

SKRIPSI

**ANALISIS KANDUNGAN LIGNIN DAN
BIOINFORMATIKA OVEREKSPRESI LIGNIN
UNTUK PENINGKATAN KUALITAS KAYU KEMIRI
(*Aleurites moluccana*)**

MUHAMMAD MIMBAR MAULANA ADSYAR NUR
M111 15 041



PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KANDUNGAN LIGNIN DAN BIOINFORMATIKA OVEREKSPRESI LIGNIN UNTUK PENINGKATAN KUALITAS KAYU KEMIRI (*Aleurites moluccana*)

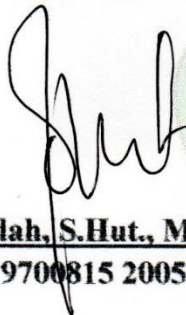
MUHAMMAD MIMBAR MAULANA ADSYAR NUR
M111 15 041

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 30 Desember 2020 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping


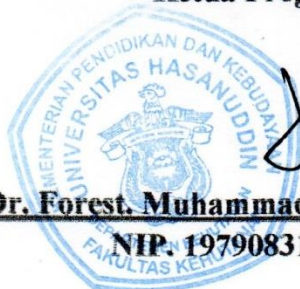


Syahidah, S.Hut., M.Si., Ph.D
NIP. 19700815 2005 01 200 1



Dr. Siti Halimah Larekeng, SP.,MP
NIP. 19820209 2015 04 200 2

Ketua Program Studi,

Dr. Forest Muhammad Alif K.S., S.Hut., M.Si
NIP. 19790831 200812 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muhammad Mimbar Maulana Adsyar Nur
NIM : M111 15 041
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Analisis Kandungan Lignin Dan Bioinformatika Overekspresi Lignin Untuk Peningkatan Kualitas Kayu Kemiri (*Aleurites moluccana*)”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 07 Januari 2021

Yang menyatakan



Muhammad Mimbar Maulana Adsyar Nur

ABSTRAK

Muhammad Mimbar Maulana Adsyar Nur (M111 15 041). Analisis Kandungan Lignin dan Bioinformatika Overekspresi Lignin untuk Peningkatan Kualitas Kayu Kemiri (*Aleurites moluccana*) di bawah bimbingan Syahidah dan Siti Halimah Larekeng.

Kayu merupakan material lignoselulosa yang memiliki nilai ekonomi tinggi dengan pemanfaatan yang luas mencakup kayu konstruksi, kayu lapis, pulp dan kertas. Pada saat ini kayu dengan kualitas tinggi (kelas kuat dan awet tinggi) sebagai bahan baku konstruksi sulit didapatkan karena terjadinya degradasi hutan. Hutan kemiri rakyat memiliki potensi kayu yang cukup menjanjikan sebagai substitusi bahan baku komersial namun umumnya kualitasnya masih rendah. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas kayu adalah merekayasa jalur biosintesis komponen kimia kayu, misalkan biosintesis pada lignin melalui tindakan overekspresi lignin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh perbedaan tempat tumbuh khususnya ketinggian tempat yang berbeda terhadap kandungan lignin kayu kemiri dan kecocokan desain primer menggunakan gen 4CL yang berperan dalam biosintesis lignin pada kayu kemiri. Tiga sampel yang digunakan berasal dari pohon yang tumbuh pada ketinggian yang berbeda. Analisis kandungan kimia dilakukan untuk mencari data kandungan lignin pada kemiri. DNA kemiri diisolasi dan diamplifikasi dengan menggunakan primer hasil desain dari gen 4CL pada mesin PCR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar lignin pohon kemiri yang tumbuh pada ketinggian yang berbeda tidak berbeda nyata dengan kadar rata-rata 18,4% dan termasuk ke dalam kelas rendah. Desain primer menggunakan gen 4CL tidak teramplifikasi pada kayu kemiri sehingga gen ini tidak bisa digunakan untuk kandidat pencarian lignin pada jenis kemiri.

