Antibakteri Isolat Lignin.....	16
3.3	Aktivitas Antibakteri Biofilm.....	18
3.4	Aktivitas Antioksidan Isolat Lignin dan Hubungannya dengan <i>Total Phenolic Content</i> (TPC).....	20
3.5	Aktivitas Antioksidan Biofilm	23
BAB IV. KESIMPULAN.....		25
DAFTAR PUSTAKA		26
LAMPIRAN		31



DAFTAR TABEL

No. Urut	Halaman
1. Komposisi lignoselulosa serat produk sampingan hasil hutan	5
2. Hasil pengukuran diameter zona hambat pada pengujian antibakteri lignin	17
3. Hasil pengukuran diameter zona hambat pada pengujian antibakteri biofilm ..	18
4. Hasil pengukuran absorbansi standar asam galat	21



DAFTAR GAMBAR

No. Urut	Halaman
1. Tanaman aren	3
2. Pemanfaatan tanaman aren.....	4
3. Lignoselulosa pada dinding sel tumbuhan	4
4. (a) Struktur kimia lignin dan tiga prekursor utama: (b) sinapyl alcohol, (c) coniferyl alcohol (d) <i>p</i> -coumaryl alcohol	6
5. Alur penelitian	11
6. Lindi hitam hasil pulping serat aren.....	15
7. Lignin aren	16
8. Aktivitas antibakteri lignin komersial terhadap bakteri (a) <i>S.aureus</i> (b) <i>S.typhimurium</i> (c) <i>B.subtilis</i> (d) <i>E.coli</i>	16
9. Aktivitas antibakteri lignin aren terhadap bakteri (a) <i>S.aureus</i> (b) <i>S.typhimurium</i> (c) <i>B.subtilis</i> (d) <i>E.coli</i>	17
10. Aktivitas antioksidan lignin berdasarkan pemulungan radikal bebas DPPH.....	20
11. Kurva standar asam galat	22
12. Kandungan total phenolic content pada lignin	22
13. Aktivitas antioksidan biofilm berdasarkan pemulungan radikal bebas DPPH...23	23



DAFTAR LAMPIRAN

No. Urut	Halaman
1. Zona hambat pengujian aktivitas antibakteri biofilm.....	32
2. Biofilm	33
3. Hasil reaksi larutan DPPH dengan sampel	34
4. Hasil reaksi larutan folin.....	34
5. Curriculum Vitae	35



BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang paling umum hingga saat ini khususnya sebagai kemasan pangan. Penggunaan plastik dalam jumlah besar sebagai bahan kemasan makanan dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan karena sulit terurai. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan kemasan dari bahan baku yang dapat terurai secara hayati seperti *biopackaging* dari biomassa tanaman sebagai polimer alami untuk menggantikan plastik yang merupakan polimer sintesis. Menurut Widiati (2020), pada tahun 2012 Dirjen Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian Kementerian Republik Indonesia menginformasikan bahwa salah satu fungsi kemasan adalah melindungi dan mengawetkan produk seperti melindungi dari sinar ultraviolet, panas, kelembaban udara, benturan serta kontaminasi kotoran dan mikroba yang dapat merusak dan menurunkan mutu produk.

Pemanfaatan lignin sebagai bahan baku dalam pembuatan kemasan makanan cukup menarik perhatian, hal ini disebabkan karena lignin memiliki sifat aktif sebagai penangkal radikal bebas dan agen antimikroba yang akan bermanfaat pada biokomposit sebagai *packaging*. Sifat ini bermanfaat karena dapat mengurangi kerusakan pada produk yang dikemas akibat reaksi oksidasi dan serangan mikroorganisme perusak (Solihat *et al.*, 2021). Falah *et al.*, (2022) telah melakukan pengembangan biofilm berbasis lignin dari akasia (*Acacia mangium*) sebagai agen antibakteri pada biofilm kemasan makanan. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Rastuti & Purwati, (2010) menunjukkan adanya aktivitas antioksidan oleh lignin dari kayu alba (*Albizia falcataria*). Senyawa fenol yang terdapat pada lignin menghambat pertumbuhan bakteri (Harahap *et al.*, 2020) dan gugus hidroksil dalam senyawa fenol dapat menghambat reaksi oksidasi (Allo *et al.*, 2022).

