



# KIMIA KAYU DAN PULP

## Penulis

Dra. Hj. Leny, M.Si

Dra. Hj. Rilia Iriani, M.Si

## Editor

Prof. Dr. Hj. Atiek Winarti, M.Pd.,M.Sc



# KIMIA KAYU DAN PULP

Dra. Hj. Leny, M, Si

Dra. Hj. Rilia Iriani, M. Si



# **KIMIA KAYU DAN PULP**

(Dalam Kajian Keefektifan Model Problem Based Learning dan Project Based Learning Berbasis Design Thinking)

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA  
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
2023**

# KIMIA KAYU DAN PULP

Penulis:

Dra. Hj. Leny, M.Si.,<sup>1</sup> Dra. Hj. Rilia Iriani, M.Si.,<sup>2</sup>

Desain Cover:

Hakki Norhasanah<sup>1</sup>, Mahda<sup>2</sup>

Tata Letak:

Ahmad Baihaqi

Editor:

Prof. Dr Hj. Atiek Winarti, M.Pd.,M.Sc

Cetakan Pertama:

## **PENERBIT:**

**ULM Press, 2023**

d/a Pusat Pengelolaan Jurnal dan Penerbitan ULM

Lantai 2 Gedung Perpustakaan Pusat ULM

Jl. Hasan Basri, Kayutangi, Banjarmasin 70123

Telp/Fax. 0511 - 3305195

ANGGOTA APPTI (004.035.1.03.2018)

Hak cipta dilindungi oleh Undang Undang

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari Penerbit, kecuali

untuk kutipan singkat demi penelitian ilmiah dan resensi

I - XVIII + 146 hal, 15,5 × 23 cm

Cetakan Pertama. ... 2023

ISBN : ...

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas berkat rahmat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas selesainya buku Kimia Kayu dan Pulp.

Buku Kimia Kayu dan Pulp merupakan bahan bacaan bagi mahasiswa dalam mempelajari materi kimia kayu dan pulp. Materi dalam buku ini dapat digunakan sebagai bahan pegangan oleh mahasiswa, pengajar, dan pihak lain dalam mempelajari Kimia Kayu dan Pulp. Buku ini membahas komponen-komponen dan pemanfaatan kimia kayu serta proses pembuburan kertas (*pulping*).

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Rektor ULM, Dekan FKIP ULM, Program Studi Pendidikan Kimia ULM serta semua pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan dalam penyusunan buku ini. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa buku ini masih perlu penyempurnaan, baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar penulis dapat memperbaiki dalam penulisannya. Semoga melalui sumbangan pemikiran yang berupa buku ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi para pembaca.

Banjarmasin, September 2023

(Tim Penyusun)

## PRAKATA

Puji syukur penulis Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah, SWT yang SWT yang telah melimpahkan karunia dan rahmat-Nya hingga penulis mampu menyelesaikan Buku Kimia Kayu dan Pulp ini.

Penyusunan buku ini merupakan salah satu upaya dosen dalam memenuhi kebutuhan buku pegangan bagi peserta didik program studi pendidikan kimia tentang materi kimia kayu dan pulp. Dengan hadirnya buku ini diharapkan dapat membantu para dosen dan peserta didik Program studi pendidikan kimia dalam melaksanakan proses belajar mengajar. Sehingga akhirnya peserta didik dapat mengetahui komponen-komponen dan pemanfaatan kimia kayu serta proses pembuburan kertas (*pulping*).

Perlu dukungan dari penyelenggara pendidikan serta semua pihak terkait agar buku ini dapat diterapkan sesuai dengan tujuannya. Namun demikian buku ini tidak luput dari kekurangan sehingga diperlukan masukan untuk kesempurnaannya dari para pembaca. Semoga buku ini bermanfaat.

## PENGANTAR EDITOR

Ide pembuatan buku ini didasari oleh keinginan agar materi kuliah Kimia Kayu dan Pulp, salah satu mata kuliah pilihan yang ditawarkan Prodi Pendidikan Kimia FKIP ULM, disajikan dengan lebih menarik melalui pembelajaran berbasis masalah (PBL) dan pembelajaran berbasis proyek (PjBL). Dalam era Kurikulum Merdeka, PBL dan PjBL menjadi rujukan utama model pembelajaran yang sangat disarankan untuk diterapkan karena karakternya relevan dengan salah satu indikator utama kinerja perguruan tinggi, yaitu kelas yang kolaboratif dan partisipatif., PBL dan PjBL berasal dari tradisi pedagogi yang meyakini bahwa belajar yang paling baik adalah dengan mengalami (*experiential learning*) dan memecahkan masalah dalam dunia nyata (*problem solving*). Ini berarti penyajian materi dalam mata kuliah Kimia Kayu tidak hanya akan membahas teori dan konsep-konsep Kimia Kayu dan pulp tetapi juga akan mengaplikasikan konsep-konsep tersebut dalam proses pemecahan masalah yang akan menjadi aktivitas utama perkuliahan.

Karakter materi mata kuliah Kimia Kayu dan pulp yang cukup dikenal mahasiswa sangat memungkinkan untuk dipelajari menggunakan PBL maupun PjBL. Permasalahan seputar deforestasi

akibat penebangan liar, pertanian dan pemukiman penduduk menjadi masalah yang perlu untuk dicarikan solusinya. Mengapa demikian? Karena laju pertumbuhan penduduk akan mengakibatkan perluasan pemukiman dan pembukaan areal pertanian baru, yang sangat berpotensi mengurangi luas area hutan. Demikian pula kajian tentang green chemistry yang membangun kesadaran manusia akan lingkungan sekitar sangat menarik untuk dikaji dalam konteks kimia kayu sehingga mahasiswa diharapkan tidak hanya memahami konsep-konsep kimiawi terkait kimia kayu dan pulp, tetapi juga bagaimana mengaplikasikannya untuk mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut. Adapun materi seperti pemanfaatan kayu, jenis-jenis kayu di pulau Kalimantan serta pembuatan bubur ayu (pulping) sangat menarik jika disajikan menggunakan Project Based Learning.

Dengan rasionalitas seperti itulah, kemudian peneliti bersama tim pengampu mata kuliah menyusun buku ini dengan mengacu pada tahapan model PBL dan PjBL melalui penyajian permasalahan-permasalahan aktual, serta memberikan kebebasan pada mahasiswa untuk merencanakan proyek yang akan dibuat terkait dengan permasalahan kayu dan pulp.. Untuk mengetahui keefektifan penerapan model PBL dan PjBL sebagaimana yang dituangkan dalam

buku ini, peneliti bersama tim pengampu mata kuliah dibantu dengan mahasiswa Pendidikan Kimia tingkat akhir melakukan lesson analysis yang focus pada terbentuknya pola classrom communication dalam proses pemecahan masalah, setelah mahasiswa belajar menggunakan PBL dan PjBL.

Melalui kerja keras tim penyusun telah berupaya optimal agar buku ini dapat menjadi salah satu bahan rujukan mahasiswa dalam mempelajari materi Kimia dan Kayu dan Pulp. Selain menyajikan konsep-konsep kimia kayu dan pulp, dalam buku ini terdapat juga lembar kerja mahasiswa yang Langkah-langkahnya telah disesuaikan dengan model PBL dan PjBL. Selain itu terdapat pula tes formatif yang dilengkapi dengan kunci jawaban untuk membantu mahasiswa mengukur penguasaan materinya.

Sebagai penutup Pengantar Editor ini, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang memberikan kesempatan kepada kami, tim penulis, untuk mengembangkan buku ini. Terimakasih kepada Rektor ULM, Dekan FKIP ULM dan Korprodi Pendidikan Kimia FKIP ULM yang telah memberikan kesempatan kepada tim Penulis untuk menjadi bagian dari upaya peningkatan kualitas Pendidikan. Meskipun masih jauh dari sempurna, semoga buku ini bermanfaat dalam membantu mahasiswa mengaplikasikan pengetahuannya Kimianya dan

berkontribusi nyata dalam mengatasi permasalahan lingkungan.

Editor

Prof. Dr. Atiek Winarti, M.Pd., M.Sc

## SINOPSIS

Buku Kimia Kayu dan Pulp merupakan sebuah buku yang membahas secara komprehensif tentang kimia yang terkait dengan kayu dan produk pulp. Buku ini dibagi menjadi beberapa bab yang membahas tentang struktur dan sifat fisik dan kimia kayu, kimia pulp dan proses pembuatan pulp, serta aplikasi pulp dalam industri kertas dan kimia.

Bab pertama membahas tentang pengenalan kayu sebagai bahan baku untuk produk pulp dan permasalahan lingkungan pada limbah kayu. Bab kedua membahas tentang sifat fisik dan kimia dari kayu yang dapat mempengaruhi kualitas produk pulp. Bab ketiga membahas tentang komposisi dasar dan komponen dari kimia kayu. Bab keempat membahas tentang proses pembuburan kayu (*pulping*) yang meliputi tiga jenis pulp yaitu pulp mekanik, pulp kimia dan pulp semi kimia. Bab kelima membahas tentang jenis-jenis kayu yang terdapat di Kalimantan serta pemanfaatannya.

Buku Kimia Kayu dan Pulp memberikan pemahaman yang luas tentang industri kayu dan pulp serta memberikan informasi penting bagi para ilmuwan, peneliti dan praktisi yang terlibat dalam pengolahan kayu dan pulp.

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	ii
PRAKATA .....	iii
PENGANTAR EDITOR .....	iv
SINOPSIS .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
TINJAUAN MATA KULIAH.....	xiii
A. Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) .....	xiii
B. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) .....	xiv
C. Deskripsi Mata Kuliah.....	xiv
D. Model <i>Problem Based Learning</i> (PBL) .....	xiv
E. Model <i>Project based learning</i> (PjBL) .....	xv
PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU .....	xvii
PETA KONSEP .....	xviii
BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
Lembar Kerja Mahasiswa .....	8
Orientasi Masalah .....	8
Rangkuman .....	17
Tes Formatif.....	18
BAB II	
KIMIA KAYU .....	20
2.1 Komposisi Dasar dan Komponen Kimia Kayu .....	20
2.2 Pemanfaatan Komponen kimia kayu.....	22
Lembar Kerja Mahasiswa .....	36
Rangkuman .....	40
Tes Formatif.....	40
BAB III	
TERDAPAT DAN KOMPONEN	
KIMIA KAYU .....	43
3.1 Terdapatnya Selulosa .....	43
3.2 Terdapatnya Hemiselulosa .....	44

3.3	Olisakarida Lain Dari Kayu .....	47
3.4	Ekstraktif Kayu .....	51
3.5	Terpen dan Resin .....	53
	Rangkuman .....	56
	Tes Formatif.....	56
BAB IV		
	PROSES PEMBUBURAN KAYU .....	59
4.1	Gambaran Umum Beberapa Metode Pulping.....	60
4.2	Metode Konvensional .....	63
4.3	Metode Non Konvensional .....	68
	Lembar Kerja Mahasiswa .....	71
	Rangkuman .....	77
	Tes Formatif.....	78
BAB V		
JENIS - JENIS KAYU YANG TERDAPAT DI		
	KALIMANTAN.....	80
	Rangkuman .....	104
	Tes Formatif.....	104
	Kunci Jawaban.....	107
Daftar Kayu Di Kalimantan Beserta		
	Komponen Kimianya .....	119
	GLOSARIUM.....	132
	DAFTAR PUSTAKA .....	135

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Kayu.....	1
Gambar 1.2 Susunan kayu .....	3
Gambar 1.3 Komponen penyusun kayu.....	5
Gambar 1.4 Siklus pemutihan pulp ramah lingkungan7	
Gambar 1.5 Hutan.....	8
Gambar 1.6 Peta lahan.....	10
Gambar 2.1 Struktur dinding sel kayu.....	21
Gambar 2.2 Rayon viskosa.....	27
Gambar 3.1 Struktur kimia selulosa .....	44
Gambar 3.2 Struktur kimia hemiselulosa .....	45
Gambar 3.3 Struktur amilosa.....	48
Gambar 3.4 Struktur amilopektin.....	49
Gambar 3.5 Unit dasar pembentuk lignin.....	50
Gambar 4.1 Transformasi kayu menjadi kertas.....	61
Gambar 4.2 Pengolahan kertas skala industri .....	63
Gambar 4.3 Penebangan pohon .....	72
Gambar 4.4 Deforestasi hutan.....	72
Gambar 4.5 Industri kertas .....	73
Gambar 5.1 Kayu gelam.....	80
Gambar 5.2 Kayu ulin.....	81
Gambar 5.3 Kayu meranti.....	83
Gambar 5.4 Kayu mahoni .....	84
Gambar 5.5 Kayu gaharu .....	85
Gambar 5.6 Kayu bajakah.....	60
Gambar 5.7 Kayu sengon.....	87

Gambar 5.8 Kayu bangkirai.....	88
Gambar 5.9 Kayu keruing.....	89
Gambar 5.10 Kayu merbau.....	90
Gambar 5.11 Kayu kempas.....	91
Gambar 5.12 Kayu kapur.....	93
Gambar 5.13 Kayu belangiran.....	94
Gambar 5.14 Kayu ramin.....	95
Gambar 5.15 Kayu ketapang.....	96
Gambar 5.16 Kayu tembesu.....	97
Gambar 5.17 Kayu balau.....	98
Gambar 5.18 Kayu jelutung.....	99
Gambar 5.19 Kayu mersawa.....	70
Gambar 5.20 Kayu merawan.....	101
Gambar 5.21 Kayu resak.....	102

## Tinjauan Mata Kuliah

### A. Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)

**CPL-1 (KK1):** Mampu menganalisis, mensintesis, dan mengevaluasi pemecahan masalah berbagai karakteristik materi (*content knowledge*), teori pedagogik (*pedagogical knowledge*), serta TIK (*technological knowledge*) dan aplikasinya untuk inovasi pembelajaran kimia.

**CPL-1 (KK3):** Mengidentifikasi permasalahan dan menentukan alternatif solusi berdasarkan teori dan temuan penelitian, serta merancang dan mengimplementasikannya dalam penelitian pendidikan kimia.

**CPL-2 (P1):** Mampu menerapkan dan menganalisis konsep dasar sains (fisika, kimia, biologi), matematika, dan hukum-hukum dasar kimia pada berbagai reaksi kimia dalam pemecahan masalah secara logis.

**CPL-3 (S9):** Menginternalisasi semangat kemandirian, kejuangan, dan kewirausahaan.

**CPL-4 (KU1):** Mampu berkomunikasi secara efektif dan membangun jaringan dengan pembimbing, kolega, sejawat baik di dalam maupun di luar lembaganya.

## **B. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)**

1. Mahasiswa mampu menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur, memecahkan masalah kimia kayu dan pulp serta mengkomunikasinya secara efektif.
2. Mahasiswa mampu memilih strategi/metode alternative/solusi secara logis dan mampu mengkomunikasikan dan kaitannya dengan sikap peduli terhadap lingkungan dan kewirausahaan secara mandiri bermutu dan terukur.

## **C. Deskripsi Mata Kuliah**

Pada mata kuliah ini mahasiswa belajar mengenai struktur kayu, kimia karbohidrat, polisakarida kayu, ekstraktif, lignin, proses kimia pembuatan pulp & hasil sampingnya, turunan selulosa, bahan-bahan kimia asal kayu, dan proses enzimatik serta penggunaannya. Materi perkuliahan kimia kayu dan pulp ini diberikan sebuah bahan ajar untuk membantu mahasiswa dalam memahami materi secara mandiri baik di dalam maupun di luar lingkungan perkuliahan.

## **D. Model *Problem Based Learning* (PBL)**

Model *Problem Based Learning* (PBL) adalah model pembelajaran yang pada kegiatan awalnya mahasiswa dihadapkan dengan suatu permasalahan

dalam dunia nyata lalu dibimbing untuk menyelesaikan masalah tersebut melalui kegiatan selama pembelajaran. Model *Problem Based Learning* (PBL) terdiri dari lima fase yang dimulai dengan dosen memperkenalkan kepada mahasiswa tentang suatu situasi masalah dan diakhiri dengan penyajian dan analisis hasil kerja Mahasiswa.

Tahapan model Problem Based Learning (PBL)

1. Mengorientasi peserta didik pada masalah
2. Mengorganisasi untuk belajar
3. Membimbing penyelidikan individual maupun kelompok
4. Mengembangkan dan menyajikan hasil karya
5. Menganalisis dan Mengevaluasi proses pemecahan masalah

#### **E. Model *Project based learning* (PjBL)**

*Project based learning* (PjBL) merupakan model pembelajaran yang membuat mahasiswa aktif dalam suatu proyek untuk mencapai tujuan pembelajaran.

Tahapan Model Project based learning (PjBL):

1. Menginvestigasi dan mencari pemecahan masalahnya
2. Menjawab dan memecahkan masalah sesuai dengan konsep yang telah dipelajari
3. Menginvestigasi dan menganalisis secara mandiri terhadap tugas proyek

4. Menyusun Jadwal
5. Penyelesaian projek dengan fasilitasi dan memonitoring
6. Penilaian hasil dan evaluasi pengalaman

## Petunjuk Penggunaan Buku

Buku ini terdiri atas materi yang berisi uraian teori dan lembar kerja mahasiswa. Lembar kerja mahasiswa yang digunakan mengacu pada model *Problem Based Learning* dan *Project Based Learning* berbasis *Design Thinking*. Untuk mendukung kegiatan tersebut, buku ini terdiri atas beberapa bagian dengan format sebagai berikut:

Bab I : Pendahuluan

Bab II : Kimia Kayu

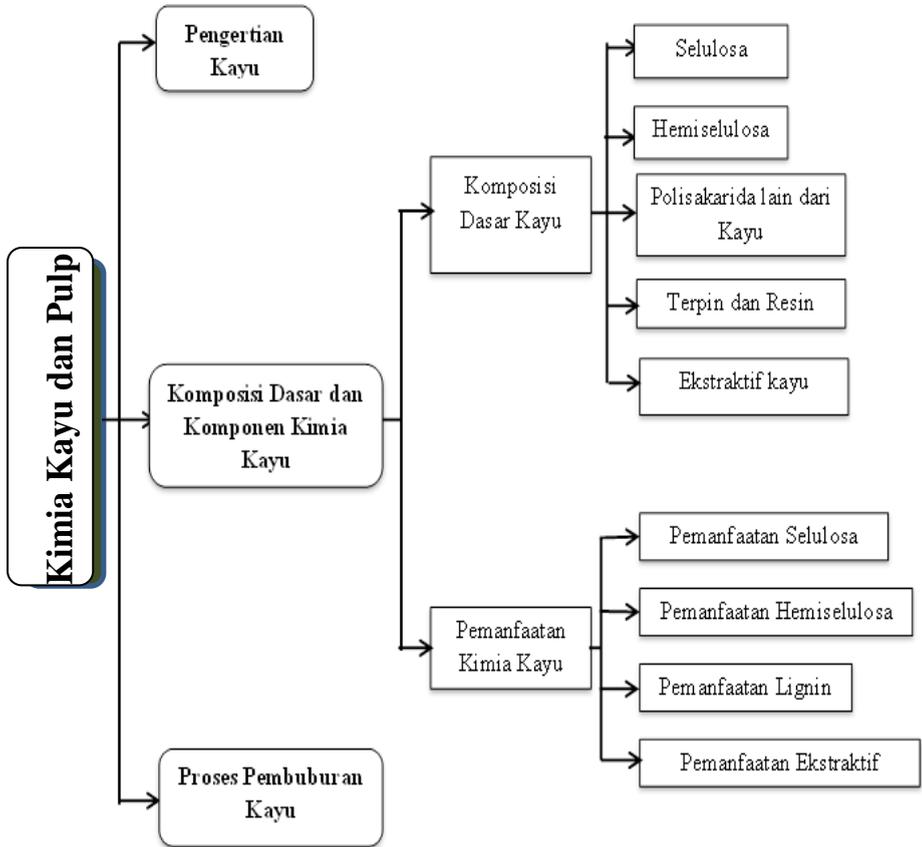
Bab III : Komposisi Dasar dan Komponen Kimia Kayu

Bab IV : Proses Pembuburan Kayu (*Pulping*)

Bab V : Jenis-jenis Kayu yang Terdapat di Kalimantan

Setiap bab juga diberikan latihan soal untuk uji pemahaman terhadap materi Kimia Kayu dan Pulp. Diharapkan mahasiswa dapat mengerjakan soal-soal tersebut, kemudian membandingkan dengan kunci jawaban yang ada pada bagian akhir buku.