Kata kunci: Kayu kemiri, Lignin, Overekspresi, 4CL

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas berkat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “**Analisis Kandungan Lignin dan Bioinformatika Overekspresi Lignin untuk Peningkatan Kualitas Kayu Kemiri (*Aleurites moluccana*)**”. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi dan Pemuliaan Pohon Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak kekurangan yang disebabkan keterbatasan penulis. Namun dengan adanya arahan dan bimbingan dari berbagai pihak berupa pengetahuan, dorongan moril dan bantuan materil, maka penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penghormatan dan terimakasih sedalam-dalamnya penulis persembahkan kepada Ayahanda **Djumadil Nur** serta Ibunda **Sutriana** yang senantiasa mendoakan dan memberikan perhatian, kasih sayang, nasehat dan semangat kepada penulis.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terimah kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. Ibunda **Syahidah, S.Hut., M.Si., Ph.D** dan Ibunda **Dr. Siti Halimah Larekeng, S.P., M.P** selaku dosen pembimbing yang selalu bijaksana memberikan bimbingan, nasehat selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak **Nurdin Dalya, S.Hut., M.Hut** dan Bapak **Iswanto, S.Hut., M.Si.** selaku penguji yang telah memberikan saran dan kritik untuk menyempurnakan skripsi ini.
3. Seluruh **Dosen Pengajar** dan **Staf Administrasi** Fakultas Kehutanan atas bantuannya selama penulis berada di kampus Universitas Hasanuddin
4. Teman-teman Laboratorium Pengelolaan dan Pemanfaatan Hasil Hutan **khususnya Minat Sifat Dasar** Muhammad ihsan, Rini Apriani, Dian Hardian, Salmia, Jusma Susanti, Suci Nur Aulia, Andi Bau Rezky, Ulfa Nurislamiyah dan Achmad Rangga yang memberikan semangat, dukungan dan bantuan serta berbagi pengalaman pada proses penyusunan skripsi.

5. Saudara-saudara seperjuangan yang lebih dulu menyelesaikan studi **Anugerah Achmad, S.Hut, Sudirman, S.Hut, Syaeful Rahmat, S.Hut,** dan **Muhammad Bima Akzad, S.Hut** atas dukungan dan motivasi selama penelitian dan penyusunan skripsi.
6. **Keluarga Besar Laboratorium Pemanfaatan dan Pengolahan Hasil Hutan serta Laboratorium Bioteknologi dan Pemuliaan Pohon Fakultas Kehutanan** atas dukungan dan motivasi selama penelitian dan penulisan skripsi.
7. **Teman-teman Virbius 2015** atas dukungan dan motivasi selama penelitian dan penulisan skripsi.
8. **Teman-teman KKN Gel. 99, Kelurahan Borimasunggu, Kec. Labakkang, Kab. Pangkep** yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis selama menjalankan penelitian dan penulisan serta terimakasih teman-teman dan semua pihak yang telah mendukung, mendoakan dan membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini, masih banyak terdapat kekurangan yang perlu diperbaiki, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan dan khususnya kepada penulis sendiri.

Makassar, 30 Desember 2020

Muhammad Mimbar Maulana Adsyar Nur

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Komponen Kimia Kayu	3
2.1.1 Selulosa	3
2.1.2 Hemiselulosa	4
2.1.3 Lignin	4
2.1.4 Zat Ekstraktif.....	5
2.1.5 Abu.....	6
2.2 Biosintesis Lignin.....	6
2.3 Kayu Kemiri.....	9
2.3.1 Karakteristik Kayu Kemiri	9
2.3.2 Manfaat Kayu Kemiri.....	10
III. METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Waktu dan Tempat.....	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Penelitian	13
3.3.1 Pengambilan Sampel	13
3.3.2 Pengujian Kadar Air	14
3.3.3 Kelarutan Zat Ekstraktif pada Alkohol-Benzena.....	14

3.3.4	Kadar Lignin.....	15
3.3.5	Isolasi DNA	16
3.3.6	Pencarian Situs Gen di NCBI	17
3.3.7	Amplifikasi Primer Hasil Desain.....	17
3.3.8	Analisis Data.....	18
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1	Anilisis Kandungan Lignin Kayu Kemiri.....	19
4.2	Desain Primer Spesifik Gen 4Cl.....	22
4.3	Amplifikasi Primer Spesifik Gen 4CL terhadap DNA Kemiri.....	24
V.	Kesimpulan dan Saran.....	26
5.1	Kesimpulan.....	26
5.2	Saran	26
	Daftar Pustaka	27
	Lampiran	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Struktur Kimia Penyusun Lignin.....	5
Gambar 2.	Jalur Biosintesis Prekursor Monolignol Lignin	7
Gambar 3.	Cara Pengambilan Sampel Bagian Pangkal, Tengah dan Ujung	14
Gambar 4.	Kadar Lignin Kayu Kemiri pada Ketinggian Berbeda.....	20
Gambar 5.	Primer yang Teramplifikasi pada Tiga Sampel Kemiri	25