Tinjauan yang dilakukan oleh Bajwa *et al.*, (2019) menyatakan bahwa sekitar 50 hingga 70 juta ton lignin diproduksi setiap tahunnya di pabrik pulp dan fasilitas kertas di seluruh dunia yang diperkirakan pada tahun 2030 akan meningkat sebesar 225 juta ton per tahun seiring meningkatnya produksi tahunan lignin. Lignin dapat diaplikasikan sebagai sumber energi panas, sebagai perekat dan semen. Selain itu menurut Suhartati *et al.*, (2016) lignin memiliki kelarutan yang rendah terhadap air sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai plastik biodegradable dan surfaktan pada sistem *Enhanced Oil Recovery* (EOR). Saat ini 98% lignin industri dibakar sebagai bahan bakar sementara 2% lainnya diisolasi dan dimanfaatkan secara komersial (Chen *et al.*, 2023) sehingga dapat disimpulkan



lignin sebagai bahan aktif dalam kemasan maupun bahan aktif minim.

(*Arenga pinnata*) di Indonesia tersebar di seluruh wilayah di daerah perbukitan yang lembab. Populasi pohon aren per pohon sedangkan perkiraan total luas area tanaman aren di adalah 60,482 ha (Wijaya, 2024). Aren atau yang biasa dikenal

dengan enau merupakan salah satu hasil hutan bukan kayu (HHBK) yang memiliki nilai ekonomi tinggi karena hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan mulai dari nira yang dapat diolah menjadi gula, buahnya diolah menjadi kolang kaling, daunnya dijadikan atap dan sapu lidi, ijuknya dapat diolah menjadi kerajinan hingga kandungan pati di batangnya dapat diolah menjadi tepung. Hasil produksi aren yang paling banyak diusahakan oleh masyarakat adalah nira yang diolah untuk menghasilkan gula aren. Penelitian yang dilakukan oleh Fatriani *et al.*, (2012) menunjukkan bahwa produksi nira mengalami penurunan setelah pohon aren berumur 20 tahun. Dengan demikian tanaman aren yang telah mengalami penurunan produksi dapat dijadikan sumber bahan baku non pangan, salah satunya pemanfaatan lignin dari batang aren sebagai bahan aktif kemasan pangan utamanya untuk gula aren itu sendiri. Umairah (2023) telah melakukan penelitian mengenai pemanfaatan lignin pada pelepah aren sebagai inhibitor korosi baja lunak. Namun hingga saat ini pemanfaatan lignin dari aren belum maksimal untuk berbagai bioproduk. Batang aren mengandung 46,44% lignin sedangkan bagian pelepah hanya mengandung 18,89% lignin (Imraan *et al.*, 2023) sehingga lignin pada bagian batang lebih berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan aktif kemasan pangan. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai pengembangan *active food packaging* berbasis biomassa, terutama biomassa aren sebagai salah satu tanaman serbaguna.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik sifat antibakteri dan antioksidan lignin aren dan biofilm (lembaran *biopackaging*) yang mengandung bahan aktif lignin aren. Adapun kegunaan dari penelitian ini yaitu hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai sumber informasi aktivitas antibakteri dan antioksidan lignin aren sebagai bahan aktif pada *biopackaging* dan sebagai pertimbangan penggunaan lignin aren untuk produk *biopackaging*.