## Peta Konsep



# BAB I

## PENDAHULUAN

Kayu merupakan hasil hutan dari sumber kekayaan alam, juga merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan



teknologi. Pengertian kayu disini adalah suatu bahan yang diperoleh dari hasil pemungutan pohon-pohon di hutan yang merupakan bagian dari pohon tersebut, serta diperhitungkan bagian mana yang lebih banyak dapat dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan.

Gambar 1.1 Kayu

Klasifikasi tumbuhan kayu terbagi menjadi dua kelompok yaitu **kayu keras** dan **kayu lunak**. Pohon kayu keras dan kayu lunak memiliki perbedaan. Berdasarkan klasifikasi tumbuhan keduanya sama-sama termasuk ke dalam divisi tumbuhan spermatophyta (tumbuhan yang menghasilkan biji), tetapi kayu keras dan kayu lunak berbeda pada subdivisi. Kayu keras berada pada subdivisi Angiospermae, sedangkan kayu lunak berada pada subdivisi Gymnospermae (Gambar 1.1).

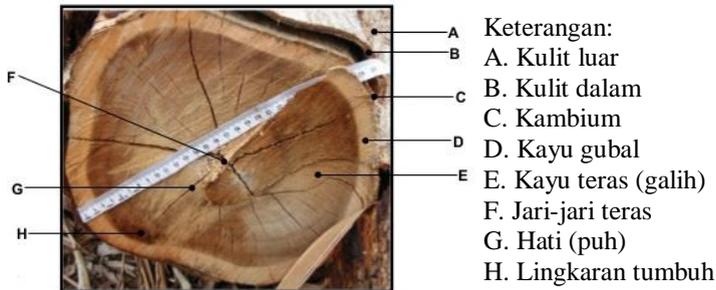
Tumbuhan pada subdivisi Angiospermae ditandai dengan produksi biji di dalam ovarium, sedangkan Gymnospermae menghasilkan biji yang tidak memiliki lapisan penutup. Perbedaan kayu lunak dan kayu keras tidak hanya dalam hal penampakan luarnya saja, tetapi kayu-kayu yang dibentuknya juga berbeda dalam struktur dan morfologinya. Selain itu, tipe sel dan jumlah serta penyusunnya juga terdapat perbedaan (Shmulsky et al., 2011).

Pohon kayu lunak memiliki ciri yaitu daunnya seperti jarum (daun jarum). Tidak semua jenis pohon kayu lunak memiliki daun yang seperti jarum. Contohnya *Agathis* sp. memiliki bentuk daun laset dan cukup lebar. Istilah daun jarum pada kayu lunak ditentukan berdasarkan pemeriksaan ada tidaknya pembuluh pada penyusun batang pohon tersebut. Pada kayu lunak tidak memiliki pembuluh dan serat-serat kayunya banyak mengandung trakeida-trakeida. Pohon kayu lunak dikenal sebagai *evergreen* karena sebagian besar tetap hijau sepanjang tahun dan setiap tahunnya hanya sedikit saja daun yang berjatuhan. Pohon kayu lunak memiliki buah yang bersisik berbentuk kerucut (*cone*) sehingga disebut dengan konifer. Pada umumnya batang pohon jenis kayu lunak bentuknya silindris, percabangannya monopodial dan bentuk tajuk meruncing.

---

## 2 | Kimia Kayu dan Pulp

Susunan kayu sebagaimana disajikan pada Gambar 1.2 terdiri dari susunan sel-sel, dan sel-sel tersebut terdiri dari susunan “*cellose*” yang diikat dan disatukan oleh “*lignine*”. Perbedaan susunan sel-sel inilah yang menyebabkan perbedaan sifat-sifat dari berbagai jenis.



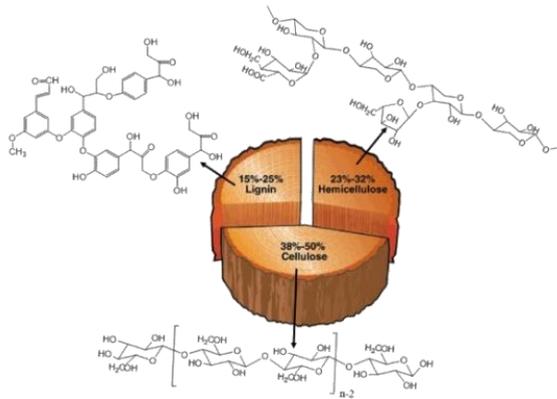
**Gambar 1.2 Susunan kayu**

- a. Kulit luar (*outer bark*), yang merupakan kulit mati, kering dan berfungsi sebagai pelindung bagian dalam kayu.
- b. Kulit dalam (*bast*), kulit hidup, lunak basah, yang berfungsi mengangkut bahan makanan dari daun ke bagian lain.
- c. Kambium (*cambium*), berada disebelah dalam kulit dalam, berupa lapisan sangat tipis (tebalnya hanya berukuran mikroskopik). Bagian inilah yang memproduksi sel-sel kulit dan sel-sel kayu.
- d. Kayu gubal (*sap wood*), tebalnya bervariasi antara 1 - 20 cm tergantung jenis kayunya, berwarna keputih-putihan, berfungsi sebagai pengangkut air (berikut zat-zat) dari tanah ke daun. Untuk keperluan

struktur umumnya kayu perlu diawetkan dengan memasukan bahan-bahan kimia kedalam lapisan kayu gubal ini.

- e. Kayu teras atau galih (*heart wood*), lebih tebal dari kayu gubal yang tidak bekerja lagi. Kayu teras terjadi dari perubahan kayu gubal secara perlahan-lahan. Kayu teras merupakan bagian utama pada struktur kayu yang biasanya lebih awet (terhadap serangan serangga, bubuk, jamur) dari pada kayu gubal.
- f. Hati (puh).
- g. Jari-jari teras (*Rays*) yang menghubungkan berbagai bagian dari pohon untuk penyimpanan dan peralihan bahan makanan.
- h. Lingkaran tumbuh pohon (*growth ring*), terbentuk karena adanya aktivitas pertumbuhan kambium yang dipengaruhi oleh perubahan musim. Tidak semua jenis pohon di daerah tropis menghasilkan lingkaran tumbuh.

Kayu merupakan bahan organik yang dihasilkan dari proses fotosintesis. Melalui metabolisme primer maupun sekunder, terjadi proses pembentukan sel-sel kayu. Secara kimiawi sel-sel kayu bisa dibedakan antara komponen primer kayu yaitu penyusun dinding sel kayu dan komponen sekunder yaitu zat yang bukan penyusun dinding sel kayu.



Gambar 1.3 Komponen penyusun kayu

Komponen primer penyusun kayu terdiri dari fraksi gula berupa selulosa dan hemiselulosa dan fraksi aromatik berupa lignin. Ketiga komponen ini membentuk matriks atau saling berikatan secara kimia sehingga tidak terlihat bentuk asli komponen tersebut, serta membentuk kayu yang seperti kita lihat dalam keseharian (Fengel & Wegener, 1984). Komponen sekunder terdiri dari zat ekstraktif dan zat anorganik. Pemanfaatan komponen selulosa akan dibahas lebih mendalam di sini karena nilai produksinya yang tinggi di Indonesia demikian sebaliknya untuk pemanfaatan zat anorganik.

Pemanfaatan kayu oleh manusia mempunyai sejarah yang panjang. Fosil berusia 400.000 tahun yang lalu ditemukan di Schoningen, Jerman, menunjukkan adanya enam buah tombak dari kayu dengan ujung tombak berbahan kayu dan tidak diamati adanya

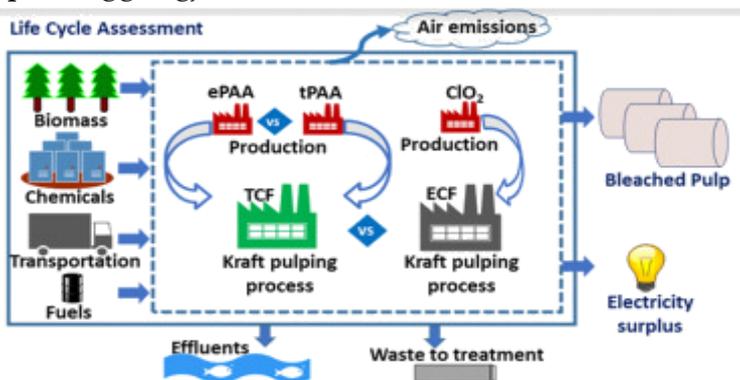
bahan dari batu (Hubbe et al., 2012). Terlihat bahwa pemburu di zaman dahulu telah memanfaatkannya untuk membunuh hewan-hewan besar saat itu seperti *mammoth*. Penggunaan arang untuk pewarna di dinding gua diperkirakan telah ditemukan pada 30.000 tahun SM. Hal tersebut menegaskan kayu dengan keunggulan sifatnya menjadi salah satu bahan baku utama dalam kehidupan manusia.

Ada delapan karakteristik kayu sebagai bahan baku, yaitu berstruktur seluler; bersifat anisotropis atau menunjukkan sifat berbeda pada tiga arah utamanya; higroskopis atau bisa menyerap dan melepaskan uap air; bisa dibiodegradasikan; mudah terbakar; lembam terhadap zat kimia; sangat tahan terhadap organisme perusak kayu dalam kondisi tertentu; dan bersifat isolator panas (Panshin & De Zeew, 1980).

Perkembangan teknologi di barat telah mampu membuka rahasia alam tersebut dengan suatu bukti kajian ilmiah baik secara teori maupun praktek di laboratorium. Perkembangan teknologi kimia kayu telah membuka wawasan secara luas. Komponen dan unsur kimia di dalam kayu dapat diambil untuk dipisah-pisahkan menjadi suatu golongan tertentu. Namun teknologi ini juga tidak semudah yang dibayangkan oleh masyarakat umum. Proses pengolahan kayu secara kimia tidak hanya

memberikan manfaat yang positif, namun akhir-akhir ini juga telah dibicarakan dampak negatif dari proses pengolahan kayu secara kimia.

Dampak negatif tersebut secara umum disebut sebagai pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan pun dibagi menjadi beberapa tingkatan yaitu tingkat tidak membahayakan lingkungan, sedikit membahayakan hingga tingkat sangat membahayakan lingkungan. Para ahli kimia di negara barat dan Jepang saat sekarang telah mengembangkan proses pengolahan secara kimia yang berwawasan lingkungan. Namun permasalahan ini juga kadang kala terbentur pada masalah ekonomis suatu produk. Contohnya adalah teknologi pemutihan pulp ramah lingkungan yang menggunakan sistem TCF (*Totally Chlorine Free*/bebas klorin secara total dan *Bio-bleaching*), namun sistem tersebut belum dapat dipertanggungjawabkan secara ekonomis.



Gambar 1.4 Siklus pemutihan pulp ramah lingkungan

## LEMBAR KERJA MAHASISWA

Fase

1

### Orientasi Masalah

Baca dan analisis wacana berikut!



Gambar 1.5 Hutan

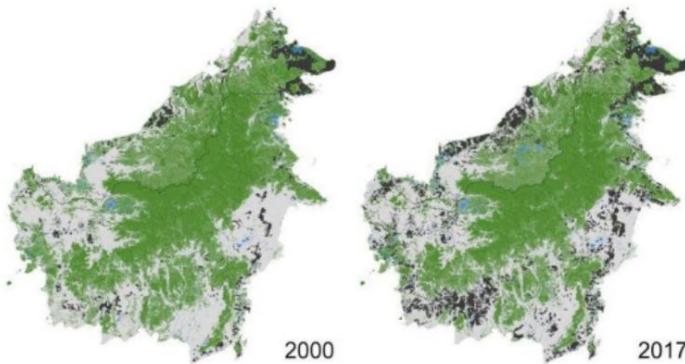
Hutan Indonesia adalah hutan yang sering disebut salah satu paru-paru dunia yang menyumbangkan oksigen untuk keberlangsungan makhluk hidup yang dapat menyerap karbon dioksida yakni karbon yang berbahaya dan menghasilkan gas oksigen yang diperlukan oleh manusia (Shafitri et al., 2018).

Hutan merupakan sumber daya alam yang berperan penting pada lini kehidupan, baik dari ekonomi, sosial, budaya, dan lingkungan (Widodo &

Sidik, 2020). Areal hutan yang semakin berkurang tentunya menyebabkan punahnya berbagai jenis spesies yang menyebabkan berbagai dampak termasuk menimbulkan efek gas rumah kaca. Hampir disetiap tahunnya Indonesia dihadapkan dengan bencana kebakaran hutan, pada tahun 2015 tercatat 1,7 juta ha yang terbakar dan menyebabkan bencana asap yang menimbulkan dampak serius pada pendidikan, transportasi udara, kesehatan, ekonomi, dan tentunya merusak lingkungan (Adiputra & Barus, 2018).

Deforestasi adalah kondisi luas hutan yang mengalami penurunan yang disebabkan oleh konversi lahan untuk infrastruktur, permukiman, pertanian, pertambangan, dan perkebunan (Wahyuni & Suranto, 2021). Perubahan lahan hutan yang menjadi lahan non hutan menyebabkan pemanasan global karena akibat dari kebakaran hutan yang sering terjadi. Deforestasi berkaitan dengan penebangan atau pembalakan liar yang mengancam seluruh makhluk hidup yang pada umumnya diakibatkan oleh kebakaran hutan yang menyebabkan pemanasan global (Wahyuni & Suranto, 2021). Data dari Greenpeace, Indonesia adalah negara penyumbang emisi gas karbon ketiga setelah negara Amerika Serikat dan negara Tiongkok sekitar 80 % yang disebabkan oleh pembakaran hutan, pembakaran hutan juga menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia seperti dapat menimbulkan sesak

nafas berkepanjangan (Han et al., 2019). Berbagai faktor penyebab terjadinya deforestasi yaitu: Konversi pertanian, kebakaran hutan, pemanenan kayu, dan penggunaan kayu bakar. Diperkirakan bahwa 57 % deforestasi di negara Indonesia sebagian besar disebabkan oleh perubahan lahan menjadi yang menjadi lahan perkebunan kelapa sawit dan 20 % lainnya bersumber dari pulp dan kertas (Wahyuni & Suranto, 2021).



Gambar 1.6 Peta lahan

Berdasarkan peta lahan di atas yakni pulau Kalimantan memberikan informasi kehilangan lahan hutan di setiap tahun dari tahun 2020 sampai tahun 2017 yang diakibatkan oleh lahan yang digunakan untuk perkebunan kelapa sawit dan perkebunan kayu plup yang pada peta di atas ditandai dengan warna hitam. Gambar di atas memperjelas bahwa hutan di Indonesia terus mengalami pengurangan lahan yang disebabkan oleh konversi pertanian, kebakaran hutan,

pemanenan kayu, dan penggunaan kayu bakar (Wahyuni & Suranto, 2021).

Pemanenan kayu adalah serangkaian kegiatan untuk memindahkan kayu dari hutan ke tempat penggunaan atau pengolahan dengan biaya yang ekonomis dan kerusakan lingkungan yang minimum. Limbah pemanenan hutan yang dimaksud adalah sisa atau residu berupa potongan kayu yang ditinggalkan di dalam hutan. Limbah ini merupakan limbah organik berupa batang kayu yang tidak berbahaya terhadap lingkungan tetapi besarnya limbah ini menunjukkan tingkat efisiensi pemanenan hutan. Batang pohon tidak seluruhnya dikeluarkan dari hutan tetapi sebagian ditinggalkan didalam hutan sebagai limbah kayu. Limbah kayu atau limbah pembalakan didefinisikan sebagai kayu yang tidak atau belum dimanfaatkan pada kegiatan pemanenan hutan yang berasal dari pohon yang boleh ditebang berupa sisa pembagian batang, tunggak, ranting dan pucuk (Matangaran et al., 2013).

Limbah pemanenan hutan merupakan limbah yang tidak dapat dihindarkan atau dihindarkan tetapi dapat diminimalkan agar terjadi efisiensi yang lebih besar dalam pemanfaatan sumberdaya hutan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya limbah pemanenan hutan tergantung kepada topografi, peralatan yang digunakan, cara kerja

operator, sistem pengupahan, organisasi kerja dan permintaan pasar. Selain faktor tersebut limbah pemanenan kayu dapat terjadi karena adanya cacat alami kayu berupa batang bengkok, growong, dan busuk. Sedangkan kerusakan akibat aktivitas pemanenan hutan digolongkan kedalam cacat mekanis berupa batang pecah, patah, potongan pangkal dan potongan ujung kayu.

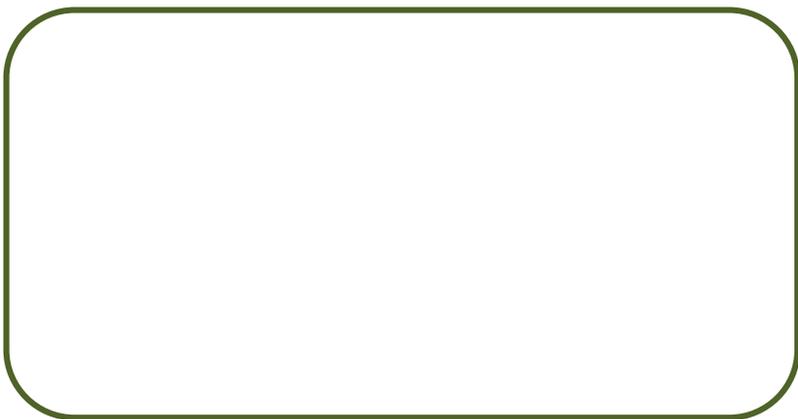
Limbah pemanenan sering timbul akibat kesalahan teknis di lapangan dan juga akibat kebijakan perencanaan pemanenan yang kurang tepat (Matangaran et al., 2013). Pada kenyataannya, volume kayu yang dimanfaatkan lebih kecil dibandingkan volume kayu yang ditebang, sehingga terdapat kayu-kayu yang tidak terangkut di petak tebangan dan di Tempat Pengumpulan Kayu (TPn) berupa limbah. Dari jumlah kayu yang ditebang di hutan, hanya sekitar 40% yang dimanfaatkan untuk industri kayu lapis. Adapun sisanya yang sekitar 60% dibuang percuma mulai dari dahan, ranting, hingga pucuk pohon yang batangnya terlalu kecil (Abidin et al., 2017).