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Hasil Uji Anova Kadar Lignin pada Kayu Kemiri	21
Tabel 2.	Primer yang Diperoleh pada Desain Primer Tahap Pertama	24
Tabel 3.	Primer yang Diperoleh pada Desain Primer Tahap Dua.....	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Dokumentasi Preparasi Sampel	33
Lampiran 2.	Dokumentasi Penentuan Kadar Ligin	34
Lampiran 3.	Kadar Air Serbuk Kayu Kemiri	35
Lampiran 4.	Kadar Alkohol-Benzena Serbuk Kayu Kemiri	36
Lampiran 5.	Kadar Lignin Serbuk Kayu Kemiri	37
Lampiran 6.	Hasil Analisis <i>One Way</i> Anova Kandungan Lignin Kayu Kemiri .	38

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kayu merupakan material lignoselulosa yang memiliki nilai ekonomi tinggi dengan pemanfaatan yang luas mencakup kayu konstruksi, kayu lapis, pulp dan kertas hingga perkembangan terkini sebagai bahan baku bioetanol (Hartati, 2016). Pada saat ini kayu dengan kualitas tinggi (kelas kuat dan awet tinggi) sebagai bahan baku konstruksi sulit didapatkan karena terjadinya degradasi hutan. Akibatnya masyarakat terpaksa menggunakan kayu dengan kualitas yang lebih rendah.

Salah satu jenis kayu yang berasal dari hutan tanaman rakyat adalah kayu kemiri yang sangat banyak terdapat di Sulawesi Selatan, khususnya Kabupaten Maros yang mencapai 9.200 ha (Yusran, 2002). Kayu kemiri umumnya digunakan untuk papan mal bangunan serta peti kemas. Berdasarkan sifat dasar kayu kemiri tergolong kayu kelas kuat IV-III dan kelas awet IV sehingga termasuk kayu yang mudah dikeringkan, diawetkan dan mudah dalam pengerjaannya (Noor, 2014).

Saat ini hutan kemiri rakyat menjadi alternatif sumber pemenuhan kebutuhan kayu. Hutan kemiri rakyat memiliki potensi kayu yang cukup menjanjikan sebagai substitusi bahan baku komersial dan memberikan manfaat baik secara langsung maupun tidak langsung, hanya saja jenis kayunya umumnya memiliki kualitas yang rendah dan juga belum diketahui sifat dasarnya (Arsad, 2013). Penggunaan kayu harus diketahui sifat dasarnya sebagai faktor untuk menentukan kualitas produk yang dihasilkan (Lempang, 2014; Pandit dkk, 2011).

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas kayu yang berasal dari hutan kemiri rakyat adalah melakukan inovasi dalam menyediakan bibit yang bagus, melakukan perawatan tanaman serta perlakuan pada kayu. Salah satu metode yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas kayu adalah merekayasa jalur biosintesis komponen kimia kayu, misalkan biosintesis pada lignin melalui tindakan overekspresi lignin (Indrajaya dan Siarudin, 2013). Hal ini berdasarkan asumsi bahwa kadar lignin yang tinggi diharapkan mampu meningkatkan kekuatan dan keawetan kayu.

Menurut Hartati (2016), overekspresi itu mengenai fungsi gen terkait biosintesis lignin dengan memanfaatkan teknik transgenesis yang bersifat meningkatkan ekspresi gen (*up regulation*). Kayu yang memiliki kadar lignin yang rendah dapat dihasilkan melalui pengelolaan praktik silvikultur. Di samping itu, ketersediaan sumber daya genetik pohon dengan kadar lignin sesuai dengan kebutuhan juga akan sangat mendukung efisiensi industri pulp dan kertas. Perkembangan teknik biologi molekuler memberikan sumbangan yang berarti untuk aplikasi teknologi DNA (*Deoxyribonucleicacid*) atau dikenal juga dengan rekayasa genetik guna mengontrol biosintesis komponen dinding sel tanaman termasuk lignin. Studi molekuler mengenai enzim-enzim yang terkait dengan biosintesis lignin telah dimulai sejak tahun 1990-an dari tanaman model tembakau (*Nicotiana tabacum*) hingga tanaman berkayu seperti poplar (*Populus alba*) dan pinus (*Pinus taeda*). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa total lignin dan S/G rasio diatur secara independen selama biosintesis lignin sehingga pada overekspresi lignin telah terjadi peningkatan S/G rasio dengan bantuan enzim koniferaldehida 5-hidroksilase (Cald5H) di jalur fenilpropanoid (Stout dkk, 2014). Berdasarkan uraian di atas, perlu adanya penelitian mengenai informasi gen penyandi lignin pada kayu kemiri untuk meningkatkan kualitasnya.