1.2 Teori

1.2.1 Aren (*Arenga pinnata*)

Aren termasuk ke dalam suku *Arecaceae* (pinang-pinangan) yang mudah tumbuh (Gambar 1). Tanaman ini berasal dari wilayah Asia Tropis yang menyebar secara alami mulai dari India, Malaysia, Indonesia dan Filipina. Di Indonesia tanaman aren tumbuh liar atau ditanam hingga ketinggian 1.400 mdpl yang umumnya banyak tumbuh pada lereng atau tebing sungai. Secara alami, penyebaran tanaman aren dibantu oleh hewan yang menyukai buah aren seperti musang luwak (Maruapey & Febriadi, 2022). Adapun klasifikasi tanaman aren yaitu:

Kingdom : Plantae
 Phylum : Tracheophyta
 Class : Magnoliopsida
 Order : Zamiidiales
 Family : Arecaceae
 Genus : *Arenga*
 Spesies : *Arenga pinnata*



Aren merupakan tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae), memiliki batang yang tidak bercabang, tidak berduri dan dapat mencapai ketinggian 25 meter dengan diameter batang dapat mencapai 65 cm. Daun berbentuk menyirip dengan panjang 6-10 m berwarna hijau gelap di bagian atas dan keputih-putihan di sisi bawah yang disebabkan oleh lapisan lilin, tangkai daun 1-1,5 m dengan pelepah daun pada pangkalnya, memiliki perakaran serabut yang dapat mencapai kedalaman 15 m dengan lebar mencapai 10 m (Mulyanie & Romdani, 2018). Aren memiliki bunga jantan yang menyatu dalam satu tongkol dengan ukuran panjang 1-1,2 cm dan bunga betina pada tongkol lain berbentuk bulat yang terdiri atas bakal buah, berwarna kuning keputihan. Buah berbentuk bulat memanjang dengan diameter 3-5 cm, biji berbentuk bulat yang berwarna hitam apabila sudah matang. Pohon aren mencapai tingkat kematangan pada umur 6-12 tahun. Kondisi penyadapan terbaik pada umur 8-9 tahun saat mayang bunga sudah keluar (Sebayang, 2016).



Gambar 1. Tanaman aren (Mulyanie & Romdani, 2018)

Aren merupakan tanaman multi manfaat karena hampir seluruh bagian dari tanaman dapat dimanfaatkan seperti nira yang menjadi bahan utama pembuatan gula aren, minuman cuka dan alkohol, sumber energi bioetanol, pati yang menjadi sumber karbohidrat, buah muda yang menjadi campuran minuman dan sebagai tanaman konservasi untuk lahan-lahan kritis (Harahap, 2017) (Gambar 2). Tanaman aren memiliki fungsi konservasi seperti mencegah terjadinya erosi tanah oleh akar yang cukup dalam dan melebar di dalam tanah. Selain itu, daunnya yang cukup lebat dan batang yang tertutup oleh lapisan ijuk dapat menahan turunnya air hujan yang langsung ke permukaan tanah. Pohon aren memiliki kemampuan menahan air hujan di atas pohon, sehingga memberikan waktu yang panjang untuk tanah di bawahnya dapat menyerap lebih banyak air sehingga akan menyimpan air yang banyak. Sifatnya yang banyak menyimpan air dapat dimanfaatkan untuk irigasi dan tanaman lainnya yang berada di bawah atau di sampingnya. Pohon aren dijadikan tanaman perintis pada lahan-lahan gundul (Sebayang, 2016).

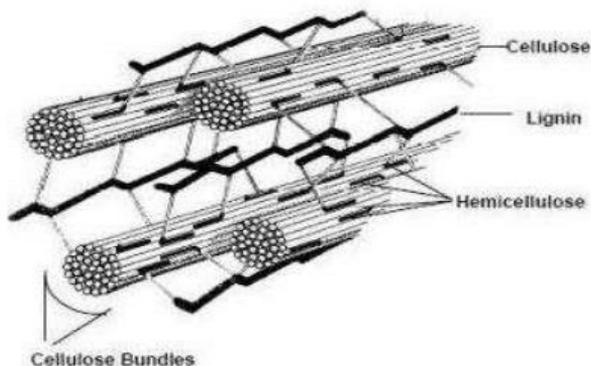




Gambar 2. Pemanfaatan tanaman aren (Astuti *et al.*, 2014)