Keberadaan dan peran industri hasil hutan utamanya kayu di Indonesia dewasa ini menghadapi tantangan yang cukup berat berkaitan dengan adanya ketimpangan antara kebutuhan bahan baku industri dengan kemampuan produksi kayu secara lestari. Limbah utama dari industri kayu dibedakan menjadi

beberapa jenis, di antaranya kulit kayu, potongan-potongan kecil, serpihan-serpihan kayu hasil penggergajian dan pemotongan, serta serbuk kayu dan debu.

Limbah tersebut sangat sulit dikurangi. Saat ini, kebanyakan produsen hanya dapat memanfaatkan limbah mereka seoptimal mungkin menjadi barang lain yang memiliki nilai ekonomis, seperti kulit kayu untuk bahan kerajinan, potongan kayu untuk dijadikan arang, serbuk kayu yang diolah menjadi briket, dan lain sebagainya. Adanya limbah yang dimaksud menimbulkan masalah penanganannya yang selama ini dibiarkan membusuk, ditumpuk dan dibakar yang kesemuanya berdampak negatif terhadap lingkungan sehingga penanggulangannya perlu dipikirkan (Sutarman, 2016).

Identifikasi masalah berdasarkan wacana tersebut di atas.



Untuk memahami dan menjawab permasalahan di atas, simaklah penjelasan di bawah ini dengan baik!

Pemanfaatan Komponen Kimia Kayu Dapat  
Dikatakan Sebagai Penyedia Bahan Kimia Alami  
Ramah Lingkungan

1. Pemanfaatan Kayu sebagai bahan baku

Ada delapan karakteristik kayu sebagai bahan baku, yaitu: berstruktur seluler; bersifat anisotropis atau menunjukkan sifat berbeda pada tiga arah utamanya; higroskopis atau bisa menyerap dan melepaskan uap air; bisa dibiodegradasikan; mudah terbakar; lembam terhadap zat kimia; sangat tahan terhadap organisme perusak kayu dalam kondisi tertentu; dan bersifat isolator panas. Pemanfaatan kayu bisa dengan cara sederhana atau minimal dalam perlakuan pemotongan kayu bulat yang digunakan untuk tiang listrik dan rantai jembatan. Di lain pihak, melalui proses konversi panas dan kimia yang cukup kompleks maka produk yang sangat bervariasi bisa diwujudkan dari arang sampai produk berbasis nanoselulosa kayu dengan keunggulan sifatnya menjadi salah satu bahan baku

utama dalam kehidupan manusia (Panshin & De Zeew, 1980).

## 2. Pemanfaatan Komponen kimia kayu

Komponen kimia kayu seperti selulosa, hemiselulosa, karbohidrat lain, lignin, zat ekstraktif, kadar abu dan mineral berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi bahan yang berguna (Nawawi et al., 2018)

## 3. Pemanfaatan limbah kayu

Limbah serbuk gergaji adalah bahan berserat lignoselulosa: yang mengandung fraksi organik tinggi. Limbah ini merupakan limbah industri yang cukup melimpah dan berpotensi, namun belum dimanfaatkan secara maksimal. Limbah gergaji saat ini hanya digunakan sebagai bahan bakar, kompos dan media pertumbuhan jamur (Komarayati et al., 1993).

**Fase**  
**3**

**Membimbing Penyelidikan Individual  
Maupun Kelompok**

Untuk menjawab permasalahan yang disajikan pada fase 1, pilih satu masalah dan fokuskan permasalahan tersebut bersama dengan kelompokmu (5-6 orang/kelompok), cobalah untuk mengumpulkan informasi dan diskusikan secara bersama-sama. Tulis dalam bentuk laporan kelompok.

**Fase**  
**4**

**Mengembangkan dan  
Menyajikan Hasil Karya**

Informasi yang telah kamu peroleh, sajikan informasi yang telah kamu peroleh di lembar berikut untuk menjawab pertanyaan bagaimana solusi dari permasalahan yang anda tuliskan dan diskusikan!

## Fase

5

## Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah

Silakan anda analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah yang anda sajikan pada fase 4.



### Rangkuman

Kayu merupakan bahan organik yang dihasilkan dari proses fotosintesis melalui metabolisme primer maupun sekunder. Klasifikasi tumbuhan kayu terbagi menjadi dua kelompok yaitu kayu keras dan kayu lunak. Pemanfaatan kayu oleh manusia mempunyai sejarah yang panjang dan telah membuka wawasan secara luas. Namun teknologi ini juga memberikan dampak negatif seperti pencemaran lingkungan.

## Tes Formatif

Untuk menguji pemahaman tentang materi yang diberikan, maka jawablah beberapa pertanyaan berikut:

1. Hutan memiliki pepohonan yang sangat banyak dan beragam. Pohon-pohon tersebut tentunya dapat dijadikan sebagai kayu untuk kebutuhan manusia. Untuk mendapatkan kayu dari pohon juga tidak bisa asal tebang. Penebang pohon harus memilih pohon yang sesuai untuk ditebang dan diambil kayunya sebagai bahan bangunan, diantara dua jenis kayu berikut yang mana yang lebih efisien dalam proyek konstruksi bangunan?



Kayu jati  
(*Tectona grandis sp.*)



Kayu pinus  
(*Pinus sp.*)

2. Kayu mahoni (*Swietenia spp.*) dan kayu pinus (*Pinus sp.*) merupakan dua jenis kayu yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi. Kedua kayu ini memiliki karakteristik yang berbeda, identifikasilah mengapa kayu mahoni dikategorikan sebagai kayu

keras dan pohon pinus dikategorikan sebagai kayu lunak?

3. Pabrik-pabrik kertas sering dihadapkan pada tantangan lingkungan dalam proses produksi mereka. Salah satu masalah utamanya adalah dampak lingkungan dari



- penggunaan bahan kimia dalam pemutihan (*bleaching*) bubur kertas. Bagaimana teknologi lingkungan dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut dan menjadikan industri pembuatan kertas supaya berkelanjutan?
4. Pemanfaatan kayu dalam kehidupan sudah dikenal beberapa abad yang lalu, namun sisa-sisa dari hasil pengolahan belum termanfaatkan dengan maksimal sehingga menjadi limbah. Kemukakan pendapatmu tentang bagaimana mengatasi limbah tersebut?
5. Hutan-hutan seringkali menghasilkan limbah kayu sebagai hasil dari penebangan dan aktivitas hutan lainnya. Bagaimana cara mengatasi limbah kayu ini secara berkelanjutan dan mengubahnya menjadi sumber daya yang berguna?

## **BAB II**

### **KIMIA KAYU**

#### **2.1 Komposisi Dasar dan Komponen Kimia Kayu**

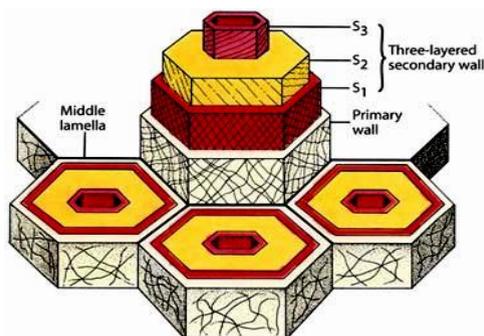
##### **2.1.1 Komposisi Dasar Kayu**

Kayu tersusun dari unsur kimia organik tertentu. Sebagai gambaran secara umum, bahan kayu disusun oleh unsur karbon (C) sebesar 50%, oksigen (O) sebesar 44%, hidrogen (H) sebesar 6% dan adakalanya disusun oleh sedikit nitrogen. Persentase unsur di dalam kayu berlaku untuk semua jenis kayu, yang selanjutnya unsur-unsur tersebut membentuk suatu molekul yang saling berikatan satu dengan lainnya di dalam sel kayu.

##### **2.1.2 Komponen Kimia Kayu**

Komponen kimia kayu yang terpenting antara lain selulosa, hemiselulosa, karbohidrat lain, lignin, zat ekstraktif, kadar abu, dan mineral. Komponen kimia kayu ini berasosiasi di dalam sel kayu. Sel kayu juga terbagi-bagi menjadi beberapa bagian seperti inti sel, dinding primer, dinding sekunder, saluran damar, lamela tengah dan bagian lainnya. Masing-masing bagian sel kayu mengandung komponen kimia dan persentasenya tidak sama. Lamela tengah dan sudut sel didominasi oleh lignin, dinding sekunder didominasi oleh selulosa dan hemiselulosa, sementara

saluran damar didominasi oleh zat ekstraktif dan lain-lain.



Gambar 2.1 Struktur dinding sel kayu

Selulosa adalah polisakarida linier yang dibentuk dari unit anhidroglukosa yang berhubungan satu sama lain dengan ikatan 1-4 beta glukosidik dan mempunyai struktur yang rapi. Selulosa berfungsi sebagai kerangka dan memberikan kekuatan pada batang atau kayu.

Hemiselulosa merupakan polisakarida non-selulosa yang disusun oleh molekul heksosa, pentosa, asam uronik dan turunannya. Fungsi dari hemiselulosa tidak sejelas selulosa, namun keberadaannya bersama-sama selulosa di dalam dinding sekunder sel kayu. Karbohidrat lain yang terdiri dari atas tepung dan pektin (zat warna). Tepung dibagi menjadi dua yaitu amilosa (rantai lurus) dan amilopektin (rantai bercabang) yang disusun oleh molekul  $\alpha$  - D unit glukopiranososa, sedangkan pektin disusun oleh molekul pentosa dan asam uronik.

Lignin merupakan suatu zat dengan struktur polimer yang rumit dengan berat molekul tinggi. Molekul penyusun lignin terdiri atas unit-unit fenil propana. Fenil propana membentuk tiga molekul yaitu koniferil, sinapin dan p-kumar aldehida. Persentase lignin antara kayu daun jarum dan daun lebar sangat berbeda, begitu pula antara daerah temperit dan tropis juga menunjukkan perbedaan yang jelas.

Zat ekstraktif terdiri atas sejumlah besar senyawa organik. Zat ekstraktif dapat dikeluarkan melalui proses ekstraksi dengan pelarut organik dan air. Beberapa zat ekstraktif seperti damar, terpentin, kofal, gondorukem, tannin dan lain-lain. Zat ekstraktif juga sangat bervariasi tergantung jenis kayu (faktor genetik) dan faktor luar seperti tempat tumbuh, iklim dan lain-lain.

Abu terdiri dari komponen dan unsur anorganik seperti karbonat, silikat, natrium, mangan dan lain-lain dalam jumlah yang relatif kecil.

## **2.2 Pemanfaatan Komponen kimia kayu**

Kayu bisa dengan cara sederhana atau minimal dalam perlakuan pemotongan kayu bulat yang digunakan untuk tiang listrik dan lantai jembatan. Di lain pihak, melalui proses konversi panas dan kimia yang cukup kompleks maka produk yang sangat bervariasi bisa diwujudkan dari arang sampai produk

berbasis nanoselulosa. Kayu merupakan bahan organik yang dihasilkan dari proses fotosintesis. Melalui metabolisme primer maupun sekunder, terjadi proses pembentukan sel-sel kayu. Secara kimiawi sel-sel kayu bisa dibedakan antara komponen primer kayu yaitu penyusun dinding sel kayu dan komponen sekunder yaitu zat yang bukan penyusun dinding sel kayu.

Komponen primer penyusun kayu terdiri dari fraksi gula berupa selulosa dan hemiselulosa dan fraksi aromatik berupa lignin. Ketiga komponen ini membentuk matriks atau saling berikatan secara kimia sehingga tidak terlihat bentuk asli komponen tersebut, serta membentuk kayu yang seperti kita lihat dalam keseharian (Fengel & Wegener, 1984). Komponen sekunder terdiri dari zat ekstraktif dan zat anorganik. Pemanfaatan komponen selulosa akan dibahas lebih mendalam di sini karena nilai produksinya yang tinggi di Indonesia demikian sebaliknya untuk pemanfaatan zat anorganik.

### **2.2.1 Pemanfaatan Selulosa**

Selulosa merupakan bahan organik yang paling melimpah di dunia dan ditemukan di tumbuhan tingkat rendah seperti jamur atau bagian pohon bukan kayu seperti daun dan bahkan ditemukan di beberapa spesies hewan. Selulosa yang merupakan polimer dari monosakarida glukosa ini ditemukan dalam kondisi

yang terisolasi seperti di biji kapas atau dalam bentuk terikat seperti di dalam kayu (Rowell et al., 2005). Kadar selulosa di dalam kayu berkisar antara 40–50% dan bervariasi menurut spesiesnya, hal ini dikarenakan selulosa mempunyai polimer yang panjang dan lurus, maka selulosa berperan besar memberi kekuatan pada kayu.

### **1) Pulp dan Kertas**

Di Indonesia, pemanfaatan selulosa secara masif adalah dalam bentuk pulp dan kertas. Kayu dari spesies cepat tumbuh seperti *Acacia* spp. dan *Eucalyptus* spp. telah dikembangkan di Indonesia melalui Hutan Tanaman Industri (HTI) untuk memasok bahan baku pulp dan kertas serat pendek. Pemenuhan kebutuhan pulp serat panjang sayangnya masih harus diimpor. Kapasitas nasional terpasang tahun 2020, industri pulp 11,72 juta ton/tahun (posisi terbesar nomor 8 di dunia) dan industri kertas 17,76 juta ton/tahun (posisi terbesar nomor 6 di dunia) (Direktorat Industri Hasil Hutan dan Perkebunan). Sebagai perbandingan kapasitas terpasang industri kertas di 2014 adalah 15,3 juta ton/tahun atau ada kenaikan sekitar 2,5 juta ton/tahun selama 6 tahun. Hampir semua jenis kertas sudah dapat diproduksi di dalam negeri (termasuk kertas uang).

Kontribusi industri pulp dan kertas dalam sektor perekonomian nasional adalah total ekspor

senilai US\$7,15 miliar (5,7% terhadap ekspor nonmigas) atau menyumbang 3,95% PDB industri pengolahan (nonmigas) di tahun 2019. Produksi kertas diperkirakan masih akan meningkat mengingat konsumsi kertas di Indonesia relatif rendah bahkan dalam lingkup ASEAN. Dalam sejarahnya, bahan baku pulp dan kertas didominasi oleh bahan baku bukan kayu.

Setelah ditemukan proses batu gerinda (*stone-ground wood*) di 1840 di Jerman, maka kayu menjadi bahan baku utama sampai sekarang (Fengel & Wegener, 1984). Di tahun 1879, ditemukan proses kraft atau sulfat dengan bahan kimia sodium hidroksida (NaOH) dan sodium sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) yang merupakan penguraian serat secara kimiawi dengan hasil kertas yang lebih kuat. Sampai saat ini pulp sulfat masih mendominasi atau sekitar 2/3 produksi pulp kimia di dunia termasuk di Indonesia. Sebelumnya pengolahan kertas dimulai dari Padalarang dengan bahan baku merang berkapasitas 8 ton/hari pada tahun 1922. Selanjutnya didirikan Pabrik Kertas Leces di Probolinggo di 1939 (Haroen, 2016).

Pulp juga menjadi bahan dasar pembuatan papan serat, khususnya pulp dari proses semi-mekanis (Shmulsky & Jones, 2011). Papan serat telah menjadi komoditas penting dari papan komposit sebagai pengganti kayu solid yang pasokannya semakin

berkurang sehingga produk akhirnya menjadi lebih mahal. Di tahun 1945, dikembangkan proses kering dalam pembentukan cetakannya dengan produk salah satunya adalah *medium density fiberboard* (MDF). Pemakaian MDF (kerapatan antara 0,6–0,8) cukup bervariasi baik untuk interior atau eksterior dan utamanya dipakai sebagai inti atau bagian tengah furnitur (Berglund & Rowell, 2005).

Produksi papan serat di Indonesia mencapai 501.359,57 m<sup>3</sup> di tahun 2019 (BPS, 2020) atau meningkat sekitar 4,4 kali lipat apabila dibandingkan produksi di tahun 2016 yaitu 113.697,43 m<sup>3</sup> (BPS, 2017). Selain produk pulp dan kertas, selulosa bisa diolah menjadi derivat-derivatnya dengan substitusi gugus hidroksil dengan proses esterifikasi maupun eterifikasi (Fengel & Wegener, 1984). Proses derivatisasi ini bertujuan mengubah sifat selulosa secara drastis sehingga dapat digunakan untuk produk pakaian, bahan peledak, makanan, sampai aplikasi teknologi tinggi atau nano-selulosa (Gellerstedt, 2009).

## **2) Rayon Viskosa**

Produk derivat selulosa yang cukup luas penggunaannya adalah rayon viskosa atau benang rayon untuk bahan tekstil. Sebelumnya, bahan baku pakaian kebanyakan berasal dari serat ulat sutra atau wol yang relatif mahal. Secara teknis, rayon viskosa berasal dari pulp pelarutan. Proses yang umum

dipakai untuk penghilangan hemiselulosa ini adalah *pre-hydrolysis kraft* (PHK). Pulp tersebut kemudian direndam dalam alkali dan karbon disulfida untuk dilarutkan dan terbentuk kembali (*regenerated cellulose*) dalam bentuk yang bisa dipintal. Rayon memiliki karakteristik yang spesifik, yakni nyaman, enak dipakai dibandingkan tekstil dari serat polyester.



Gambar 2.2 Rayon viskosa

Di Indonesia, setelah bertahun-tahun mengimpor, mulai 2019 sudah dapat diproduksi pulp pelarutan untuk keperluan pembuatan rayon/tekstil di dalam negeri dengan kapasitas 990.000 ton untuk pulp pelarutan dan 856.000 ton untuk rayon viskosa. Sebagai negara dengan jumlah penduduk yang besar, maka keperluan sandang harus dicukupi karena merupakan kebutuhan primer rakyat Indonesia.

### 3) Bioetanol

Di luar selulosa menjadi produk kertas atau rayon viskosa, potensi di masa depan adalah pengembangan menjadi produk bioetanol. Produksi bioetanol menjadi penting sebagai pengganti bahan

bakar fosil yang diperkirakan semakin menipis di Indonesia. Di beberapa negara lain sudah dikembangkan secara massal. Secara umum bahan kayu yang merupakan bahan baku generasi kedua ini kurang menguntungkan dari segi proses dibandingkan dengan bahan baku generasi pertama yang berpati (misalnya jagung dan kentang) atau bergula (misalnya tebu).

Penggunaan bahan baku generasi pertama untuk bioetanol yang berkompetisi dengan kebutuhan pangan ini juga mengundang kontroversi sehingga FAO menyatakan moratorium biofuel dari bahan makanan di tahun 2007. Secara teknis, bahan baku kayu memerlukan tambahan proses dibanding bahan generasi pertama karena sifat matriks kayu yang mengandung lignin. Tambahan proses itu adalah praperlakuan (*pretreatment*) yang bertujuan untuk penghilangan lignin, pengurangan derajat kristalinitas selulosa, dan peningkatan luas permukaan selulosa yang dapat dijangkau oleh materi penghidrolisis.