1.2. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh perbedaan tempat tumbuh khususnya ketinggian tempat yang berbeda terhadap kandungan lignin kayu kemiri dan kecocokan desain primer menggunakan gen 4CL yang berperan dalam biosintesis lignin pada kayu kemiri. Penelitian ini berguna sebagai informasi awal dalam identifikasi gen penyandi lignin yang dapat menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya di dalam rekayasa biosintesis lignin.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komponen Kimia Kayu

Kayu adalah suatu karbohidrat yang tersusun terutama atas karbon, hidrogen dan oksigen. Kayu mengandung senyawa mineral yang tetap tinggal setelah terjadi pembakaran pada suhu tinggi pada kondisi oksigen yang melimpah. Senyawa organik penyusun kayu terdiri atas selulosa, hemiselulosa, lignin, ekstraktif, dan senyawa anorganik adalah abu (Supartini, 2011).

Sel kayu terutama terdiri atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa membentuk kerangka yang dikelilingi oleh senyawa-senyawa lain yang berfungsi sebagai matriks (hemiselulosa) dan bahan-bahan yang melapisi (lignin). Sepanjang menyangkut komponen kimia kayu, maka perlu dibedakan antara komponen-komponen makromolekul utama dinding sel selulosa, poliosa (hemiselulosa) dan lignin, yang terdapat pada semua kayu, dan komponen-komponen minor dengan berat molekul kecil (ekstraktif dan zat-zat mineral). Perbandingan dan komposisi kimia lignin dan poliosa berbeda pada kayu daun jarum dan kayu daun lebar, sedangkan selulosa merupakan komponen yang seragam pada semua kayu (Sjostrom, 1993).

2.1.1. Selolusa

Selulosa merupakan komponen kimia kayu yang terbesar dengan jumlah biasanya 40-50% dari berat kering kayu dan lokasi selulosa terbesar terdapat pada lapisan sekunder dinding sel. Selulosa merupakan polimer linear dengan berat molekul tinggi yang tersusun seluruhnya atas β - D - glukosa. Sifat-sifat kimia dan fisika maupun struktur supramolekul selulosa berfungsi sebagai komponen struktural dinding serat bersama-sama dengan hemiselulosa dan lignin (Supartini, 2011).

Bahan dasar selulosa adalah glukosa, dengan rumus ($C_6H_{12}O_6$). Selulosa tidak berwarna, tidak mempunyai rasa dan bau, tidak larut dalam air atau larutan basa, relatif stabil terhadap panas dan tidak meleleh ketika dipanaskan. Molekul-molekul glukosa disambung menjadi molekul-molekul besar, panjang dan berbentuk rantai dalam susunan menjadi selulosa. Selulosa akan larut dalam

larutan asam yang konsentrasinya tinggi (akibat hidrolisis) pada suhu yang sangat tinggi ($>100^{\circ}\text{C}$). Selulosa merupakan bahan dasar yang penting bagi industri-industri sebagai bahan baku, misalnya pabrik kertas, pabrik sutera tiruan dan lain sebagainya (Pasaribu, 2012).

2.1.2. Hemiselulosa

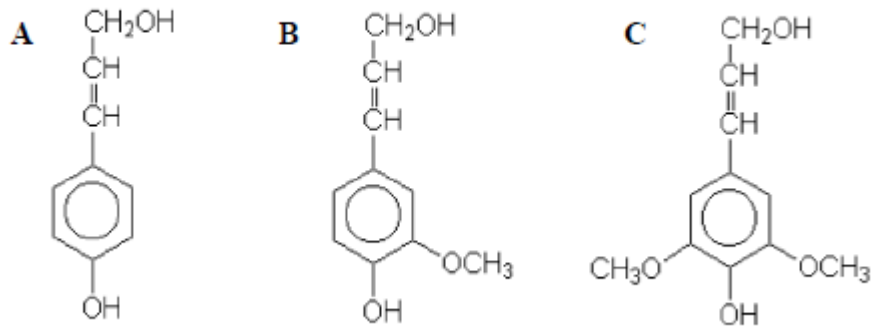
Hemiselulosa adalah polimer karbohidrat dengan rantai bercabang dan lebih pendek dibandingkan dengan selulosa. Senyawa ini identik dengan fraksi beta dan gama selulosa dengan polisakarida yang tersusun atas senyawa karbon yang berjumlah 5 atau 6. Jika dihidrolisa hemiselulosa menghasilkan D- manosa, D- glukosa, D- galaktosa, D-xylosa, L-arabinosa, dan asam uronat (Nofriadi, 2011).