1.2.2 Lignoselulosa

Lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin (Gambar 3). Ketersediaan yang cukup melimpah terutama sebagai limbah pertanian, perkebunan dan kehutanan menjadikan bahan ini berpotensi sebagai salah satu sumber energi melalui proses konversi, baik proses fisika, kimia maupun biologis. Komponen utama dari lignoselulosa membentuk suatu ikatan kompleks yang menjadi penyusun dinding sel tumbuhan (Hermiati *et al.*, 2010) dengan persentase selulosa 35-50%, hemiselulosa 20-35% dan lignin 10-25% (Saha, 2004).



lignoselulosa pada dinding sel tumbuhan (Holtzapfel, 2003)

merupakan komponen penyusun dinding sel yang berperan penting pada serat dan memungkinkan penggunaannya dalam berbagai aplikasi (Lewi *et al.*, 2021). Selulosa tersusun dari satuan berulang D-glukopyranosa yang memiliki tiga gugus hidroksil yang dapat disubstitusi, tidak larut dalam air, dan memiliki ikatan hidrogen molekuler yang kuat, mempunyai sifat kristalinitas



yang tinggi dan berat molekulnya tinggi. Molekul selulosa berantai panjang dan linear (Yunianti *et al.*, 2020). Selain sebagai penyusun utama pada pembuatan kertas, selulosa juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan bioplastik (Pratiwi *et al.*, 2016) dan bahan baku bioetanol (Handoko *et al.*, 2012).

Hemiselulosa berperan dalam mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel (Pasue *et al.*, 2019). Hemiselulosa merupakan polisakarida dengan berat molekul yang lebih kecil dan struktur kimia yang lebih heterogen daripada selulosa. Hemiselulosa mengisi ruang antara serat-serat selulosa karena bentuk molekulnya yang lebih kompleks (Dewi *et al.*, 2021). Hemiselulosa tersusun dari banyak jenis gula yang disebut heteropolisakarida, memiliki rantai polimer yang bercabang dan relatif pendek yang mengakibatkan hemiselulosa mudah larut di dalam kebanyakan pelarut organik (Yunianti *et al.*, 2020).

Selain selulosa dan hemiselulosa, dinding sel tumbuhan berkayu juga tersusun oleh lignin yang berfungsi untuk menyatukan atau merekatkan untaian selulosa dan hemiselulosa sehingga tumbuhan berkayu menjadi jauh lebih kuat dan kaku. Lignin merupakan polimer alami yang sangat heterogen dengan struktur molekul yang sangat kompleks sehingga memungkinkan terjadinya berbagai macam ikatan kimia di antara setiap molekulnya (Bahtiar *et al.*, 2016). Lignin merupakan komponen kimia yang tidak digunakan dalam pembuatan kertas karena menyebabkan warna pulp menjadi gelap namun lignin telah dikembangkan sebagai bahan pembuatan perekat, inhibitor korosi baja, bahan penguat aspal, adsorben logam tembaga, penangkal radiasi UV, agen antibakteri dan antioksidan.