Beberapa jenis praperlakuan adalah secara fisika, biologi, kimia, dan kombinasi (Williamson, 2006). Para ilmuwan masih bekerja keras untuk mendapatkan enzim yang murah dan teknologi rekombinasi yang baru yang lebih efisien (Lucia, 2008). Di samping itu, turunnya harga minyak di dunia juga memperlambat pengembangan di sektor ini.

#### 4) Nanoselulosa

Produk yang sedang dikembangkan di Indonesia lainnya dari selulosa berupa derivat nanoselulosa. Sejak keberhasilan isolasi nanofibril dari pulp kayu pada level komponen tunggal di 2006 maka penelitian nanoselulosa menjadi *booming*. Nanoselulosa didefinisikan bahan nano selulosa alam yang mencakup selulosa nanofibrilasi (*nanofibrillated cellulose/NFC*) dan nanokristal selulosa (*cellulose nanocrystal/CNC*) (Uetani & Kitaoka, 2021).

Banyak bahan komposit yang telah dikembangkan karena sifat fisiknya yang mengagumkan seperti kekuatan yang tinggi dan koefisien ekspansi termalnya yang rendah. Lembaran nanoselulosa yang tipis dan transparan juga telah dikembangkan yang dikenal kertas nano (*nanopaper*). Meski demikian, penggunaan nanoselulosa ini menghadapi kompetisi secara terus-menerus dari bahan berbasis plastik.

#### 2.2.2 Pemanfaatan Hemiselulosa

Komponen gula selain selulosa yang menyusun sel kayu adalah hemiselulosa atau poliosa. Perbedaan utama dengan selulosa yang mana hemiselulosa merupakan polimer rantai pendek dan bercabang dengan penyusun monosakarida yang berbeda-beda, yaitu glukosa, galaktosa, manosa, xylosa, dan

arabinosa (Sjostorm, 1993). Sama halnya dengan selulosa, peran hemiselulosa dalam kayu adalah untuk memberi kekuatan serta sifat higroskopis karena sifat hemiselulosa yang amorf. Kadar hemiselulosa berkisar antara 15–35%, di mana kayu daun lebar mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan kayu daun jarum.

Pemanfaatan hemiselulosa masih terbatas di Indonesia. Secara teknis, pemanfaatan hemiselulosa adalah dalam bentuk polimer yaitu menjadi zat aditif pembuatan kertas dan dalam bentuk monosakarida setelah mengalami proses hidrolisis. Dari fraksi xylosa, melalui perlakuan asam maka diperoleh produk furfural yang merupakan produk antara untuk menghasilkan zat kimia berguna lainnya, seperti furan, furfural alkohol, asam karbonat furan, resin furan, asam maleat, dan lain-lain (Fengel & Wegener, 1984). Tantangan mendatang bagi pengembangan furan dengan bahan baku kayu melalui proses yang efektif dan efisien.

### **2.2.3 Lignin**

Lignin adalah polimer tiga dimensi yang tersusun dari monomer berupa fenilpropana dan dibentuk melalui jalur asam sikimat (Sjostorm, 1993). Lignin merupakan komponen organik kedua di alam yang paling banyak setelah selulosa. Berbeda dengan polimer gula, lignin bersifat hidrofob, mudah teroksidasi dengan struktur yang paling kompleks

dibandingkan polimer alam lainnya. Kadar lignin berkisar 18–35% di mana persentasenya lebih tinggi di kayu daun jarum dibandingkan kayu daun lebar. Peran lignin dalam kayu adalah memberi kekakuan, pengikatan antarsel, memberi sifat kedap air, dan sebagai penghalang serangan mikroorganisme (Henriksson, 2005).

Pemanfaatan lignin dapat digolongkan menjadi empat kelompok, yaitu :

1. Komponen sisa dari proses *pulping*
2. Bahan bakar
3. Produk polimer
4. Bahan-bahan kimia berat molekul rendah

Di Indonesia, dengan banyaknya pabrik pulp sulfat skala besar, lignin hasil pelarutan secara kimia di lindi hitam setelah melalui evaporasi dan kondensasi dapat dimanfaatkan sebagai penghasil panas dan listrik untuk proses pemasakan chip kayu dalam digester. Secara teknis, lignin memiliki nilai kalor yang relatif tinggi (23,4 MJ/kg) dibandingkan komponen gula di sel kayu (Shmulsky & Jones, 2011). Kontribusi lignin dalam lindi hitam sebesar 65% sebagai energi sedangkan sisanya berasal dari pembakaran kulit, listrik, dan bahan bakar fosil (Brannvall, 2009).

Sebagai bahan bakar di luar komponen sisa proses *pulping* dan melalui proses pirolisis atau pembakaran dengan oksigen terbatas, lignin kayu akan

terkonversi menjadi arang disertai produk tambahan lainnya yaitu asap cair, ter, dan gas-gas (Williamson, 2006). Arang masih menjadi bahan bakar yang populer di Indonesia di samping bahan bakar minyak bumi, kayu bakar, dan biomassa lainnya. Secara tradisional, arang diproduksi dengan metode tungku lubang tanah selama 3–5 hari dengan bahan baku berupa limbah tebangan. Nilai tambah lebih tinggi telah dilakukan dengan pembuatan arang aktif atau karbon aktif melalui proses aktivasi secara kimia maupun fisik pada arang.

Produk pirolisis lainnya berupa asap cair atau asam pirolignis atau cuka kayu yang mengandung asam cuka dan metanol, sedangkan sisanya adalah air (80–90%) (Komarayati et al., 2018). Kegunaan asap cair antara lain sebagai pengharum makanan, penghilangan racun, penyembuhan sakit ringan, dan medium sterilisasi. Produk penyerta lainnya adalah ter kayu yang merupakan cairan hitam kental dihasilkan dari proses pirolisis kayu. Ter kayu mengandung banyak hidrokarbon siklis dengan bermacam-macam berat molekul. Dalam pemanfaatannya, ter kayu digunakan untuk mengawetkan kayu dari pembusukan jamur terutama pada industri perkapalan.

## 2.2.4 Pemanfaatan Ekstraktif

Ekstraktif sebagai komponen sekunder kayu didefinisikan sebagai zat diekstraksi dengan pelarut organik netral (polar dan non polar). Ekstraktif merupakan produk metabolit sekunder dengan komponen berat molekul rendah yang sangat bervariasi antarbagian pohon. Ekstraktif kayu dapat mencapai 20% dari berat kering kayu dan jumlahnya dipengaruhi letak dan bagian di pohon serta faktor eksternal lainnya seperti spesies dan lingkungan (Sjostorm, 1993).

Komponen ekstraktif bisa digolongkan dalam kelompok terpena, fenolat, gula, lemak-lilin dan komponen lainnya (Fengel & Wegener, 1984). Meskipun dalam jumlah yang relatif kecil, ekstraktif kayu berpengaruh terhadap fisik kayu seperti warna, kerapatan, kembang susut, nilai kalor, higroskopisitas, keawetan alami, kekuatan kayu, dan lain-lain. Selain itu, ekstraktif juga berpengaruh terhadap proses pengeringan, pengawetan, perekatan, *finishing*, dan lain-lain. Pemanfaatan ekstraktif kayu bisa dikelompokkan sebagai HHBK seperti dari kelompok getah, minyak atsiri, dan ekstrak lainnya.

### 1. Getah

Pemanfaatan komersial dari eksudat pohon berupa getah yang secara teknis digolongkan menjadi tiga, yaitu resin, gom, dan lateks. Klasifikasi tersebut

didasarkan komponen kimia, kelarutan dalam air, dan sel penghasilnya (Langenheim, 2003).

#### **a. Getah Pinus dan Kopal**

Getah *Pinus merkusii* diperoleh produk gondorukem dan minyak terpentin melalui proses distilasi uap. Indonesia, melalui Perhutani mempunyai kapasitas produksi gondorukem dan terpentin dengan produksi sekitar 90.000 ton per tahun dan luas area 877.330 ha. Penjualan di tahun 2018 adalah 62.903 ton gondorukem dan 10.040 ton untuk minyak terpentin (Perhutani, 2019). Terpentin bahkan telah diekspor sebelum zaman kemerdekaan Republik Indonesia (Soepardi, 1956). Indonesia merupakan penghasil gondorukem ketiga terbesar di dunia setelah Tiongkok dan Brazil. Gondorukem yang didominasi senyawa diterpena banyak digunakan campuran sabun, pengisi kertas, tinta, perekat, vernis, dan lain-lain.

Keunggulan gondorukem dari Indonesia adalah lebih lengket, tahan panas, dan beraroma. Proses derivatisasi gondorukem dilakukan untuk menghasilkan produk yang bervariasi. Proses tersebut antara lain proses hidrogenasi (perekat, makanan, farmasi), polimerisasi (tinta tulis, pelapis kabel), disproporsionasi (karet) dan maleasi (zat pengisi kertas). Minyak terpentin masuk dalam klasifikasi minyak atsiri didominasi oleh monoterpena, khususnya alfa-pinena yang derivatnya banyak

digunakan untuk pelarut, pengharum, resin politerpena, dan lain-lain.

Getah kopal manila dihasilkan dari pohon damar khususnya genus *agathis*. Kopal banyak digunakan untuk bahan campuran cat, arpus, politur, kosmetik, dan kemenyan. Indonesia sebagai negara produsen kopal mengeksport hingga mencapai 80% lebih dari total produksi kopal dunia. Getah kopal telah diekspor sejak masa kolonial yaitu sebesar 28.475 ton di 1939 (Soepardi, 1956). Produksi kopal rata-rata 2.964 ton per tahun dalam kurun waktu 2014–2018 (BPS, 2019) dari tegakan Perhutani. Komponen utama dari kopal adalah senyawa diterpena tipe labdana yaitu asam komunat yang berpolimerisasi menjadi asam polikomunat (Langenheim, 2003). Selain diterpena, derivat monoterpena alkohol dan seskuiterpena juga terdeteksi di kopal *Agathis borneensis* (Lukmandaru & Hidayah, 2017).

## LEMBAR KERJA MAHASISWA

Fase

1

Menginvestigasi Dan Mencari  
Pemecahan Masalah

Baca dan Analisis wacana berikut:

*Green chemistry* adalah suatu metode baru untuk mengurangi bahaya bahan kimia, disamping memproduksi produk dengan cara yang lebih efisien dan lebih hemat. Menurut Anastas dan Tracy C (1996), *green chemistry* adalah penggunaan teknik dan metode secara kimia untuk mengurangi atau mengeliminasi penggunaan bahan dasar, produk, produk samping, pelarut, pereaksi, yang berbahaya bagi kesehatan manusia masalah lingkungan. Dengan demikian tujuan *green chemistry* adalah untuk mencegah atau mengurangi atau lingkungan. Sedangkan Menurut Sanghi (2003), *green chemistry* merupakan bagian yang esensial dalam program yang komprehensif untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan. Secara umum *green chemistry* berhubungan dengan hal-hal untuk meminimalkan buangan pada sumbernya, pemakaian katalisator dalam reaksi, penggunaan pereaksi (*reagents*) yang tidak berbahaya, penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui, peningkatan

efisiensi ekonomi, pelarut yang ramah lingkungan serta dapat didaur ulang.

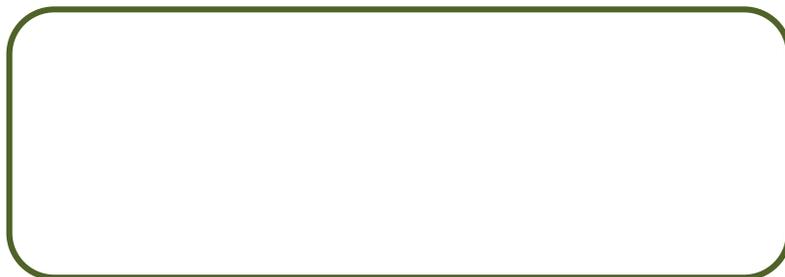
*Green chemistry* merupakan kajian di bidang kimia yang relatif baru yang memfokuskan kajiannya pada penerapan sejumlah prinsip kimia dalam merancang menggunakan atau memproduksi bahan kimia untuk mengurangi pemakaian atau produksi bahan berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan makhluk hidup dan pelestarian lingkungan. Alasan utama diperlukannya kimia hijau yaitu polutan tersebut hampir bisa ditemukan di semua aspek kehidupan yang berkaitan dengan produk kimia. Perkembangan produk kimia sudah memicu masalah baru bagi lingkungan dan kesehatan, beserta efek-efek lain yang belum sepenuhnya terungkap (Nurbaity, 2011).

## Fase

### 2

## Menjawab dan Memecahkan Masalah

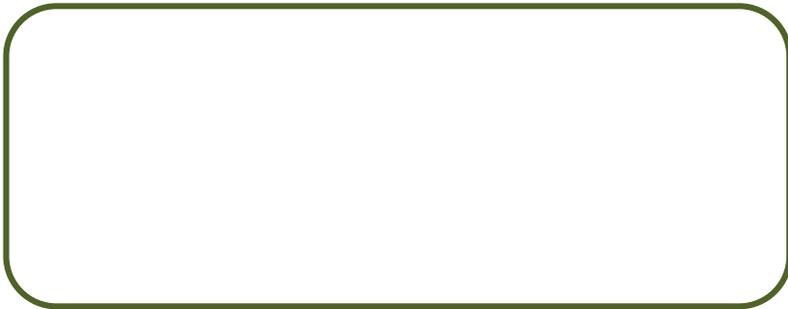
Berdasarkan wacana tersebut, silakan jawab dan pecahkan masalahnya sesuai dengan konsep yang telah dipelajari.



**Fase  
3**

**Menginvestigasi dan Menganalisis  
Tugas Proyek**

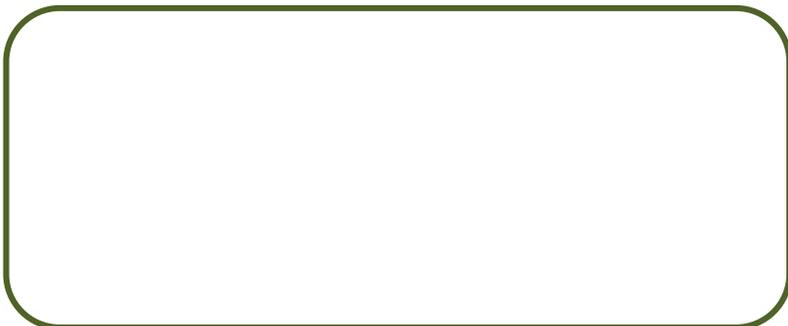
Berdasarkan hasil dari investigasi, silakan analisis menjawab dan memecahkan masalah tersebut sesuai dengan konsep yang telah dipelajari.



**Fase  
4**

**Menyusun Jadwal**

Berdasarkan project yang akan dibuat, silakan menyusun jadwal dalam pembuatan proyek tersebut.



**Fase****5****Memonitor Mahasiswa dalam  
Pembuatan Proyek**

Dosen memantau mahasiswa dan menilai perkembangan dari kemajuan proyek yang dibuat.

**Fase****6****Penilaian dan Evaluasi**

Dosen memberikan penilaian dan evaluasi dari hasil proyek yang sudah dibuat mahasiswa.



## Rangkuman

Kayu tersusun dari unsur kimia organik tertentu. Sebagai gambaran secara umum, bahan kayu disusun oleh unsur Karbon (C) sebesar 50%, oksigen (O) sebesar 44%, hidrogen (H) sebesar 6% dan adakalanya disusun oleh sedikit nitrogen. Komponen kimia kayu yang terpenting antara lain selulosa, hemiselulosa, karbohidrat lain, lignin, zat ekstraktif, kadar abu dan mineral. Komponen kimia kayu ini berasosiasi di dalam sel kayu. Sel kayu juga terbagi-bagi menjadi beberapa bagian seperti inti sel, dinding primer, dinding sekunder, saluran damar, lamela tengah dan bagian lainnya.

## Tes Formatif

Untuk menguji pemahaman tentang materi yang diberikan, maka jawablah beberapa pertanyaan berikut:

1. Selulosa merupakan komponen utama yang berperan penting dalam membentuk struktur dan kualitas kertas. Ketika kayu diuraikan dan diproses dalam pembuatan kertas, selulosa dipisahkan dari komponen kayu lainnya. Selulosa yang dihasilkan kemudian dicampur dengan air dan seringkali

bahan tambahan seperti tinta atau pengisi untuk membentuk bubur kertas sehingga menjadikannya komponen kunci dalam pembuatan produk kertas berkualitas. Jelaskan sifat-sifat penting pada selulosa yang membuatnya menjadi bahan yang ideal untuk pembuatan kertas. Bagaimana sifat selulosa mempengaruhi karakteristik kertas yang dihasilkan?

2. Produk derivat selulosa yang cukup luas penggunaannya adalah rayon viskosa atau benang rayon. Rayon viskosa merupakan salah satu jenis serat buatan yang memiliki peran penting dalam industri tekstil seperti pakaian dan kebutuhan rumah tangga. Mengapa rayon viskosa lebih sering digunakan dalam industri tekstil dan apa keunggulan dari serat jenis ini?
3. Penggunaan nanoselulosa dalam pengembangan bahan komposit yang lebih kuat dan ringan merupakan salah satu contoh nyata bagaimana teknologi nanomaterial dapat menghasilkan bahan dengan sifat-sifat yang lebih unggul. Bagaimana nanoselulosa digunakan dalam pengembangan bahan komposit yang lebih kuat dan ringan?
4. Senyawa ekstraktif merupakan produk metabolit sekunder dengan komponen berat molekul rendah yang sangat bervariasi antarbagian pohon. Ekstraktif kayu dapat mencapai 20% dari berat

kering kayu dan jumlahnya dipengaruhi letak dan bagian di pohon serta faktor eksternal lainnya. Mengapa hal tersebut berbeda-beda?

5. Sebagian besar hutan hujan tropis di Asia Tenggara, ditumbuhi beraneka ragam jenis tumbuhan salah satunya pohon damar (*Agathis dammara Lamb*). Pohon damar dapat menghasilkan getah kopal yang diperoleh dari proses penyadapan. Getah ini telah digunakan dalam berbagai bahan baku industri. Apa saja kegunaan dari getah kopal dalam bidang industri?

# BAB III

## TERDAPAT DAN KOMPONEN KIMIA KAYU

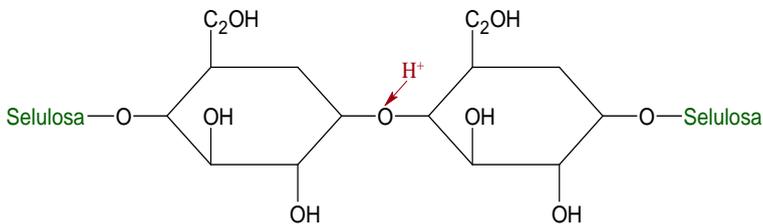
### 3.1 Terdapatnya Selulosa

Selulosa merupakan salah satu zat organik yang berlimpah di dunia, yang terbentuk di dalam dunia tumbuh-tumbuhan. Selulosa membentuk komponen pokok dinding sel dan membentuk mikrofibril. Mikrofibril mempunyai komposisi yang agak panjang dari molekul selulosa yang tersusun kurang paralel atau lebih satu sama lainnya. Di dalam alam tumbuh-tumbuhan seringkali selulosa ditemukan bersatu dengan hemiselulosa dan lignin, tetapi untuk serat katun (kapas), hampir semuanya merupakan selulosa murni. Oleh sebab itu secara teknik sangat penting dan memerlukan pertimbangan khusus. Secara keseluruhan jumlah persediaan selulosa di dunia diperkirakan lebih dari 1011 ton yaitu sekitar 80% terdapat di hutan.