Komposisi dan struktur hemiselulosa dalam kayu daun jarum secara khas berbeda dari kayu daun lebar. Hemiselulosa antara batang, cabang, akar, dan kulit kayu, seperti halnya selulosa kebanyakan hemiselulosa berfungsi sebagai bahan pendukung dalam dinding sel (Nofriadi, 2011).

Persentase dalam kayu daun jarum rata-rata lebih rendah (15-25%), dan strukturnya dibedakan dalam dua tipe kayu. Kayu daun lebar dan tanaman tahunan, struktur yang dominan adalah jenis pentose (terutama xilan), sedangkan dalam hemiselulosa kayu daun jarum yang dominan adalah jenis hexosa. (Pasaribu, 2012).

2.1.3. Lignin

Lignin adalah suatu polimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi, tersusun atas unit-unit fenilpropan. Meskipun tersusun atas karbon, hidrogen dan oksigen, lignin bukanlah suatu karbohidrat dan bahkan tidak ada hubungannya dengan golongan senyawa tersebut. Sebaliknya, lignin pada dasarnya adalah suatu fenol. Lignin sangat stabil dan sukar dipisahkan dan mempunyai bentuk yang bermacam-macam karenanya susunan lignin yang pasti di dalam kayu tetap tidak menentu (Syafii dkk, 2012). Struktur molekul lignin sangat berbeda dibandingkan polisakarida karena terdiri atas sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenilpropana yaitu unit *guaiacyl* (G) dari prekursor *trans*- koniferil alkohol, unit *syringyl* (S) dari prekursor *trans*-sinapil alkohol, dan p-hidroksipenil (H) dari prekursor *trans*-p-koumaril alkohol (Yunanta dkk, 2014).



Gambar 1. Struktur kimia penyusun lignin (A) *p*-koumaril alkohol, (B) koniferil alkohol, (C) sinafil alkohol (Fengel dan Wegener 1995).

Lignin terdapat di antara sel-sel dan di dalam dinding sel. Di antara sel-sel, lignin berfungsi sebagai perekat untuk mengikat sel-sel bersama-sama. Dinding sel pada lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi untuk memberikan kekuatan pada sel. Lignin dapat mengurangi daya pengembangan serat serta ikatan antar serat. Rumus molekul lignin yaitu ($C_9H_{10}O_2$). Lignin juga berpengaruh dalam mempertinggi sifat racun kayu yang membuat kayu tahan terhadap serangan cendawan dan serangga (Sanusi, 2010).

Kayu daun jarum memiliki kandungan lignin yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kayu daun lebar dan juga terdapat beberapa perbedaan struktur lignin dalam kayu daun jarum dan dalam kayu daun lebar. Segi morfologi lignin merupakan senyawa amorf yang terdapat dalam lamella tengah majemuk maupun dalam dinding sekunder. Selama perkembangan sel, lignin dimasukkan sebagai komponen terakhir di dalam dinding sel. Lignin harus dipisahkan karena mengurangi mutu pulp yang dihasilkan atau untuk meningkatkan derajat terputih pulp tersebut (Sanusi, 2010).

2.1.4. Zat Ekstraktif

Ekstraktif adalah senyawa kimia dengan bahan molekul rendah yang dapat larut dalam air dan pelarut organik. Pada umumnya kadar ekstraktif yang terkandung dalam bahan baku bukan kayu lebih tinggi dibandingkan dengan kayu daun lebar dan kayu daun jarum. Zat ekstraktif terdiri atas bahan yang mudah menguap seperti terpenin, resin, asam lemak, fenol karbohidrat dengan berat molekul rendah dan juga pektin. Zat ekstraktif yang larut dalam air meliputi gula,

pektin, garam-garam organik dan zat warna. Sedangkan ekstraktif yang larut dalam pelarut organik yaitu tanin, asam lemak, resin, dan terpen. Pelarut organik yang biasa digunakan yaitu : petroleum eter, metanol, alkohol benzena, dan etanol benzena (Yunanta dkk, 2014).