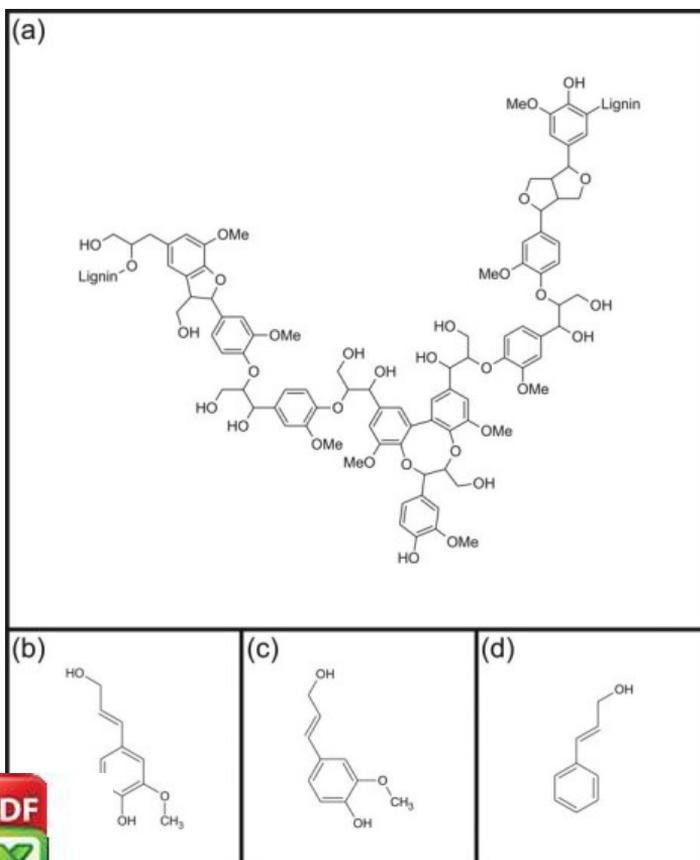
Selulosa, hemiselulosa dan lignin merupakan komponen utama serat alami yang diperoleh dari tanaman. Serat alami memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan serat sintetis yaitu ringan, dapat terurai secara hayati, tidak beracun, dapat mengurangi ketergantungan pada energi tak terbarukan, emisi polusi yang rendah serta pemulihan energi. Meskipun memiliki stabilitas termal, kompatibilitas dan ketahanan yang rendah, serat alami dapat menggantikan serat kaca dan serat sintetis lainnya karena sifatnya yang mudah dibentuk, berlimpah, terbarukan dan ramah lingkungan sehingga komposit serat alami banyak dikembangkan saat ini (Imraan *et al.*, 2023). Tabel 1 menunjukkan kandungan serat alami pada produk sampingan hasil hutan kayu pada kayu daun lebar dan kayu daun jarum serta hasil hutan bukan kayu khususnya pada tanaman aren.

Tabel 1. Komposisi lignoselulosa serat produk sampingan hasil hutan (Wijaya, 2024), (Imraan *et al.*, 2023)

	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
daun lebar	40-55	24-40	18-25
daun jarum	45-50	25-35	25-35
	66,49	14,73	18,89
	61,76	10,02	23,48
	40,56	21,46	46,44

1.2.3 Lignin

Lignin merupakan polimer alami yang memiliki fungsi utama sebagai perekat pada lapisan tumbuhan yang memiliki gugus fungsi seperti hidroksil, karbonil, karboksil, metoksi dan benzena serta memiliki kelarutan yang rendah terhadap air sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai perekat (Suhartati *et al.*, 2016). Lignin terdiri dari gugus fungsi kimia seperti gugus metoksi dan hidroksi fenolik dimana fragmen fenolik memiliki potensi sebagai antimikroba (Solihat *et al.*, 2021). Monomer lignin mengandung fenol seperti carvacrol dan thymol yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai antimikroba untuk menggantikan obat sintetis. Selain itu, lignin juga memiliki potensi sebagai antioksidan karena adanya gugus hidroksil dalam senyawa fenol dimana gugus hidroksil berfungsi sebagai penyumbang atom hidrogen yang ketika bereaksi dengan senyawa radikal melalui mekanisme transfer elektron sehingga proses oksidasi dapat terhambat (Allo *et al.*, 2022). Struktur lignin ditunjukkan pada Gambar 4.



ur kimia lignin dan tiga prekursor utama: (b) sinapyl alcohol, (c) alcohol (d) *p*-coumaryl alcohol (Dahle *et al.*, 2012)