#### a. Struktur Kimia Selulosa

Pada permulaan abad ini, selulosa sebagai komponen dinding sel, telah memberikan satu rumus dasar yaitu  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , yang mana sejumlah besar unit glukosa dikombinasikan dengan satu rantai, pada akhirnya secara erat membentuk satu lingkaran. Tetapi

setelah itu, suatu penelitian menunjukkan bahwa selulosa adalah makro molekul yang linier dibentuk dari unit anhidro- $\beta$ -glukopiranos. Rantai selulosa memiliki 700 hingga 2000 unit glukosa. Unit-unit anhidrid glukosa saling bersambungan membentuk polimer berantai panjang yaitu selulosa dengan unit glukosa 500 – 10.000. Molekul selulosa yang panjang memiliki panjang kira-kira 5 mikron (1/2000 cm). Selulosa adalah homopolisakarida yang tersusun oleh unit-unit  $\beta$ -D-glukopiranos yang saling berikatan membentuk rantai lurus dengan ikatan glukosidik (1 $\rightarrow$ 4). Molekul selulosa berupa rantai lurus dan dengan ikatan hidrogen yang mempunyai peranan penting dalam membentuk ikatan antar molekul.

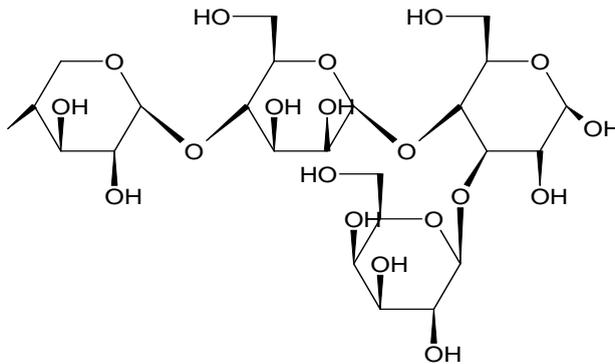


Gambar 3.1 Struktur kimia selulosa

### 3.2 Terdapatnya Hemiselulosa Struktur Submikroskopik dan Sifat Fisik Hemiselulosa

Hemiselulosa terdiri atas banyak jenis gula sehingga seringkali juga disebut heteropolisakarida. Rantai polimernya bercabang, relatif pendek dengan derajat polimerisasi antara 100-200. Akibatnya hemiselulosa lebih mudah larut dalam kebanyakan

pelarut organik dibandingkan selulosa. Kandungan hemiselulosa dalam kayu berkisar antara 20-30 %. Berlawanan dengan selulosa, hemiselulosa tidak mampu membentuk daerah kristalin, menurut struktur kimianya yang bercabang. Disamping itu, pada semua kemungkinan terdapat ikatan kimia antara gugus -OH glukosidik hemiselulosa dan gugus -OH pada C -  $\alpha$  dalam rantai cabang lignin.



Gambar 3.2 Struktur kimia hemiselulosa

### 3.2.1 Hemiselulosa kayu daun lebar

Dua prinsip hemiselulosa pada kayu angiospermae adalah O-Asetil-4-Ometil- glukuronoxilan dan glukomannan. Xilan merupakan hemiselulosa yang dominan untuk semua kayu daun lebar.

#### 1. O-asetil 4-O-metil glukoronoxilan

Polisakarida ini dapat diisolasi melalui ekstraksi langsung antara kayu dan KOH dan diperoleh hasil 80-

90%, sementara isolasi dengan NaOH menyebabkan hasilnya akan berkurang. 10-20% Xilan yang tersisa dalam kayu kemungkinan tidak mampu terdifusi keluar dari dinding sel (Kollmann, 1968).

Polisakarida ini terdiri dari kerangka ikatan 1→ 4 yang merupakan residu β-D ksilopiranosida. Beberapa diantaranya merupakan ikatan langsung rantai sisi residu 4-O-Metil-α-D-Asam glukoronik pada dua posisi. Kebanyakan kayu daun lebar berisi xilan dengan sepuluh residu xilosa setiap rantai sisi asam. Seperti halnya selulosa, sebagian 4-O-Metil glukoronoxilan merupakan daerah kristalin dan dapat diperoleh dalam bentuk kristal tunggal.

## 2. Glukomannan

Xilan dapat dipisahkan melalui ekstraksi kayu daun lebar dengan KOH. Sisa glukomannan dapat dipisahkan dari selulosa dengan perlakuan larutan NaOH yang mengandung boraks dan dapat larut di dalam larutan tersebut. Polisakarida ini terdiri dari β-D-glukopiranosida yang tersebar secara acak dan β-D-mannopiranosida residu terikat bersama-sama dengan 1 → 4 ikatan glukosidik. Perbandingan antara glukosa dan mannosida biasanya 1 : 2, tetapi pada kayu Betula perbandingannya adalah 1 : 1, glukomannan lebih cepat terdepolimerisasi dengan asam daripada

selulosa, dan juga lebih mudah terdegradasi dengan alkali.

### **3.2.2 Hemiselulosa pada Kayu Daun Jarum**

Pada dinding sel sekunder, kayu daun jarum mempunyai kadar lignin yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu daun lebar. Oleh karena itu tidak seperti halnya kayu daun lebar, kayu daun jarum ketika direaksikan dengan alkali tidak menunjukkan adanya perubahan. Untuk isolasi hemiselulosa kayu daun jarum, biasanya lignin dieliminasi dengan asam klorida (HCl) dan menghasilkan holoselulosa, sementara hasil ekstraksi dengan Kalium hidroksida memberikan hasil suatu campuran dari dua hemiselulosa yaitu arabino 4-O-metil glukoronoxilan dan galaktoglukomannan.

### **3.3 Oligosakarida Lain Dari Kayu**

#### **3.3.1 Pektin**

Pektin terbentuk hanya selama tahap pengembangan sel dan lebih banyak terdapat pada kulit kayu dibandingkan pada kayu itu sendiri. Jumlah pektin dalam kayu kira-kira 1% sampai 3% yang mendominasi dalam sel-sel muda. Umumnya jumlah pektin pada angiospermae lebih tinggi daripada gimnospermae. Pada hidrolisa biasanya pektin membentuk asam galakturonik dan sedikit jumlah arabinosa dan galaktosa. Secara garis besar struktur

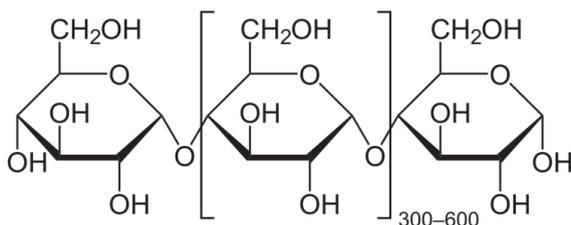
pektin belum diketahui. Berdasarkan persepsi baru, larix arabinogalaktan termasuk ke dalam pektin.

### 3.3.2 Kanji/Starch

Kanji mendominasi dalam angiospermae daun jarum dan ini merupakan persediaan utama polisakarida untuk sebuah pohon. Kanji terdiri dari dua komponen yaitu amilosa dan amilopektin.

#### 3.3.3 Amilosa

Amilosa terdiri dari rantai panjang  $\alpha$ -D-residu glukopiranososa yang dihubungkan dengan ikatan glukosidik antara atom C-1 dan atom C-4.



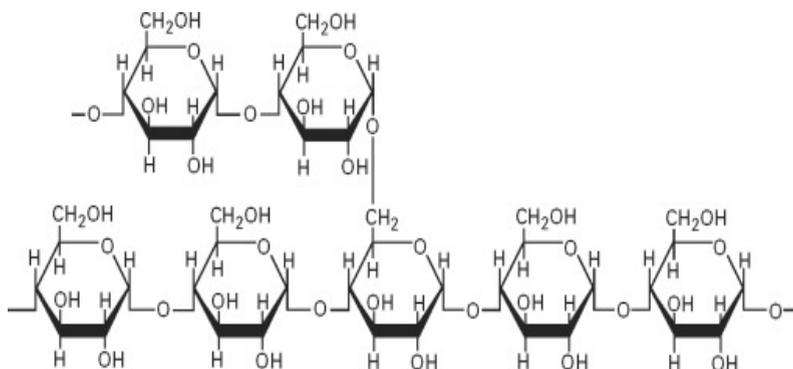
Gambar 3.3 Struktur amilosa

Berat molekul amilosa antara 50.000 dan 160.000 dan amilosa larut air dalam bentuk koloidal. Reaksi iodida dengan kanji digunakan untuk mengidentifikasi amilosa, yang berubah menjadi biru setelah perlakuan dengan iodida.

#### 3.3.4 Amilopektin

Amilopektin terdiri dari rantai-rantai bercabang  $\alpha$ -D-residu glukopiranososa. Ada dua macam hubungan antara unit-unit amilopektin, yaitu:

- (1→4) antara atom C-1 dan C-4 dalam rantai linier
- (1→6) antara atom C-1 pada rantai-rantai cabang dan atom C-6 pada rantai-rantai linier



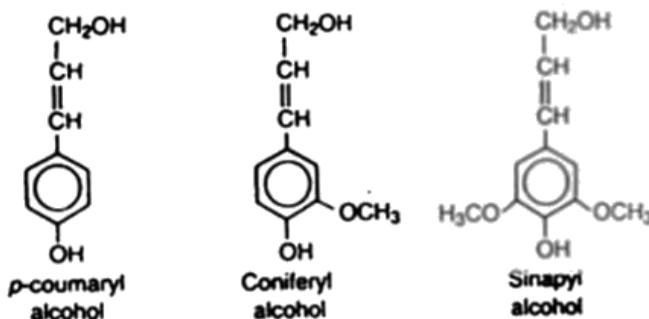
Gambar 3.4 Struktur amilopektin

### 3.3.5 Lignin

Lignin ditemukan hampir di dalam semua tanaman, baik pada lumut, gimnospermae maupun angiospermae. Namun pada bakteri, algae dan fungsi/jamur tidak mengandung lignin. Lignin dalam tumbuhan merupakan substansi yang tidak larut. Isolasi lignin dari kayu telah menarik perhatian peneliti sejak lama. Untuk penentuan kuantitas lignin dalam kayu, selulosa dan hemiselulosa didegradasi melalui metode hidrolisis menggunakan asam sulfat kuat yang diperlakukan terhadap molekul gula yang rendah dan sisanya residu coklat tua ditetapkan sebagai lignin. Seperti diketahui lignin dalam literatur adalah sebagai *Lignin Klason*. Untuk Pemisahan/isolasi

lignin dari kayu dapat menggunakan asam klorida (HCl) berkonsentrasi tinggi, yang dikenal dalam literatur sebagai lignin *Willsätter*.

Komponen-komponen dasar lignin terdiri dari sinapin-alkohol, koniferilalkohol dan p-kumaralkohol, merupakan turunan dari fenil propana. Sinapin alkohol, koniferil alkohol, dan p-kumaralkohol merupakan turunan propil alkohol yang masing-masing berhubungan dengan radikal siringil, guaisil dan 4-hidroksifenil. Komponen-komponen ini kurang larut dalam air, sehingga di dalam tanaman, komponen tersebut terdapat dalam bentuk glukosida yang larut dalam air dan juga dapat berpindah-pindah didalam tanaman tersebut. Glukosida dari ketiga alkohol ini disebut siringil, koniferin dan p-kumar-glukosida. Pada tempat-tempat dimana lignin terbentuk, alkohol glukosida dari ketiga alkohol ini disebut siringil, koniferin dan p-kumar-glukosida.



Gambar 3.5 Unit dasar pembentuk lignin

Pada tempat-tempat dimana lignin terbentuk, alkohol ini berpindah ke komponen lignin (sinapinalkohol), koniferilalkohol, dan p-kumaralkohol) dengan bantuan/ melalui  $\beta$ -glukosidase.

Menurut Wenzel (1970), lignin kayu konifer semata-mata hanya terdiri dari unit-unit quaiacilpropil, dimana lignin kayu deciduous sebagian berisi quaiacil dan siringilpropil. Namun, dalam penyesuaiannya dengan sumber-sumber lain, unit-unit siringil ditemukan juga dalam lignin kayu koniferus.

### 3.4 Ekstraktif Kayu

Ekstraktif kayu dapat diekstraksi dengan bahan-bahan pelarut organik atau dengan air. Diantaranya adalah senyawa-senyawa alifatik, aromatik dan alisiklik, hidrokarbon, alkohol, keton dan bermacam-macam tipe asam, ester dan senyawa-senyawa fenolik. Selanjutnya sterol, tannin, minyak-minyak tal, resin, bahan pewarna, lignan, protein, lilin dan beberapa alkaloid ditemukan dalam ekstraktif kayu.

Kebanyakan ekstraktif terdapat dalam kayu teras. Senyawa-senyawa yang bersifat racun terdapat diantara ekstraktif kayu, sehingga menyebabkan kayu teras menjadi relatif tahan terhadap serangan mikroorganisme yang merusak kayu. Contohnya pada kayu jati (*Tectona grandis*) merupakan kayu yang

sangat tahan terhadap serangan mikroorganisme karena mengandung ekstraktif Tectochinon, demikian pula halnya dengan kayu ulin (*Eusyderoxylon zwageri*) yang mengandung ekstraktif eusiderin dan jenis kayu lainnya. Beberapa ekstraktif kayu menyebabkan kayu teras berwarna gelap.

Menurut Kollmann (1968) unsur-unsur anorganik (abu) juga terkandung dalam ekstraktif kayu. Namun tidak dapat dikeluarkan dari kayu dengan cara ekstraksi menggunakan bahan pelarut organik, karena pelarut organik tidak dapat melarutkan unsur-unsur anorganik. Adapun pengaruh-pengaruh positif dari ekstraktif kayu adalah sebagai berikut:

- a. Warna kayu (dekoratif) yang indah
- b. Meningkatkan ketahanan kayu terhadap kerusakan secara biologis.
- c. Meningkatkan ketahanan kayu terhadap pengaruh bahan kimia.
- d. Meningkatkan ketahanan kayu terhadap kelecetan atau kerusakan secara mekanik.

Adanya ekstraktif kayu kadang-kadang tidak menguntungkan karena pengaruh-pengaruh negatif sebagai berikut :

- a. Terpen dan resin menyebabkan terjadinya penggumpalan dan dapat mengotori permukaan selama pengerjaan kayu secara mekanis misalnya

- penggergajian, pembuatan finir dan pembuatan pulp.
- b. Fenol dan tannin mengganggu pemisahan lignin selama proses pulping sulfat, sehingga menyebabkan terjadinya reaksi kondensasi antara lignin dan fenol.
  - c. Terjadinya korosi pada pisau pengupas kayu dan gergaji.
  - d. Reaksi warna dengan logam (Fe, Cu) sehingga menyebabkan terjadinya perkaratan.
  - e. Sebagian bersifat racun.
  - f. Perubahan warna kayu oleh cahaya.
  - g. Unsur-unsur anorganik merusak alat-alat (gergaji, pisau) mesin-mesin pengolah kayu, sehingga alat tersebut menjadi mudah tumpul atau rusak.
  - h. Karbohidrat molekul rendah mengganggu pengerasan semen untuk pembuatan papan semen-kayu.

### **3.5 Terpen dan Resin**

Terpen dan resin terutama ditemukan pada jenis-jenis Pinus. Terpen dan resin dapat dipisahkan dari kayu dengan cara destilasi dengan uap. Untuk memperoleh terpen dan asam resin terdapat 3 metode:

- a. mengumpulkan dari pohon-pohon hidup dengan cara penerasan.

- b. ekstraksi dari kayu-kayu yang mengandung resin dengan pelarut yang sesuai (contohnya menggunakan benzena atau naftalena).
- c. sebagai hasil samping dari proses pulping alkali.

Terpen merupakan komponen yang mudah menguap dan dipisahkan sebagai minyak terpenin sulfat. Asam resin mempunyai titik didih yang lebih tinggi dan diperoleh dalam bentuk sabun sulfat. Terpen dan asam resin termasuk dalam senyawa-senyawa terpenoida yang merupakan turunan dari isoprena (2-metil-1,3-butadiena).

Adapun pengaruh-pengaruh positif dari ekstraktif kayu adalah sebagai berikut:

- a. Warna kayu (dekoratif) yang indah
- b. Meningkatkan ketahanan kayu terhadap kerusakan secara biologis.
- c. Meningkatkan ketahanan kayu terhadap pengaruh bahan kimia.
- d. Meningkatkan ketahanan kayu terhadap kelecetan atau kerusakan secara mekanik.

Adanya ekstraktif kayu kadang-kadang tidak menguntungkan karena pengaruh-pengaruh negatif sebagai berikut:

- a. Terpen dan resin menyebabkan terjadinya penggumpalan dan dapat mengotori permukaan selama pengerjaan kayu secara mekanis misalnya

- penggergajian, pembuatan finir dan pembuatan pulp.
- b. Fenol dan tannin mengganggu pemisahan lignin selama proses pulping sulfat, sehingga menyebabkan terjadinya reaksi kondensasi antara lignin dan fenol.
  - c. Terjadinya korosi pada pisau pengupas kayu dan gergaji.
  - d. Reaksi warna dengan logam (Fe, Cu) sehingga menyebabkan terjadinya perkaratan.
  - e. Sebagian bersifat racun.
  - f. Perubahan warna kayu oleh cahaya.
  - g. Unsur-unsur anorganik merusak alat-alat (gergaji, pisau) mesin-mesin pengolah kayu, sehingga alat tersebut menjadi mudah tumpul atau rusak.
  - h. Karbohidrat molekul rendah mengganggu pengerasan semen untuk pembuatan papan semen-kayu.

## Rangkuman

Komponen kimia kayu dapat tersusun atas selulosa, hemiselulosa, lignin, dan zat ekstraktif lain dari kayu. Molekul selulosa merupakan rantai-rantai atau mikrofibril yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen. Berlawanan dengan selulosa, hemiselulosa mempunyai struktur kimia yang bercabang, sedangkan lignin ialah polimer kayu yang merupakan turunan dari fenil propana. Kayu juga mengandung berbagai senyawa ekstraktif, seperti resin, minyak, dan tanin.

## Tes Formatif

Untuk menguji pemahaman tentang materi yang diberikan, maka jawablah beberapa pertanyaan berikut:

1. Selulosa merupakan salah satu zat organik yang berlimpah di dunia, yang terbentuk di dalam dunia tumbuh-tumbuhan. Selulosa membentuk komponen pokok dinding sel dan membentuk mikrofibril. Apa peran ikatan hidrogen dalam membentuk jaringan mikrofibril selulosa dan bagaimana ikatan ini memengaruhi sifat fisik selulosa?