Kandungan dan komposisi ekstraktif berbeda-beda di antara spesies kayu, tetapi juga terdapat variasi yang tergantung pada lokasi dan musim. Pada sisi lain, komposisi ekstraktif dapat digunakan untuk determinasi kayu-kayu tertentu yang sukar dibedakan secara anatomi. Komposisi ekstraktif dapat berubah selama pengeringan kayu, terutama senyawa-senyawa tak jenuh, lemak dan asam lemak terdegradasi. Fakta ini penting untuk produksi pulp karena ekstraktif tertentu dalam kayu segar mungkin menyebabkan noda kuning (Supartini, 2011).

2.1.5. Abu

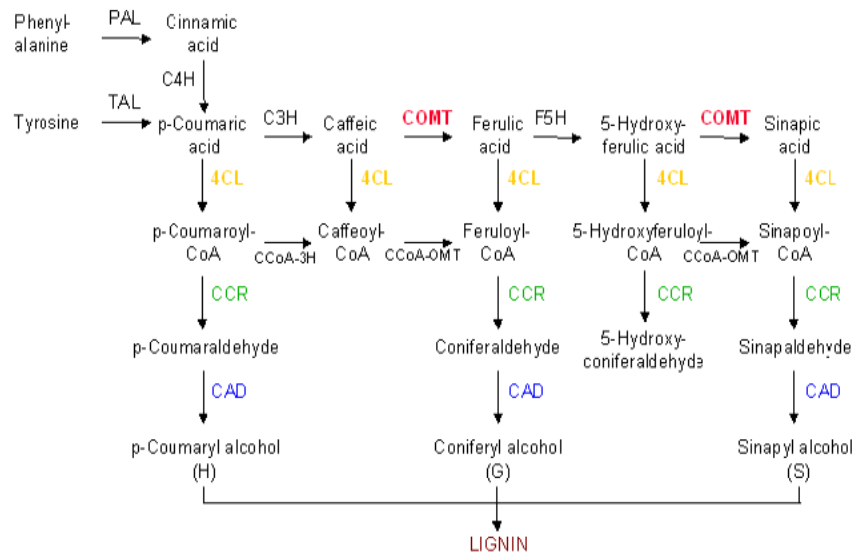
Kayu hanya mengandung komponen-komponen anorganik dengan jumlah yang agak rendah, diukur sebagai abu yang jarang melebihi 1% dari berat kayu kering. Namun kandungan abu dalam tugi, daun, dan kulit dapat jauh lebih tinggi. Abu ini asalnya terutama dari berbagai garam yang diendapkan dalam dinding-dinding sel dan lumen. Endapan yang khas adalah berbagai garam-garam logam, seperti karbonat, silikat, oksalat, dan fosfat. Komponen logam yang paling banyak jumlahnya adalah kalsium diikuti kalium dan magnesium (Sjostrom, 1995).

2.2. Biosintesis Lignin

Biosintesis atau anabolisme merupakan fase pembentukan atau sintesis dari metabolisme, molekul pemula atau unit pembangun yang lebih kecil yang selanjutnya disusun menjadi makromolekul besar yang merupakan komponen sel. Karena biosintesis mengakibatkan peningkatan ukuran dan kompleksitas struktur, proses ini memerlukan input energi bebas yang diberikan oleh pemecahan ATP menjadi ADP dan posfat. Biosintesis beberapa komponen sel juga memerlukan atom hidrogen yang disumbangkan oleh NADPH (Kamdea dkk, 2014).

Biosintesis lignin tidak hanya diatur secara progresif namun juga diinduksi sebagai respons terhadap tekanan seperti, sinar UV, dan serangan patogen. Kurang diketahui tentang aktivasi transkriptional biosintesis lignin yang disebabkan oleh tekanan. Tanaman yang terpapar tekanan berbeda akan

merangsang metabolisme fenil-propanoid untuk mengubah kandungan dan komposisi lignin. Menginduksi gen yang terkait dengan biosintesis lignin, seperti PAL, C4H, F5H, CAD, CCR dan 4CL biosintesis (Kamdea dkk, 2014).



Gambar 2. Jalur biosintesis prekursor monolignol lignin. 4CL, 4-coumarate CoA ligase; C3H, p-coumarate 3-hydroxylase; C4H, cinnamate 4-hydroxylase; CAD, cinnamyl alcohol dehydrogenase; CCoAOMT, caffeoyl CoA O-methyltransferase; CCR, cinnamoyl CoA reductase; COMT, caffeic acid O-methyltransferase; F5H, ferrulate 5-hydroxylase; hydroxycinnamoyltransferase; PAL, phenyl ammonia lyase (Baucher dkk, 2003).