Salah satu permasalahan pada industri pulp dan kertas adalah adanya limbah yang dikenal sebagai lindi hitam yang sangat mencemari lingkungan. Lindi hitam atau *black liquor* merupakan campuran bahan kimia yang terdiri dari air, senyawa organik dan senyawa anorganik yang berasal dari bahan pemasak dan merupakan hasil reaksi dari proses pemasakan (*pulping*) (Sedyatama, 2018). *Pulping* secara kimiawi dapat menggunakan metode sulfur maupun non-sulfur. *Pulping* menggunakan sulfur yaitu teknik lignosulfonat dan kraft sedangkan *pulping* tanpa menggunakan sulfur yaitu organosolv dan soda. *Pulping* soda merupakan metode yang paling mudah karena hanya menggunakan NaOH (Sun *et al.*, 2018). Sekitar 47% senyawa organik dalam lindi hitam adalah lignin, Indonesia menghasilkan sekitar 3,81 juta ton lindi hitam pertahun sehingga dapat diperoleh 1,79 juta lignin atau dapat dikatakan bahwa hampir separuh dari kandungan lindi hitam merupakan lignin (Septianto, 2022). Lindi hitam terbentuk akibat terjadinya pemutusan ikatan antara selulosa dan lignin (Fitriani, 2020). Karakteristik lindi hitam hasil delignifikasi secara visual berwarna coklat kehitaman dan memiliki bau tidak sedap yang disebabkan oleh terdegradasinya asam lemak menjadi asam lemak berantai pendek (Pane, 2022). Sifat beracun dari lindi hitam yang mengandung turunan fenolik dari lignin dianggap sebagai limbah karena berbahaya bagi hewan, tumbuhan dan ekosistem air jika dibuang langsung ke perairan tanpa perlakuan khusus (Nugroho, 2017).

Lignin dapat diisolasi dari lindi hitam berdasarkan perbedaan kelarutannya yaitu dengan dengan cara mengendapkan lignin pada pH 2 menggunakan H_2SO_4 ataupun HCl. Pengendapan lignin dalam larutan sisa pemasakan terjadi sebagai akibat reaksi kondensasi pada unit-unit penyusun lignin yaitu p-koumaril, koniferil, dan sinapil alkohol yang semula larut akan terpolimerisasi dan membentuk molekul yang lebih besar. Kondensasi akan meningkat dengan meningkatnya keasaman oleh karena itu isolasi yang dilakukan pada pH rendah akan menghasilkan rendemen yang lebih tinggi (Hidayati & Zuidar, 2016).

1.2.4 Bioplastik sebagai *Biopackaging*

Gugus hidroksil pada semua jenis lignin memiliki peran penting yang berpotensi untuk dijadikan produk seperti biosurfaktan, agen mikroba, kemasan aktif (*active packaging*) dan superkapasitor. Poin penting dalam pemanfaatan lignin sebagai kemasan aktif adalah kemampuannya sebagai penangkal radikal bebas dan antimikroba (Solihat *et al.*, 2021). Pada umumnya kemasan menggunakan bahan dasar plastik yang merupakan polimer sintesis, namun penggunaan plastik dalam jumlah besar dapat menimbulkan dampak negatif untuk lingkungan.



ngurangi sampah plastik yaitu dengan pengembangan plastik seperti bioplastik yang dibuat dari biomassa seperti pati, ektin sebagai polimer alami (Maneking *et al.*, 2020). Bioplastik atau polimer yang secara alami dapat dengan mudah serangan mikroorganisme maupun cuaca (kelembaban dan i) (Aripin *et al.*, 2017). Bioplastik bersifat *biodegradable* yang adasi melalui proses biologi. Bioplastik akan terurai oleh

mikroorganisme alami menjadi karbon dioksida, air dan biomassa menjadi limbah ramah lingkungan berbeda dengan plastik konvensional yang sulit terdegradasi oleh lingkungan. Plastik ramah lingkungan kemudian dikembangkan menjadi plastik *biodegradable* antimikroba yang bertujuan untuk menjaga kualitas pangan dalam kondisi baik (Kristanto *et al.*, 2023).