2. Apakah ada perbedaan dalam struktur hemiselulosa antara tumbuhan berdaun lebar dan tumbuhan jarum?

3. Bajakah merah (*Spatholobus littoralis* Hassk) merupakan salah satu kayu yang didapat dari pedalaman hutan Kalimantan. Kayu bajakah merah ini telah lama dikenal oleh



masyarakat pribumi Kalimantan sebagai tanaman yang memiliki khasiat dan manfaat medis yang luar biasa sebagai obat tradisional. Dari akar, kulit, dan daunnya menghasilkan ramuan yang dipercaya mampu mengatasi berbagai penyakit, seperti diare, obat disentri, obat pegal linu, obat luka bahkan dipercaya sebagai obat kanker. Hal tersebut dikarenakan ada kandungan senyawa kimia di dalamnya (Nastiti & Nugraha, 2022). Kemukakanlah mengapa senyawa-senyawa yang terdapat pada kayu bajakah merah dapat bermanfaat dalam melawan penyakit?

4. Kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*) atau yang biasa dikenal kayu besi, habitatnya di hutan Kalimantan. Kayu ulin memiliki beragam karakteristik yang membuatnya sangat dihargai dalam industri kayu, terutama karena kepadatan, ketahanan terhadap

serangan hama, dan daya tahan terhadap air. Kayu ulin juga memiliki sifat-sifat kimia yang menarik. Salah satu senyawa yang dapat ditemukan dalam kayu ulin adalah ekstraktif. Sebutkan senyawa-senyawa yang terkandung dalam kayu ulin?

5. Keberadaan ekstraktif kayu kadang-kadang tidak menguntungkan, salah satunya terpen dan resin yang menyebabkan terjadinya penggumpalan dan dapat mengotori permukaan selama pengerjaan kayu secara mekanis misalnya penggergajian, pembuatan finir dan pembuatan pulp. Mengapa hal tersebut bisa terjadi?

## BAB IV

### PROSES PEMBUBURAN KAYU (*PULPING PROCESS*)

Proses pulping menggunakan bahan baku dari tanaman berserat/berkayu yang diproses secara kimia, mekanik atau biologi. Zat ekstraktif dapat dipisahkan di dalam proses pulping sedikit atau banyak sehingga diperoleh serat. Serat-serat tersebut selanjutnya diproses menjadi produk tertentu seperti kertas, karton, papan serat atau turunan selulosa lainnya. Di dalam proses pemasakan tidak hanya terjadi pemisahan serat namun sekaligus juga terjadi pemutusan serat. Pemutusan serat tersebut disebabkan oleh pengaruh mekanik, kimia atau biologi, sehingga produk kimia selulosa tidak diperoleh dalam keadaan murni.

Faktor derajat pemasakan akan menentukan produk pulp yaitu pulp setengah jadi/pulp mekanik dan pulp kimia. Pulp mekanik pada proses lanjutan akan memerlukan perlakuan mekanik yang lebih banyak, jika dibandingkan dengan pulp kimia. Faktor yang sangat berpengaruh pada proses pulping kimia antara lain temperatur, waktu pemasakan, konsentrasi dan campuran bahan kimia. Metode pulping yang berbeda akan menghasilkan pulp yang berbeda pula

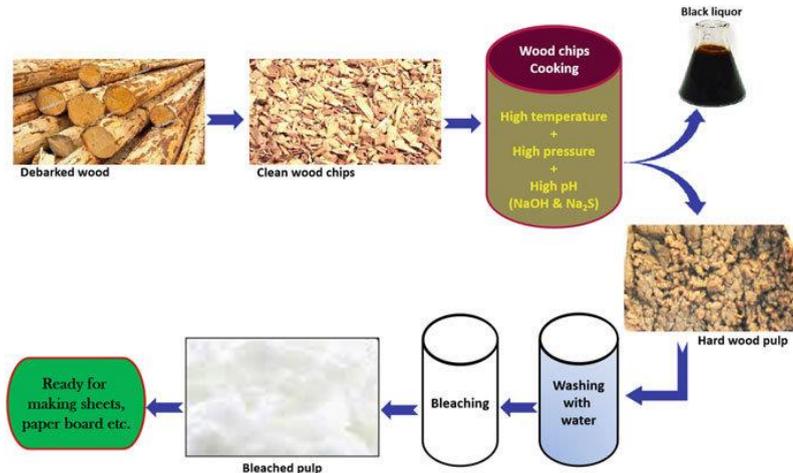
dan pada dasarnya metode pulping didasarkan atas produk yang diinginkan. Buku ini hanya membahas beberapa metode pulping, khususnya pulping secara kimia, sedangkan proses pulping mekanik dan biologi tidak dibahas di dalam buku ini.

#### **4.1 Gambaran Umum Beberapa Metode Pulping**

Perbedaan proses pulping yang paling utama sebenarnya dipengaruhi oleh tipe mesin, campuran bahan kimia, jenis bahan kimia, bahan baku dan kualitas serta produk akhir yang diinginkan. Mesin pengolah pulp dibedakan atas proses pulping secara berkelanjutan (*continue*) dan tidak berkelanjutan (*discontinue*). Kedua metode pulping tersebut dipakai secara industri, namun yang paling banyak dipakai adalah sistem berkelanjutan. Proses pulping berbeda-beda sesuai dengan bahan kimia yang digunakan.

Perbedaan pada proses pulping tersebut disebabkan oleh nilai pH larutan pemasak, kemudian proses pulping diringkas menjadi dua kategori yaitu metode berbasis alkali dan sulfit. Proses alkali menggunakan natrium hidroksida ditambah dengan natrium sulfida, namun kadangkala ditambah pula dengan bahan lain seperti larutan kapur dan beberapa bahan aditif lainnya. Proses pulping lain yang penting adalah proses menggunakan bahan kimia basa yang berikatan dengan sulfit seperti proses asam bisulfit,

netral sulfit dan alkali sulfit. Bahan kimia tersebut berbasis pada natrium, kalsium, magnesium dan ammonium hidroksida ditambah dengan gas sulfur dioksida yang berlebih, sehingga akan terbentuk bahan baru yang memiliki pH asam.



Gambar 4.1 Transformasi kayu menjadi kertas

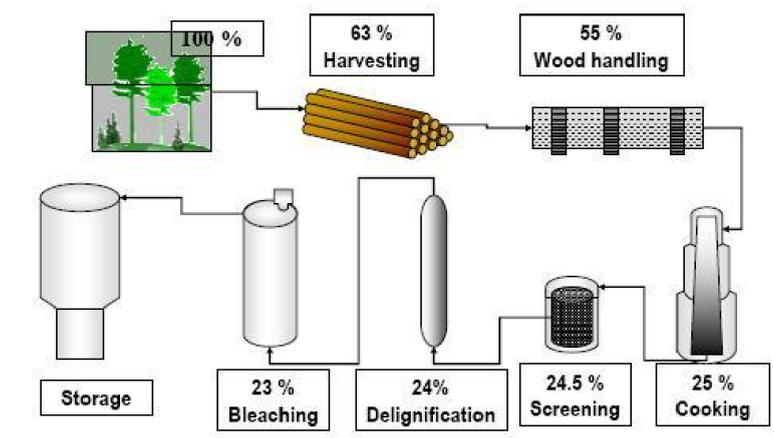
Metode pembuatan pulp pertama-tama chip dimasak dengan bahan kimia yang tepat di dalam larutan berair, tujuan pemasakan ini gunanya menaikkan temperatur dan tekanan sehingga mendegradasi dan melarutkan lignin dan meninggalkan sebagian besar selulosa dan hemiselulosa dalam bentuk serat utuh. Proses *pulping* meliputi beberapa tahap (Training and Development Center, 2001) yaitu:

1. *Woodyard*, merupakan suatu tempat yang luas untuk tempat menerima dan menyimpan kayu

- gelondongan, kemudian dilakukan proses pengkulitan, pemotongan kecil-kecil, dan penyaringan potongan kayu.
2. *Barker*, proses penghilangan kulit kayu kemudian dimasukkan ke dalam "*debarking drums*".
  3. *Chipper*, yaitu mesin untuk memotong gelondongan kayu menjadi ukuran kecil yaitu kurang dari 2 cm dan setipis 0,5 cm.
  4. *Screen*, memfilter potongan kayu yang lebih besar dari target ukuran diatas, dan untuk menghilangkan debu mesin potong yang tidak perlu.
  5. *Digester*, pemasakan potongan-potongan kayu (*chips*) dalam suatu larutan kimia penghancur. Larutan dan proses masak ini akan melunakkan *chips* dan akhirnya memisahkan serat kayu yang diinginkan dari lignin
  6. *Chemical Recovery and Regeneration*, proses sampingan kimia inorganik yang diolah ulang dengan memasak kembali. Bahan buangan limbah cair dikenal sebagai *black liquor* dapat dimanfaatkan kembali.
  7. *Blow Tank*, tempat untuk menampung serat yang sudah terpisah. Serat yang terpisah disebut dengan pulp atau bubur kertas.
  8. *Washing*, pada tahap ini membersihkan sisa-sisa larutan kimia dan lignin yang masih tertinggal,

yang dikirim ke tahap *chemical recovery process*. Bubur kertas yang dihasilkan berwarna coklat dan umumnya digunakan untuk membuat kertas kantong dan corrugated box yang coklat.

9. *Bleaching*, merupakan proses pemutihan bubur kertas menggunakan kimia pemutih atau *bleach*. Proses *bleaching* dilakukan misalnya dengan penambahan klorin dioksida kembali dimana  $\text{ClO}_2$  memberikan pemutihan terakhir pada pulp.



Gambar 4.2 Pengolahan kertas skala industri

## 4.2 Metode Konvensional

Metode konvensional merupakan metode lama, namun sampai sekarang masih digunakan dalam proses *pulping*. Terdapat 3 jenis metode proses pembuatan pulp secara kimia dengan metode konvensional, yaitu:

## 1. Proses sulfat (*Kraft*)

Proses sulfat atau Kraft, proses yang saat ini paling sering digunakan. Proses ini melibatkan pemasakan chip dengan larutan NaOH dan Na sehingga terjadi reaksi antara kayu atau chip yang mengandung lignin dengan alkali yang menyebabkan pemecahan lignin menjadi kelompok yang lebih kecil dimana garam natrium dapat larut dalam cairan pemasak. Proses pembuatan pulp dimulai dari penyediaan bahan baku, yang kemudian disimpan dengan tujuan untuk pelapukan dan persediaan bahan baku. Kayu yang siap diolah ini disebut dengan *Log*. Kemudian log di kupas kulitnya dengan alat yang berbentuk dru kemudian dilakukan pemotongan hingga berukuran sesuai (*chip*). Chip kemudian dibawa dengan konveyor ke bejana pemasak (*digester*). *Chip* dimasak dengan cairan pemasak yang disebut dengan *cooking liquor*.

Campuran antara pulp, sisa zat kimia dan limbah kayu dikeluarkan dari digester, kemudian masuk dalam blown tank dan dicuci pada *countercurrent displacement washing*. Kraft pulping adalah proses dengan hasil rendah yaitu hanya 45% dari kayu akan menjadi pulp yang dapat digunakan. Pulp atau disebut *brownstock* pada tahap ini siap untuk diputihkan. Proses selanjutnya pulp di saring (*screaning*) agar terbebas dari bahan-bahan pengotor

yang dapat mengurangi kualitas pulp. Lalu dilakukan proses *bleaching* mengurangi kandungan lignin, serta memutihkan pulp.

Kelebihan utama pembuatan pulp secara sulfat atau kraft yaitu:

- a. Mutu kayu tidak dipersyaratkan harus yang bermutu baik, termasuk semua tipe kayu lunak dan kayu keras, bahkan dalam campuran dan toleransi terhadap jumlah ekstraktif yang tinggi maupun bagian kayu lapuk yang besar dari sisa-sisa kulit.
- b. Lama waktu Waktu pemasakan yang pendek.
- c. Masih dihasilkan limbah yang memiliki nilai tambah seperti minyak tall dan dan terpenting dari spesies pinus.
- d. Pulp memiliki sifat-sifat yang sangat baik.
- e. Bahan kimia yang digunakan tidak mahal dan mudah diperoleh.
- f. Pendaur ulangan bahan kimia yang sangat efisien.

Kekurangan utama dari pembuatan pulp secara sulfat atau kraft yaitu persoalan bau yang dihasilkan dan juga kebutuhan bahan pengelantang yang tinggi (Fengel & Wagener, 1995). Proses pulping dengan menggunakan NaOH sebagai larutan pemasak telah dilakukan Hidayati (2000) melakukan penelitian menggunakan ampas tebu dalam proses pembuatan pulp secara kimia. Proses dilakukan dengan *depithing* yaitu menghilangkan pith (empelur) dan proses

pemasakan dilakukan pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$  dalam autoklav pemasak menggunakan larutan pemasak NaOH dengan ampas tebu dengan perbandingan 1:4.

Waktu pemasakan dilakukan selama 3 jam dan konsentrasi pemasak adalah 60 gram/liter. Pulp yang dihasilkan memiliki kadar selulosa 63,8%, hemiselulosa 23,56%, lignin 15,33%, bahan terlarut air 454% dan kadar abu 1,76%. NaOH berfungsi untuk mempercepat proses pemasakan dan mempertinggi kepekatan serta bahan pemasak lain berfungsi untuk memisahkan selulosa dengan pengotor atau komponen lain dalam jerami padi. Kondisi optimum yang diperoleh dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  dengan waktu selama 120 menit dihasilkan pulp dengan kadar selulosa sebesar 37,3% menggunakan bahan baku jerami padi (Putra, 2012).

## **2. Proses Sulfit**

Proses sulfit menggunakan campuran asam sulfit ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) dan ion bisulfit ( $\text{SO}_3^-$ ) digunakan untuk menyerang dan melarutkan lignin. Proses ini menyebabkan sulfit bersatu dengan lignin membentuk garam dari asam lignosulfonik yang dapat larut dalam larutan pemasak dan struktur kimia dari lignin masih utuh. Beberapa bahan kimia dasar untuk bisulfit dapat berupa ion kalsium, magnesium, natrium atau ammonium. Pulp sulfit dapat dilakukan dalam rentang PH yang besar. Proses asam sulfit merupakan proses pulp dengan kelebihan asam sulfur bebas (pH 1-2),

dimana bisulfit memasak dalam keadaan sedikit asam. Pulp sulfit berwarna lebih cerah daripada pulp kraft dan dapat dibleach lebih mudah tetapi lembaran kertas lebih lemah daripada kertas Kraft (Smook, 2002).

Keuntungan proses sulfit adalah:

- a. Yield yang dihasilkan lebih besar daripada proses kraft.
- b. Pulpnya dapat menghasilkan turunan selulosa.
- c. Lebih mudah dioperasikan.
- d. Lebih mudah untuk diputihkan.
- e. Pulp sulfit biasanya sedikit lebih rusak jika dibandingkan dengan pulp hasil kraft.

Kekurangan dari pembuatan pulp secara kimia antara lain:

- a. Berbau busuk.
- b. Biaya produksi lebih mahal karena penggunaan bahan-bahan kimia dalam jumlah besar.
- c. Berpotensi mencemari lingkungan.
- d. Memberikan rendemen yang lebih rendah (40-52%).

### **3. Proses Soda**

Proses soda menggunakan natrium hidroksida sebagai larutan pemasaknya dan menghasilkan soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), proses soda ini menggunakan dua tahap sulfit-soda (sivola) atau tiga tahap bisulfit-sulfitsoda (Rauma). Tujuan tahap sulfit guna meningkatkan proses delignifikasi, sedangkan tahap soda guna

mengontrol tingkat kandungan  $\alpha$ -selulosa dan viskositas. Proses ini dilakukan pada pH 5-10, dengan suhu 145-180 °C dan waktu yang berkisar antara 1 hingga 4 jam. Kandungan  $\alpha$ -selulosa yang diperoleh dari proses bisulfitsulfit-soda mencapai hingga 96% dan 95% untuk proses sulfit soda dengan kondisi suhu pemasakan 170°C pada pH 8 (Sixta, 2006).

### **4.3 Metode Non Konvensional**

#### **1. Proses pulping berbasis asam organik (*acetosolv*)**

Penggunaan asam asetat sebagai pelarut organik disebut dengan proses *acetosolv*. Keunggulan pulping secara *acetosolv* antara lain bebas senyawa sulfur, daur ulang limbah dapat dilakukan hanya dengan metode penguapan dengan tingkat kemurnian yang cukup tinggi, dan nilai hasil daur ulangnya jauh lebih mahal dibanding dengan hasil daur ulang limbah kraft (Simanjuntak, 1994). Fengel & Wegener (1995) menguatkan pernyataan tersebut dengan mengatakan bahwa rendemen pulp lebih tinggi, pendauran lindi hitam dapat dilakukan dengan mudah, dapat diperoleh hasil samping berupa lignin dan furfural dengan kemurnian yang relatif tinggi, dan ekonomis dalam skala yang relatif kecil. Selain itu proses tersebut dapat dilakukan tanpa menggunakan bahan-bahan organik (Sherrard, 1991).

Keuntungan dalam menggunakan asam organik sebagai bahan pemasak dalam proses pembuatan pulp secara asetosolv yaitu bisa digunakan sebagai pemasak sampai 10 kali siklus (Simkhovich et al., 1987). Penggunaan asam untuk proses pulping dikenal dengan nama proses secara *acerosolve*, *formacell*, dan *milox* telah dikembangkan. Keunggulan dari proses ini adalah memiliki potensi yang unggul dalam proses pemurnian dan biaya, selain itu kertas yang dihasilkan berkualitas tinggi (Sahin & Young, 2008).

Asam asetat, asam etanoat atau asam cuka adalah senyawa kimia asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam cuka memiliki rumus empiris  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Rumus ini seringkali ditulis dalam bentuk  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ , atau  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ . Sifat asam asetat murni (disebut asam asetat glasial) adalah cairan higroskopis tak berwarna, dan memiliki titik beku  $16,7^\circ\text{C}$ . Setelah asam formiat, asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana. Larutan asam asetat dalam air adalah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ .

## **2. Proses pulping berbasis alkali (*organosolv*)**

Proses pulping menggunakan metode organosolv yakni dengan bahan yang lebih mudah terdegradasi seperti pelarut organik (metanol, etanol,

asam asetat) untuk menghilangkan lignin atau proses delignifikasi (Sixta, 2006). Delignifikasi dengan alkali menyebabkan pecahnya ikatan eter antara unit-unit fenil propana, menurunkan bobot molekul dan menghasilkan gugus hidroksi fenol bebas. Reaksi yang terjadi menaikkan hidrofilitas lignin sehingga mudah larut. Selulosa tidak larut di dalam alkali tetapi hanya sebagian yang terdepolimerisasi dengan derajat depolimerisasi rendah dapat larut dalam alkali (Simanjuntak, 1994).

Pembuatan pulp secara *organosolv* juga menarik untuk diterapkan pada pabrik skala kecil dan tanpa menggunakan bahan kimia yang mengandung sulfur sehingga mendukung penggunaan pulp yang telah diputihkan dengan metode *Totally Chlorine Free* (TCF) (Santos & Parajo, 2004). Kelemahan lain adalah harga bahan kimia pelarut organik yang mahal sehingga diperlukan proses *recovery* bahan kimia yang sangat baik, namun hal ini juga akan meningkatkan kebutuhan energi dan biaya produksi. Metode *organosolv* juga memiliki potensi kebakaran dan ledakan yang cukup tinggi (Bajpai, 2018).