Salah satu tahap terpenting dalam biosintesis lignin adalah proses yang terjadi melalui oksidasi berbagai prekursor monomer dan perakitan selanjutnya di dinding sel. Sudut pandang metabolik (dan mungkin fungsional), ini adalah satu-satunya langkah spesifik dalam jalur biosintesis lignin. Langkah ini, yang juga membuat aliran metabolik melalui jalur ireversibel, dikatalisis oleh peroksidase. Peroksidase adalah enzim utama yang terlibat dalam proses perakitan monolignol yang mengarah untuk biosintesis lignin (Herrero dkk, 2013).

Lignin terdiri atas tiga prekursor lignin yaitu syringyl lignin (S-lignin) terbuat atas struktur syringyl unit, guaiacyl lignin (G-lignin) terbuat dari unit guaiacyl, dan hidroksifenil lignin (H-lignin) terdiri dari p-hidroksifenil unit propana. Jalur biosintesis lignin mengikuti metabolisme fenilpropane, dimulai dengan deaminasi fenilalanin untuk membentuk asam sinamat, yang kemudian mengalami seri reaksi hidroksilasi, metilasi dan reduksi. Hasilnya, lima major

monomer pada biosintesis lignin terbentuk asam kumarat, asam caffeat, asam ferulat, 5-hydroxy-ferulic acid, dan asam sinapin. Monomer ini kemudian berpolimerisasi membentuk lignin dan hasilnya dalam jalur metabolisme yang berbeda dari pembentukan lignin (Cai dkk, 2010).

Penelitian substansi lignin telah menjelaskan jalur biosintesis lignin pada tanaman untuk menurunkan jumlah total lignin dan / atau mengubah subunit monolignol dan meningkatkan efisiensi sakarifikasi. Lignin disintesis dari prekursor monolignol adalah p-coumaryl alcohol, coniferyl alcohol, dan sinapil alcohol, disebut sebagai p-hidroksifenil (H), guaiacyl (G), dan syringyl (S) pada saat digabungkan ke dalam polimer lignin. Angiosperm lignin tersusun hampir seluruhnya dari unit S dan G, dan kelimpahan relatifnya. Polimer lignin merupakan karakteristik bahan baku yang penting. Lignin yang kaya syringil secara substansial lebih mudah dipisahkan dari selulosa dibandingkan dengan lignin yang kaya guaiacyl. Oleh karena itu mengandung substrat rasio S/G yang tinggi telah terbukti dapat meningkatkan efisiensi konversi biokimia (Stout dkk, 2014).

Siringil lignin yang tersusun atas monomer sinapil alcohol lebih peka terhadap degradasi kimia maupun enzimatik dibanding guasil lignin, karena unit posisi C5 aromatik pada guasil bebas berikatan antar karbon. Ferulate 5-hydroxylase (F5H) terlibat dalam jalur sintesis 5-hidroksi koniferaldehid berupa prekursor sinapil alcohol sebagai penyusun siringil lignin. Overekspresi ferulate 5-hydroxylase *Arabidopsis* pada poplar, menghasilkan kayu poplar transgenik dengan kadar siringil lignin tinggi yang dapat meningkatkan efisiensi proses *pulping* yaitu dalam hal pemisahan selulosa dari lignin. Overekspresi F5H *sweetgum* di bawah kontrol promotor *xylem-specific Pt4CLIP* pada aspen (*Populus tremula*) transgenik berhasil meningkatkan rasio siringil / guaiasil (S/G) hingga 2.5 kali sedangkan Overekspresi ferulate 5-hydroxylase *Arabidopsis* pada poplar, menghasilkan kayu poplar transgenik dengan kadar siringil lignin tinggi yang dapat meningkatkan efisiensi proses *pulping* yaitu dalam hal pemisahan selulosa dari lignin. Pendekatan rekayasa metabolik serupa yaitu overekspresi F5H dapat pula diterapkan pada tanaman lain untuk menghasilkan kayu dengan kadar siringil lignin tinggi untuk proses *pulping* yang lebih efisien (Hartati, 2016).

2.3. Kayu Kemiri

Kemiri (*Aleurites moluccana*), adalah tumbuhan yang bijinya dimanfaatkan sebagai sumber minyak dan rempah-rempah. Tumbuhan ini masih sekerabat dengan singkong dan termasuk dalam suku Euphorbiaceae. Kemiri tumbuh secara alami di hutan campuran dan hutan jati pada ketinggian 150-1000 m di atas permukaan laut. Tanaman kemiri tidak begitu banyak menuntut persyaratan tumbuh, sebab dapat tumbuh di tanah-tanah kapur, tanah berpasir dan jenis tanah-tanah lainnya. Tanaman kemiri sekarang sudah tersebar luas di daerah-daerah tropis (Arlene dkk, 2010).