Active packaging merupakan salah satu sistem pengemas yang telah dikembangkan karena kemampuannya untuk melindungi kualitas, keamanan dan memperpanjang waktu penyimpanan produk pangan. Teknologi *packaging* seperti antimicrobial *packaging* dan antioksidan *packaging* didasarkan pada penambahan zat aktif berupa senyawa yang memiliki aktivitas antibakteri dan antioksidan ke dalam biofilm kemasan untuk mencegah terjadinya gangguan bakteri dan oksidasi sehingga dapat menjaga kestabilan makanan. Penambahan zat aktif ke dalam kemasan lebih efektif dibandingkan penambahan zat aktif ke dalam makanan karena membutuhkan jumlah yang lebih sedikit (Riyandari, 2020).

1.2.5 Antibakteri

Bakteri adalah kelompok organisme mikroskopis yang pada umumnya bersel tunggal, tidak memiliki membran inti sel, memiliki dinding sel namun tidak berklorofil (Febriza *et al.*, 2021). Antibakteri merupakan zat yang dapat menghambat atau membunuh bakteri patogen penyebab infeksi (Paju *et al.*, 2013). Berdasarkan perbedaan kandungan dari dinding sel, bakteri dapat digolongkan menjadi dua yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Dinding sel bakteri Gram positif tersusun atas peptidoglikan sehingga dinding selnya kaku, pada bagian luar dari peptidoglikan terdapat senyawa yang disebut asam teikhoat (Rini & Rochmah, 2020). Dinding sel bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis dari dinding sel bakteri Gram positif dengan beberapa ikatan silang peptida. Bagian luar dari lapisan peptidoglikan tersusun atas lapisan lipoprotein, fosfolipid, dan polimer yang unik untuk dinding sel Gram negatif yang disebut lipopolisakarida. Dinding sel bakteri Gram positif lebih sederhana sehingga senyawa antibakteri mudah masuk ke dalam sel sedangkan bakteri Gram negatif memiliki dinding sel yang relatif lebih kompleks dan berlapis tiga sehingga kurang rentan terhadap beberapa senyawa antibakteri (Hamidah *et al.*, 2019). Contoh jenis bakteri Gram positif yaitu *Bacillus sp*, *Dipteroid basill*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* (Sachwiver *et al.*, 2018) sedangkan jenis bakteri Gram negatif yaitu *Rhizobium*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Serratia*, *Vibrio* (Rini & Rochmah, 2020).

Aktivitas suatu antibakteri dapat diamati dengan metode difusi dan dilusi. Metode difusi terdiri dari difusi cakram dan difusi sumuran. Metode dilusi terdiri dari dilusi cair. Tujuan metode difusi secara umum untuk mengukur aktivitas suatu bakteri terhadap antibiotik. Sedangkan metode dilusi memiliki tujuan menentukan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dan Konsentrasi Munuh Minimum (KBM). Prinsip kerja metode difusi adalah menambahkan antibakteri ke dalam media padat dimana mikroba uji telah ditumbuhkan. Pengamatan yang diperoleh berupa ada atau tidaknya daerah



bening yang menunjukkan zona hambat pada pertumbuhan bakteri (Balouiri *et al.*, 2016).

Mekanisme penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri oleh senyawa antibakteri dapat berupa merusak dinding sel dengan cara menghambat pembentukannya atau mengubahnya setelah selesai terbentuk, perubahan permeabilitas membran sitoplasma sehingga menyebabkan keluarnya bahan makanan dari dalam sel, perubahan molekul protein dan asam nukleat, penghambatan kerja enzim, dan penghambatan sintesis asam nukleat dan protein (Kusmiyati & Agustini, 2006).