### **3. Proses Pulping Semi-Kimia Sulfit Netral (NSSC)**

Salah satu proses terkenal pembuatan pulp secara semikimia adalah proses *Neutral Sulfite Semichemical* (NSSC). Proses NSSC menggunakan

cairan pemasak  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dan  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , pH cairan yaitu 7-10, waktu pemasakan berkisar dari 0,5 jam hingga 2 jam dan pada temperatur pemasakan 160-185°C. Proses pulping-semi kimia sulfit netral (NSSC) menghasilkan residu lignin sekitar 15-20% sehingga kertas yang dibuat dari pulp ini akan menjadi kaku. Pada proses ini dilakukan penambahan antraquinon untuk meningkatkan kualitas pulp yang dihasilkan. Penambahan bahan kimia dilakukan pada kondisi temperatur rendah, waktu yang singkat, dan pada pH yang rendah. Pemberian bahan kimia bertujuan agar serat menjadi lebih halus, tetapi tidak mengurangi lignin seperti pada proses kimia secara keseluruhan .

## LEMBAR KERJA MAHASISWA

Fase

1

**Orientasi Masalah**

Baca dan analisis wacana berikut!

Kertas dibuat dengan menggunakan bahan baku dari pohon, semakin banyak kebutuhan kertas semakin banyak pula pohon yang harus ditebang. Dampak kertas terhadap lingkungan sangat signifikan karena dipengaruhi keputusan di industri serta perilaku di tingkat pribadi dan bisnis. Karena

kemajuan teknologi, seperti mesin cetak dan pemanenan kayu, ketersediaan kertas sekali pakai juga semakin banyak menyebabkan tingkat konsumsi dan limbah yang tinggi. Di samping itu karena harga kertas yang relatif terjangkau.

Sejak beberapa dekade lalu, penggunaan kertas telah meningkat 400 persen, seperti yang disebut World Atlas (2018) deforestasi telah menjadi masalah utama, baik di negara berkembang maupun maju. Kenyataannya sekitar 14 persen deforestasi dilakukan untuk memuaskan selera besar manusia terhadap barang-barang kertas. *Paper on the Rocks* menyebutkan bahwa persentase itu sama dengan perusakan sekitar 4,1 juta hektar hutan setiap tahun atau sebuah area seluas Belanda setiap 365 hari. Melansir situs World Wild Life, lebih dari 40 persen semua kayu global digunakan untuk industri kertas, meliputi produksi kertas kantor, katalog, kertas glossy, tisu, dan sebagainya. Dari industri kertas itu memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan.



Gambar 4.3  
Penebangan pohon



Gambar 4.4  
Deforestasi hutan

Mulai dari proses produksi kertas yang melepaskan nitrogen dioksida, sulfur dioksida, dan karbon dioksida ke udara. Nitrogen dan sulfur dioksida adalah kontributor utama dalam hujan asam, sementara karbon dioksida menyebabkan gas rumah kaca yang memicu perubahan iklim. Sekitar 69 persen dari emisi gas rumah kaca global berasal dari industri transportasi dan energi. Dari jumlah ini, industri kertas dan percetakan menyumbang 1 persen dari karbon dioksida yang dihasilkan. Ketika kertas dibuang di tempat pembuangan, kertas itu juga menghasilkan metana, yang juga menghasilkan gas rumah kaca yang kuat.

Belum lagi industri kertas masih menggunakan bahan bakar fosil untuk produksi bahan baku dan transportasi, itu lebih banyak menghasilkan emisi gas rumah kaca. The World Counts mencatat bahwa ada



Gambar 4 5 Industri kertas

353.193.797 ton kertas yang dihasilkan di dunia hingga tahun ini. Pada 2021, total ada 23,5 juta hektar lahan hutan digunduli atau dibakar secara global untuk memproduksi kertas tersebut. Di AS, Jepang, dan Eropa rata-rata orang menggunakan antara 200 hingga 250 kilo kertas.

1 kilo kertas membutuhkan pohon setidaknya 2-3 kali lebih beratnya. Jika setiap orang menggunakan 200 kilo kertas per tahun, jumlah pohon bisa habis. Industri kertas selain mengancam ketersediaan hutan hijau di dunia, juga menguras ketersediaan air tawar. Produksi kertas membutuhkan banyak air. Setidaknya dibutuhkan 10 liter air untuk menghasilkan satu lembar kertas A4. Lalu, apa yang bisa kamu lakukan? Bisa dimulai dengan mendaur ulang kertas. Setiap ton kertas daur ulang dapat menghindari penggunaan 17 pohon, 1.440 liter minyak, 2.300 liter ruang TPA, 4.000 kilowatt energi, dan 26.500 liter air.

Identifikasi masalah berdasarkan wacana tersebut di atas.

**Fase**

**2**

**Mengorganisasi untuk Belajar**

Untuk memahami dan menjawab permasalahan di atas, simaklah penjelasan di bawah ini dengan baik!

Beberapa tindakan yang dilakukan untuk membantu mengurangi penggunaan industri kertas,

1. Mendaur ulang kertas, salah satu langkah pertama yang dilakukan yakni mendaur ulang kertas. Untuk membantu mengurangi penebangan kayu di hutan dan mengurangi penggunaan sumber daya seperti air, energi, dan minyak.
2. Mengurangi penggunaan kertas (*paperless*), dengan mencetak atau menggunakan kertas hanya ketika benar-benar diperlukan. Menggunakan teknologi digital dan e-mail untuk mengurangi penggunaan kertas adalah salah satu langkah yang bisa diterapkan.
3. Menggunakan kertas secara efisien, ketika mencetak kertas usahakan menggunakan kedua sisi kertas (*duplex*) untuk mengurangi jumlah kertas yang digunakan. Selain itu, pilih ukuran kertas yang sesuai dengan kebutuhan guna mengurangi pemborosan kertas.
4. Menggunakan kertas daur ulang sehingga meminimalkan penggunaan bahan mentah.

### Fase 3

### Membimbing Penyelidikan Individual Maupun Kelompok

Untuk menjawab permasalahan yang disajikan pada fase 1, pilih satu masalah dan fokuskan permasalahan tersebut bersama dengan kelompokmu (5-6 orang/kelompok), cobalah untuk mengumpulkan

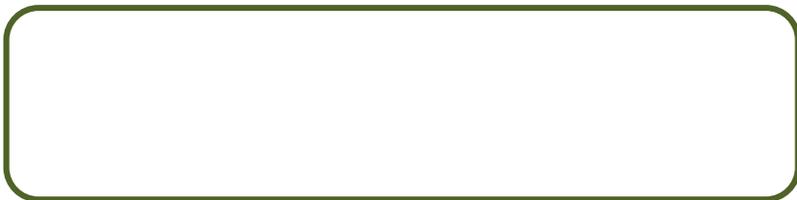
informasi dan diskusikan secara bersama-sama. Tulis dalam bentuk laporan kelompok.



**Fase**  
**4**

### **Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya**

Informasikan yang telah kamu peroleh, sajikan informasi yang telah kamu peroleh di lembar berikut untuk menjawab pertanyaan bagaimana solusi dari permasalahan yang anda tuliskan dan diskusikan!



**Fase**  
**5**

### **Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah**

Silakan anda analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah yang anda sajikan pada fase 4.

## Rangkuman

Metode pembuburan kertas (*pulping*) dengan metode konvensional seperti proses sulfat, sulfit, dan soda sedangkan metode pulping konvensional yakni proses berbasis asam, netral, dan alkali. Proses *pulping* non konvensional seperti proses pulping asam (*acetosolv*), proses pulping berbasis basa, dan proses pulping netral adalah NSSC. Metode tersebut memiliki sejumlah potensi yang menarik, namun juga perlu diperhatikan kelebihan dan kekurangan yang menyertainya. Pemilihan jenis bahan baku dan kesesuaian dengan metode pengolahannya akan menentukan sifat dan karakteristik produk akhir derivat selulosa yang diharapkan.

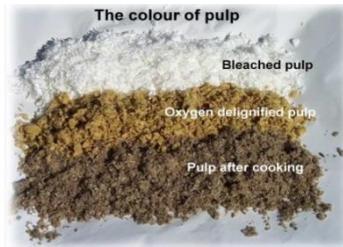
## Tes Formatif

Untuk menguji pemahaman tentang materi yang diberikan, maka jawablah beberapa pertanyaan berikut:

1. Proses *pulping* merupakan proses untuk mendapatkan ekstrak selulosa dari bahan baku biomassa seperti kayu. Proses *pulping* bertujuan memisahkan hasil serat dari bahan baku berserat. Dengan berbagai kemajuan teknologi ditemukanlah berbagai macam proses *pulping* berbagai proses pembuatannya (mekanik, biologi, dan kimia). Kemukakan apa saja proses kimia dalam proses *pulping*?
2. Proses pemutihan kertas sangat penting dalam pembuatan kertas menggunakan bahan kima. Bahan kimia yang digunakan seperti klorin untuk menghilangkan pigmen, lignin, dan sisa-sisa bahan organik lain yang dapat memberikan warna pada pulp. Mengapa proses ini sangat penting dalam pembuatan kertas, dan apa bahan kimia yang umum digunakan untuk pemutihan?
3. Lignin merupakan salah satu komponen penyusun kayu atau serat lignoselulosa. Komponen lignin dalam kayu berfungsi memberi kekuatan, ketahanan terhadap air, dan dukungan struktural

pada tumbuhan. Namun, dalam beberapa aplikasi seperti produksi pulp, kertas, atau biofuel, lignin perlu dihilangkan. Kenapa lignin harus dihilangkan?

4. Proses *Chemical Recovery and Regeneration*, merupakan proses medaur ulang kembali hasil serpihan kayu menjadi pulp sehingga



dihasilkan hasil samping senyawa anorganik dan bahan buangan limbah cair dikenal sebagai *black liquor* yang dapat dimanfaatkan kembali. Bagaimana proses *Chemical Recovery and Regeneration* proses pembuatan kertas?

5. Selama proses pulping harus melibatkan serangkaian proses guna memastikan bahwa hasil akhir memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Namun dalam proses perubahan serta menjadi lembaran kertas yang berkualitas ada banyak faktor yang perlu diperhatikan. Salah satu faktor paling kritis adalah pengendalian pH, yang mengacu pada tingkat keasaman atau alkalinitas dalam berbagai tahap proses. Mengapa pengendalian pH sangat penting dalam proses pembuatan kertas?

## BAB V

### JENIS - JENIS KAYU YANG TERDAPAT DI KALIMANTAN

Pulau Kalimantan merupakan salah satu pulau yang dikenal memiliki berbagai keanekaragaman hayati. Pulau Kalimantan mempunyai hutan hujan tropis yang luas yang didalamnya berisi sumberdaya alam yang tidak terhingga yang dapat dimanfaatkan dan salah satunya adalah kayu (Asa *et al.*, 2017). Kayu kalimantan sudah dikenal luas di perdagangan karena mempunyai kayu yang berkualitas bagus. Dari 120 jenis kayu yang telah diperdagangkan, beberapa diantaranya endemik kalimantan (Rinaldi *et al.*, 2017). Adapun beberapa jenis kayu endemik yang dapat ditemui di Kalimantan sebagai berikut.

#### 1. Kayu Gelam

Klasifikasi dari pohon gelam:

Kingdom: Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Mytales

Family : *Myrtaceae*

Genus : *Melaleuca*

Spesies : *Meulaleuca leucadendra* Linn



Gambar 5.1 Kayu

Gelam (*Meulaleuca leucadendra* Linn) merupakan salah satu jenis kayu yang berpotensi untuk kayu konstruksi dan mampu beradaptasi pada lahan rawa gambut terdegradasi (Tjitrosoepomo, 2007). Kayu gelam memiliki tinggi 22-40 m dan diameter lebih dari 1,5 m yang tumbuh di dataran rendah sepanjang aliran sungai, pesisir, rawa, lempung, maupun di tanah berpasir (Basyaruddin & Awali, 2019).

Jenis tanaman kayu gelam cocok tumbuh di daerah tropis yang mana penyebarannya sesuai dengan kondisi temperatur yang hangat. Kayu gelam juga mampu beradaptasi dengan baik pada dataran rendah hingga tinggi dan pada kondisi tanah subur hingga marginal. Di Kalimantan, kayu gelam sering digunakan sebagai cerucuk atau tiang pancang rumah dalam tanah rawa (Sumardi et al. , 2018).

## 2. Kayu ulin

Klasifikasi dari pohon ulin:

Kingdom: Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Ranales

Family : *Lauraceae*

Genus : *Eusideroxylon*

Spesies : *Eusideroxylon zwageri*



Gambar 5.2  
Kayu ulin

Kayu ulin mempunyai nama latin *Eusideroxylon zwageri*, famili *Lauraceae*. Kayu ulin dikenal juga dengan nama belian, tabulin, telian, dan tulian di daerah Kalimantan. Morfologi ulin berdasarkan sifat-sifat vegetatif maupun sifat generatif (terutama pada bentuk dan ukuran buah atau biji), memiliki keragaman morfologi yang sangat tinggi. Berdasarkan pada bentuk daun berbentuk memundar maupun jorong. dan sifat kulit bagian dalam batang. Tinggi pohon sampai 35 m dengan panjang batang bebas cabang 5 – 20 m, diameter sampai 100 cm, kadang-kadang sampai 150 cm, berbanir sampai tinggi 4 m, lebar 10 m dan tebal 15-40 cm (Kartini & Sisillia, 2017).

Kulit luar berwarna coklat kemerah-merahan sampai coklat tua atau coklat-kelabu, tebal 2 – 9 cm, kadang-kadang beralur sangat dangkal, mengelupas banyak kecil-kecil dan tipis. Kayu teras pada kayu ulin berwarna coklat-kuning, lambat laun menjadi coklat-hitam, kayu gubal berwarna coklat-kuning muda dan mempunyai batas yang jelas dengan kayu teras dengan tebal gubal 1-5 cm dan umumnya 3 cm, tekstur kayu agak kasar sampai kasar dan merata, permukaan kayu licin atau agak licin (Idris et al. , 2008).

Kayu ulin merupakan salah satu dari kelompok kayu indah, dimana kayu ulin adalah kayu yang sangat berat dan paling awet di dunia. Ulin juga menghasilkan kayu yang sangat keras sehingga

digolongkan ke dalam jenis kayu kelas awet tingkat I dan kelas kuat tingkat I di Indonesia. Keawetan kayu ulin pada daya tahan terhadap serangan perusak kayu dari rayap sedangkan kekuatan kayu ulin untuk menahan beban dan gaya yang mengenainya (Dwi, 2014).

### 3. Kayu meranti

Klasifikasi dari pohon meranti:

Kingdom: Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Malvaceae

Family : *Dipterocarpaceae*

Genus : *Shorea spp.*

Spesies : *Shorea leprosula* Miq.



Gambar 5.3

Kayu meranti

Kayu meranti (*Shorea spp.*) merupakan kelompok kayu keras yang berasal dari spesies pohon dalam genus *shorea spp.* Tinggi pohon meranti dapat mencapai 50 m, panjang batang bebas sampai 30 m. Kayu Kayu Meranti memiliki beragam jenis, seperti meranti merah, meranti kuning, dan meranti putih. Meranti merah adalah varietas yang paling dikenal karena warnanya yang cerah. Ciri umum kayu meranti merah, mempunyai warna kayu teras bervariasi dari hampir putih, coklat pucat, merah jambu, merah muda, merah kelabu, merah-coklat muda dan merah sampai

merah tua atau coklat tua, kayu gubal berwarna lebih muda dan dapat dibedakan dengan jelas dari kayu teras berwarna putih, putih kotor, kekuning-kuningan atau kecoklat-coklatan sangat muda (Idris et al. , 2008).

Kayu meranti merah terutama dipakai untuk venir dan kayu lapis, disamping itu dapat juga dipakai untuk bangunan perumahan sebagai rangka, balok, galar, kaso, pintu dan jendela, dinding, lantai, dan sebagainya. Selain itu juga dapat dipakai sebagai kayu perkapalan (perahu, kapal kecil, dan bagian-bagian kapal), peti pengepak, mebel murah, peti mati dan alat musik (pipa organa) (Ahmad & Nofrizal, 2012).

#### 4. Kayu Mahoni

Klasifikasi dari pohon mahoni:

Kingdom: Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Sapindales

Family : *Meliaceae*

Genus : *Swietenia*

Spesies : *Swietenia*

*macrophylla King*



Gambar 5.4  
Kayu Mahoni

Kayu mahoni (*Swietenia sp.*) merupakan salah satu jenis kayu yang dapat diperoleh dari hutan rakyat, hutan alam, maupun hutan tanaman. tua. Kayu mahoni mempunyai berat jenis 0,53- 0,67 g/m<sup>3</sup>, kelas

kuat II dan kelas awet III. Kayu mahoni yang berasal dari hutan rakyat umumnya mempunyai kualitas relatif rendah karena pohon yang ditanam di hutan rakyat tidak diberi perlakuan pemeliharaan seperti yang dialami oleh pohon yang ditanam pada hutan tanaman dan ditebang pada saat pohon masih berumur muda (Muslich & Krisdianto, 2006).

Kayu mahoni banyak diminati karena penampakannya yang indah, mudah dikerjakan, kualitas *finishing* dan mudah dikeringkan tanpa cacat yang berarti. Karakteristik seperti ini sangat mudah ditemui pada kayu mahoni dengan umur tua (Martawijaya et al., 2005).

## 5. Kayu Gaharu

Klasifikasi dari pohon gaharu:

Kingdom: Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Malvales

Family : *Thymelaeaceae*

Genus : *Aquilaria*

Spesies : *Aquilaria malaccensis*



Gambar 5.5  
Kayu gaharu

Kayu gaharu, juga dikenal sebagai "*oud*" atau "*agarwood*" adalah jenis kayu yang sangat dihargai karena aroma khasnya yang harum dan digunakan dalam industri parfum, pengobatan tradisional, dan

manufaktur barang mewah. Aroma khas kayu gaharu dihasilkan oleh senyawa kimia tertentu yang terbentuk dalam kayu sebagai respons terhadap cedera atau infeksi oleh jamur. Aroma khas kayu gaharu berasal dari senyawa kimia yang disebut sesquiterpenoides, terutama sesquiterpenes dan sesquiterpene alcohols. Contoh beberapa senyawa penting dalam gaharu adalah agarospirol, agarospirol acetate, dan selarom. Aroma khas kayu gaharu sangat dihargai dalam industri parfum, sering digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan parfum mewah (Safitri *et al.*, 2017).

## 6. Kayu bajakah

Klasifikasi dari pohon kayu bajakah:

Kingdom: Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnolipsida

Ordo : Fabales

Family : *Fabaceae*

Genus : *Spatholobus*

Spesies : *Spatholobus littoralis*

*Hassk*



Gambar 5.6 Kayu bajakah

Bajakah termasuk dalam kategori genus *Spatholobus*, merupakan tumbuhan merambat di pohon kayu dari suku *fabaceae*. Menurut Ninkaew dan Chantaranonthai (2014), sebanyak 29 spesies genus *Spatholobus* Hassk tumbuh dan tersebar di hutan tropis Kalimantan. Keanekaragaman jenis tumbuhan

akar bajakah ini menyebabkan masih banyak jenis bajakah yang belum diteliti.