Penghasil kemiri terluas di Sulawesi Selatan adalah Kabupaten Maros yang mencapai 9.200 ha. Di daerah ini, terdapat indikasi penurunan produksi kemiri karena terdapat 79% pohon kemiri atau sekitar 216 pohon/ha yang sudah berumur tua (rata-rata berumur 45 tahun) dan tidak produktif lagi (Yusran, 2002).

Klasifikasi kemiri yaitu (Tjitrosoepomo, 2010) :

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Archichlamydeae
Famili : Euphorbiaceae
Genus : *Aleurites*
Species : *Aleurites moluccana* (L.) Willd.

2.3.1. Karakteristik Kayu Kemiri

Kayu kemiri memiliki karakteristik antara lain warna kayu putih kekuning-kuningan, tidak dapat dibedakan antara kayu gubal dan teras, tekstur agak kasar, arah serat lurus, kesan raba agak kesat, permukaan agak mengkilap, pori berbentuk lonjong dan tersebar tata baur, bidang perforasi sederhana, parenkim dua tipe yaitu paratrakeal selubung tidak lengkap dan apotrakeal berbentuk garis-garis tangensial pendek, serta jari-jari heteroselular berseri satu sampai dua (uniseriat dan biseriat) (Asdar dan Lempang 2006).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Anwar dkk, (2014) digambarkan bahwa kayu kemiri dapat dikembangkan menjadi salah satu sumber bahan baku industri pengolahan kayu dan dapat dijadikan sebagai parabol rumah tangga/mebel, peti kemas. Selain itu karena kekerasannya rendah, kayu ini dapat dijadikan sebagai barang kerajinan seperti topeng, wayang dan mainan anak-anak. Tetapi karena kayunya termasuk kelas kuat IV maka kayu kemiri tidak cocok untuk dijadikan bahan bangunan.

Kayu kemiri termasuk dalam kelas awet kayu IV – V atau kayu yang kurang awet. Mengingat kayu kemiri sangat mudah terserang jamur biru (blue stain) maka sebaiknya kayu ini dikeringkan dengan cepat dan terpapar langsung sinar matahari. Biasanya setelah ada serangan blue stain, binatang lain akan menyusul menyerang kayu tersebut. Demi pencegahan serangan tersebut diperlukan tindakan pengawetan yakni dengan menggunakan bahan pengawet kayu, seperti boraks atau asam borat (Karlina dkk, 2010).

Komponen kimia kayu di dalam kayu diketahui dapat digunakan untuk membedakan jenis-jenis kayu, menentukan pengerjaan dan pengolahan kayu, menentukan kegunaan sesuatu jenis kayu. Menurut (Anwar dkk, 2014) komponen kimia yang terkandung dalam kayu kemiri adalah selulosa 44,4%, lignin 24,9%, pentosan 16,1%, dan abu 1,4%.

2.3.2. Manfaat Kayu Kemiri

Kayu Kemiri merupakan jenis pohon serbaguna karena hampir seluruh bagian dari pohon kemiri seperti kayu, daun, buah, kulit, akar, getah dan bunganya dapat dimanfaatkan. Secara teknis sifat-sifat kayu tersebut perlu dipahami dan diketahui sebelum kayu itu digunakan baik sebagai bahan bangunan maupun sebagai bahan baku industri, karena sifat-sifat tersebut pada dasarnya menimbulkan perubahan warna pada kayu sehingga sangat menentukan kualitas kayu bagi suatu peruntukan tertentu (Krisnawati dkk, 2011).

Selama ini kayu kemiri belum banyak dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat dan pihak swasta, serta pada umumnya kayu kemiri digunakan oleh masyarakat untuk bahan bangunan dan kayu bakar. Menurut (Krisnawati dkk, 2011) berdasarkan sifat kayu kemiri dapat diiris atau dikupas tipis sehingga bisa dimanfaatkan sebagai kayu lapis, bagian tengahnya dapat dijadikan papan, karena

sifat kayunya yang ringan dapat dijadikan sebagai bahan kerajinan sehingga mampu meningkatkan nilai ekonomis maupun substitusi bagi kayu lainnya yang sering dijadikan bahan baku bangunan.