Kemasan pangan yang memiliki sifat antibakteri memiliki peran penting dalam keamanan dan pengawetan makanan karena dapat mengurangi atau memperlambat pertumbuhan mikroorganisme sehingga dapat memperpanjang umur simpan makanan (Motelica *et al.*, 2020). Sifat antibakteri juga dapat menghambat atau membunuh bakteri penyebab infeksi oleh mikroorganisme patogen yang dapat menyerang jaringan tubuh (Paju *et al.*, 2013).

1.2.6 Antioksidan

Radikal bebas didefinisikan sebagai atom atau molekul yang mengandung satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan dan mampu berdiri sendiri. Jumlah ganjil elektron dari radikal bebas membuatnya tidak stabil, berumur pendek dan sangat reaktif. Karena reaktifitasnya yang tinggi, radikal bebas dapat mengambil elektron dari senyawa lain untuk mencapai kestabilan. Molekul yang diserang akan kehilangan elektronnya dan menjadi radikal bebas itu sendiri, memulai rangkaian reaksi berantai yang dapat menyebabkan kerusakan pada biomolekul dengan merusak integritas lipid, protein dan DNA yang mengarah pada peningkatan stres oksidatif seperti penyakit neurodegenerative, diabetes mellitus, penyakit kardiovaskular, proses penuaan dini, bahkan kanker (Phaniendra *et al.*, 2015). Beberapa sumber radikal bebas berasal dari mitokondria, olahraga, peradangan, reperfusion, asap rokok, polutan lingkungan, radiasi, sinar ultraviolet, obat-obatan tertentu, pestisida, anestesi, pelarut industri dan ozon (Langseth, 1996).

Senyawa antioksidan diperlukan untuk mencegah terjadinya akumulasi radikal bebas. Antioksidan akan menetralkan, menurunkan dan menghambat pembentukan radikal bebas dengan menjadi pendonor elektron untuk radikal bebas sehingga elektron bebas dalam radikal bebas menjadi berpasangan (Arnanda & Nuwarda, 2019). Antioksidan dibagi menjadi dua yaitu antioksidan alami dan antioksidan sintetik. Contoh antioksidan sintetik adalah BHA (*butylated hydroxyanisole*), BHT (*butylated hydroxytoluene*), TBHQ (*tertiary butyl PG (propyl gallate)*). Senyawa kimia dalam tumbuhan yang sebagai antioksidan alami berasal dari golongan polifenol, vitamin E dan β -karoten (Hani & Milanda, 2016). Salah satu senyawa dalam tumbuhan yang dapat memberikan kapasitas antioksidan adalah senyawa fenolik pada lignin dapat bertindak sebagai donor proton, sehingga radikal bebas menjadi molekul non-radikal. Sebagai konsekuensinya,



fenol dikonversi menjadi radikal fenoksi yang dapat bereaksi dengan radikal bebas lain menjadi kuinon (Morena & Tzanov, 2022)

Kapasitas antioksidan dapat ditentukan menggunakan beberapa metode seperti uji penangkal radikal bebas DPPH, uji *2,2-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)* (ABTS) maupun *ferric reducing antioxidant power* (FRAP). Pengujian yang lebih dominan digunakan adalah metode penangkal radikal bebas DPPH karena penyimpanan dari bahan DPPH sendiri lebih stabil dan tidak mudah rusak dibandingkan dengan bahan pada metode ABTS dan FRAP. Selain itu prosesnya lebih sederhana dan mudah (Ibroham *et al.*, 2022).

Kemasan makanan yang mengandung antioksidan dapat memperpanjang masa simpan makanan dengan memperlambat laju reaksi oksidasi yang dialami oleh komponen makanan (Lai, 2022). Antioksidan berfungsi untuk menghambat autoksidasi sehingga dapat menunda munculnya kualitas yang tidak diinginkan seperti ketengikan pada makanan dan rasa atau bau yang tidak enak (Franco *et al.*, 2019).