Kandungan senyawa kimia pada kayu bajakah tergantung lingkungan tempat tumbuh. Kayu bajakah yang telah diteliti peneliti sebelumnya adalah tanaman akar bajakah tampala yang tumbuh di hutan Kalimantan Tengah, sedangkan untuk akar bajakah yang tumbuh di Kalimantan Timur belum diketahui secara pasti kandungan metabolit sekundernya dan khasiat farmakologisnya. Penelitian lainnya Kulit dan batang kayu bajakah juga mengandung senyawa alkaloid, terpenoid dan fenolik (Maulina *et al.*, 2019).

## 7. Kayu sengon

Klasifikasi dari pohon sengon:

Kingdom: Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Fabales

Family : *Fabaceae*

Genus : *Paraserianthes*

Spesies : *Paraserianthes falcataria*



Gambar 5.7 Kayu sengon

Kayu sengon merupakan jenis kayu yang banyak ditemui di Kalimantan dan salah satu jenis kayu yang tumbuh cepat. Kayu teras pada kayu sengon berwarna hampir putih atau coklat muda. Warna kayu gubal umumnya tidak berbeda dengan

warna kayu teras dan mempunyai tekstur yang agak kasar dan merata. Kayu sengon umumnya digunakan untuk bahan perumahan (papan, balok, tiang, kaso dan sebagainya). Selain itu dapat juga digunakan untuk pembuatan peti, venir pulp, karton, papan mineral, papan serat, papan partikel, korek api (tangkai dan kotak), kelom, dan kayu bakar (Idris *et al.* , 2008).

## 8. Kayu bangkirai

Klasifikasi dari pohon bangkirai :

Kingdom: Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Malvales

Family : *Diptocarpaceae*

Genus : *Dipterocarpus*

Spesies : *Shorea laevis*



Gambar 5.8  
Kayu bangkirai

Kayu bangkirai adalah salah satu jenis kayu tropis yang kuat dan tahan lama. Penyebaran bangkirai adalah di seluruh Kalimantan. Tinggi pohon bangkirai sampai 50 m dengan panjang batang bebas cabang 35-40 m, berdiameter 100 cm atau lebih, tinggi banir sampai 2 m. Kulit luar berwarna kelabu, merah atau coklat, kadang-kadang sampai merah tua, beralur dan mengelupas kecil-kecil, tipis, berdamar warna kuning tua. Kayu bangkirai merupakan kayu teras yang berwarna kuningcoklat, kayu gubal coklat muda pucat

kekuning-kuningan, tekstur kayu halus sampai agak kasar, permukaan kayu licin dan mengkilap (Idris et al. , 2008).

Kayu bangkirai memiliki kekuatan dan keawetan yang tinggi sehingga cocok digunakan untuk konstruksi berat seperti bangunan jembatan, bantalan, tiang listrik, rantai, bangunan maritim, perkapalan, dan perumahan (Setianto & Widyanto, 2013).

## 9. Kayu keruing

Klasifikasi dari pohon keruing:

Kingdom: Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Malvales

Family : *Dipterocarpaceae*

Genus : *Dipterocarpus*

Spesies : *Dipterocarpus spp.*



Gambar 5.9  
Kayu keruing

Keruing (*Dipterocarpus spp.*) memiliki nama lain di daerah Kalimantan yakni pohon anderi, ansurai, karup, keladan, kerup, ketanggung, tempudau, dan tempurau. Tinggi pohon dapat mencapai 50 m dengan panjang batang bebas cabang sampai 35 m, diameter dapat mencapai 120 cm, bentuk batang silindris, berbanir 1-2 m. Ciri umum kayu keruing diantaranya kayu teras berwarna coklat merah, coklat, kelabu-

coklat atau merah-coklat-kelabu, kayu gubal berwarna kuning atau coklat muda semu-semu kelabu dan mempunyai batas yang jelas dengan kayu teras, lebar gubal 2-10 cm, tekstur kayu kasar kadang-kadang agak kasar, permukaan kayu agak licin atau licin dan seringkali melengkak, kayu keruing mempunyai bau damar yang agak mencolok (Idris et al. , 2008).

Kayu keruing cocok untuk konstruksi bangunan, lantai, karoseri (kerangka, lantai, dan dinding), bangunan pelabuhan dan bantalan kereta api. Selain itu banyak juga dipakai untuk perkapalan (dek dan kulit tongkang) dan bagian perumahan (balok, tiang, papan dan kerangka atap) (Wahyudi & Saridan, 2017).

## 10. Kayu merbau

Klasifikasi dari pohon merbau:

Kingdom: Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Fabales

Family : *Fabaceae*

Genus : *Intsia*

Spesies : *Intsia spp.*



Gambar 5.10  
Kayu merbau

Kayu merbau (*Intsia spp.*) adalah jenis kayu yang tahan lama dan tahan terhadap serangan hama. Tinggi pohon dapat mencapai 40 m dengan panjang batang bebas cabang 4-30 m, diameter sampai 100 cm, tinggi banir sampai 4 m dengan lebar sampai 4 m. Kulit luar berwarna kelabu, coklat muda atau merah muda. Ciri umum kayu merbau, kayu teras berwarna sangat bervariasi dari kelabu-coklat dan kuning-coklat sampai coklat merah cerah atau hampir hitam, kayu gubal berwarna kuning pucat sampai kuning muda dengan tebal 5-7,5 cm (Idris *et al.*, 2008).

Kayu merbau umumnya dipakai untuk balok, tiang dan papan pada bangunan perumahan dan jembatan. Selanjutnya dapat dipakai untuk bantalan dan mungkin juga baik untuk kayu perkapalan (lunas, gading-gading, dan dek), lantai, panil, dan mebel (Supriadi *et al.*, 2022).

## 11. Kayu kempas

Klasifikasi dari pohon kempas:

Kingdom: Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Fabales

Family : *Fabaceae*

Genus : *Koompassia*

Spesies : *Koompassia malaccensis* Maing.



Gambar 5.11

Kayu Kempas

Kayu kempas (*Koompassia malaccensis* Maing) adalah salah satu jenis kayu tropis. Tinggi pohon sampai 45 m dengan panjang batang bebas cabang sampai 32 m, diameter 90 cm atau lebih, batang lurus berbanir sampai tinggi 3 m, kulit luar berwarna kelabu atau putih-kuning, kadang-kadang merah-coklat, tidak beralur dan kebanyakan tidak mengelupas. Ciri umum kayu kempas, kayu teras berwarna merah-coklat dengan pembuluh yang dikelilingi parenkim tampak seperti garisgaris berwarna coklat-kuning, kayu gubal berbeda nyata dengan kayu teras berwarna kuning muda atau agak kecoklat-coklatan dengan lebar 3-8 cm dan biasanya 3-4 cm, tekstur kayu sangat kasar, permukaan kayu kesat, permukaan kayu sedikit mengkilap sampai sedang (Idris et al. , 2008).

Kayu kempas mempunyai kekerasannya yang sangat tinggi, namun keawetannya yang cukup rendah, sehingga jarang dipergunakan sebagai bahan bangunan. Jenis kayu ini menghasilkan arang yang sangat baik dan cocok digunakan untuk lantai, terutama pada tempat dimana terdapat asam atau bahan kimia seperti dalam laboratorium. Setelah diawetkan kayu kempas cocok untuk bantalan rel kereta api, balok dan lantai gerbong, konstruksi berat, dan bangunan pelabuhan. Jenis kayu ini dapat juga dipakai untuk palet, dan kayu lapis (Gultom *et al.* , 2022).

## 12. Kayu kapur

Klasifikasi dari pohon kapur:

Kingdom

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Malvales

Family : *Dipterocarpaceae*

Genus : *Dryobalanops*

Spesies : *Terminalia catappa*



Gambar 5.12

Kayu Kapur

Kayu kapur (*Dryobalanops spp.*) memiliki tinggi pohon yang berkisar antara 35-45 m dan dapat mencapai 60 m, panjang batang bebas cabang 30 m atau lebih, diameter 80-100 cm, bentuk batang silindris, lurus dengan tajuk kecil, kadang-kadang berbanir sampai 2 m. Ciri umum kayu kapur memiliki kayu teras berwarna merah, merah-coklat atau merah-kelabu pada *D. aromatica*, sedang pada *D. lanceolata* dan *D. beccarii* warnanya lebih muda (Idris et al. , 2008). Kayu kapur dapat dipakai untuk balok, tiang, rusuk, papan pada bangunan perumahan dan jembatan, serta dapat juga dipakai untuk perkapalan, mebel, dan juga peti mati.

## 13. Kayu belangiran

Klasifikasi dari pohon belangiran:

Kingdom

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Theales  
Family : *Dipterocarpaceae*  
Genus : *Shorea*  
Spesies : *Shorea belangeran*  
(Korth.) Burck



Gambar 5.13  
Kayu belangeran

Belangeran mempunyai nama botanis *Shorea belangeran* (Korth.) Burck. *Shorea balangeran* tersebar dari mulai Bangka Belitung, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Tengah (Martawijaya et al., 1989). Tinggi pohon 20-25 m, dengan panjang batang bebas cabang sampai 15 m, diameter 50 cm, tidak berbanir. Kulit luar berwarna merah tua sampai hitam, sedikit beralur dangkal, tidak mengelupas, tebal 1-3 cm (Idris et al. , 2008).

Ciri umum kayu belangeran mempunyai kayu teras berwarna coklat-merah atau coklat tua, kayu gubal berwarna putih kekuning-kuningan atau merah muda, tebal gubal 2-5 cm dan jelas dapat dibedakan dari kayu teras, tekstur kayu agak kasar sampai kasar dan merata, permukaan kayu licin dan pada beberapa tempat terasa lengket dan agak kusam. (Priatna et al., 2023).

#### 14. Kayu ramin

Klasifikasi dari pohon ramin:

Kingdom

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Myrtales

Family : *Thymelaeaceae*

Genus : *Gonystylus*

Spesies : *Gonystylus spp.*



Gambar 5.14

Kayu Ramin

Kayu Ramin (*Gonystylus spp.*) adalah kayu tropis yang ringan dan sering digunakan untuk pembuatan furnitur dan kayu lapis. Kayu teras berwarna kuning waktu baru ditebang, tetapi menjadi hampir putih kalau sudah kering. Kayu gubal berwarna lebih muda dan tidak mempunyai batas yang jelas dengan kayu teras, tebal 3 - 6 cm. Kayu ramin tidak mempunyai rasa dan bau, tetapi pada waktu baru ditebang seringkali berbau tidak enak. Bau yang menyengat sering timbul pada waktu menggergaji kayu ramin yang sudah lama disimpan di dalam *logpond* (Idris *et al.*, 2008).

Kayu ramin yang mengandung damar berbau wangi jika dibakar. Kayu ramin cocok untuk konstruksi ringan di bawah atap, rangka pintu dan jendela, mebel, kayu lapis, moulding, mainan anak-anak, dan barang bubutan.

## 15. Kayu ketapang

Klasifikasi dari pohon ketapang:

Kingdom

Divisi : Mognopiliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Mytales

Family : *Combretaceae*

Genus : *Terminalia*

Spesies : *Terminalia catappa*



Gambar 5.15

Kayu Ketapang

Kayu ketapang sering dimanfaatkan sebagai tanaman peneduh ataupun tanaman penghias taman. Kayu teras pada kayu ketapang berwarna coklat muda pucat atau kuning- jerami dan mempunyai tekstur kayu yang agak kasar. Kayu ketapang digunakan untuk bahan bangunan ringan, rangka pintu jendela, peti jenasah, molding, papan tebal, kasau, balok penyangga, lantai, mebel, pedati, alat pertanian, perahu dan kano, tiang layar, kayu lapis, pulp kertas serta kayu energi. Kayu ketapang sangat mudah diserang rayap sehingga sebaiknya diawetkan dahulu dengan bahan pengawet yang sesuai (Idris *et al.*, 2008).

## 16. Kayu tembesu

Klasifikasi dari pohon tembesu:

Kingdom

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Gentianales  
Family : *Gentianaceae*  
Genus : *Fagraea*  
Spesies : *Fagraea fragrans*  
*Robx.*



Gambar 5.16

#### Kayu tembesu

Pohon tembesu merupakan salah satu spesies endemik Kalimantan yang tumbuh liar di hutan. Tinggi pohon sampai 40 m dengan panjang batang bebas cabang sampai 25 m, diameter 80 cm atau lebih, batang tegak, tidak berbanir. Kulit luar berwarna coklat sampai hitam, beralur dangkal dan sedikit mengelupas. Ciri umum kayu tembesu, kayu teras berwarna coklat kuning muda, jika kena udara menjadi coklat kekuningan atau coklat-jingga.

Kayu gubal tidak dapat dibedakan dengan jelas dari kayu teras tetapi pada umumnya berwarna lebih muda, tekstur kayu halus sampai agak halus dan merata, permukaan kayu agak kesat dan mengkilap, kayu yang masih segar berbau busuk yang akan hilang jika kayunya sudah kering. Kayu tembesu terutama dipergunakan untuk konstruksi berat di tempat terbuka maupun berhubungan dengan tanah, balok jembatan atau tiang rumah, lantai dan barang bubutan (Idris *et al.* , 2008).

## 17. Kayu balau

Klasifikasi dari pohon balau:

Kingdom

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Malvales

Family : *Dipterocarpaceae*

Genus : *Shorea*

Spesies : *Shore spp.*



Gambar 5.17

Kayu balau

Kayu Balau adalah jenis kayu yang berasal dari pohon balau. Pohon balau adalah anggota dari famili *Dipterocarpaceae* dan biasanya ditemukan tumbuh di daerah tropis, terutama di Asia Tenggara. Tinggi pohon 20 – 50 m, panjang batang bebas cabang 10 – 35 m, diameter sampai 160 cm, banir dapat mencapai tinggi 3,5 m. Ciri umum kayu balau adalah: kayu teras berwarna coklat muda atau kuning-coklat muda yang lambat laun menjadi coklat tua, kayu gubal berwarna lebih muda dari kayu teras, tebal kayu gubal 2 – 12 cm, permukaan kayu umumnya licin dan sedikit mengkilap (Wardhani & Suriansyah, 2008).

Kayu balau dipergunakan untuk konstruksi berat, terutama jika berhubungan dengan keadaan yang lembab dan berhubungan dengan tanah. Digunakan untuk jembatan, bantalan, tiang listrik, lantai, , perkapalan (antara lain untuk kemudi,

pendayung, tiang layar, lunas dan gading-gading), dan perumahan ( Idris *et al.*, 2008).

## 18. Kayu jelutung

Klasifikasi dari pohon jelutung:

Kingdom

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Malvales

Family : *Apocynaceae*

Genus : *Dyera*

Spesies : *Dyera spp.*



Gambar 5.18  
Kayu jelutung

Daerah persebaran kayu jelutung tersebar di Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Timur. Tinggi pohon berkisar 25-45 m dengan tajuk tipis dan berdaun tunggal yang melingkar pada ranting sebanyak 4-8 helai, panjang batang bebas cabang 15-30 m, diameter pohon sampai 100 cm. Ciri umum kayu jelutung , kayu teras dan kayu gubal berwarna sama yaitu putih krem sampai seperti warna jerami pucat, tekstur kayu agak halus dan merata, permukaan kayu licin dan sedikit mengkilap. Kayu jelutung sangat baik untuk cetakan, meja gambar, kelom dan ukiran, dapat juga dipakai sebagai separator baterai, potlot dan kayu lapis murah (Pakpahan *et al.*, 2017).

## 19. Kayu Mersawa

Klasifikasi dari pohon mersawa:

Kingdom

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Malvales

Family : *Dipterocarpaceae*

Genus : *Dipterocarpaceae*

Spesies : *Anisoptera spp.*



Gambar 5.19

Kayu mersawa

Nama lain kayu mersawa di daerah Kalimantan diantaranya berua, merlangsat, merayo, merbani, punyau, suri, tampurau, dan tukam. Tinggi pohon sampai 45 m, panjang batang bebas cabang 15-35 m, diameter sampai 150 cm, bentuk batang silindris. Kulit luar berwarna kelabu, kelabu-kuning, kelabu-coklat sampai coklat, beralur dangkal dan mengelupas kecil-kecil. Tinggi banir 1,5 - 3 m. Batang pohon mersawa mengeluarkan damar berwarna keputih-putihan, hijau muda, hijau kekuning-kuningan atau kuning.

Ciri umum dari kayu mersawa, kayu teras berwarna kuning kejingga-jinggaan, kayu gubal berwarna putih sampai kuning muda atau coklat muda, tebal 3-12 cm, mengandung damar dan mempunyai batas yang jelas dengan kayu teras, tekstur kayu agak kasar sampai kasar dan merata, permukaan kayu agak kesat dan sedikit mengkilap. Kayu mersawa

dapat dipakai untuk bangunan ringan di bawah atap (balok, kaso, reng, papan), kano, venir luar dan dalam untuk kayu lapis, mebel murah, papan perahu, karoseri, lantai, dan alat pencuci bijih logam (Idris *et al.*, 2008).

## 20. Kayu merawan

Klasifikasi dari pohon merawan:

Kingdom

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Malvales

Family : *Dipterocarpaceae*

Genus : *Hopea*

Spesies : *Hopea spp.*



Gambar 5.20  
Kayu Merawan

Kayu merawan merupakan salah satu jenis pohon yang berasal dari genus *Hopea*. Tinggi pohon 30-40 m, panjang batang bebas cabang 15-25 m, diameter 75 – 150 cm. Kulit luar berwarna abu-abu kecoklatan sampai hitam. Ciri umum kayu merawan, kayu teras yang masih segar berwarna kuning muda kecoklatan, coklat muda, kadang-kadang dengan garis-garis tak teratur berwarna kehijauan atau merah muda.

Kayu gubal berwarna putih atau kuning muda dan mempunyai batas yang jelas dengan kayu teras, tebal gubal sampai 10 cm dan biasanya 3 – 4 cm, tekstur kayu halus sampai agak halus dan merata,

permukaan kayu agak licin dan mengkilap waktu masih segar dan lambat laun menjadi mengkilap indah. Kayu merawan banyak dipakai untuk balok, tiang dan papan pada bangunan perumahan, juga dapat dipakai sebagai kayu perkapalan, tong air, ambang jendela, kerangka rumah, dan barang bubutan (Idris et al. , 2008).

## 21. Kayu resak

Klasifikasi dari pohon resak:

Kingdom

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Malvales

Family : *Dipterocarpaceae*

Genus : *Vatica*

Spesies : *Vatica spp.*



Gambar 5.21  
Kayu resak

Pohon resak (*Vatica spp.*) adalah sekelompok pohon berdaun lebar yang termasuk dalam famili *Dipterocarpaceae*. Pohon ini tumbuh di hutan-hutan tropis Asia Tenggara dan merupakan komponen utama dalam hutan primer wilayah tersebut. Tinggi pohon 25 – 35 m, panjang batang bebas cabang 10 – 20 m, diameter 40 – 80 cm, tidak berbanir. Kulit luar berwarna kelabuputih, tidak beralur, sedikit

mengelupas, mengeluarkan damar berwarna putih atau putih kuning.

Ciri umum kayu resak, kayu teras berwarna coklat kuning atau coklat semu-semu merah, kayu gubal berwarna merah jambu, kuning muda atau coklat-kuning muda, jika masih segar gubal berbeda jelas dengan kayu teras tetapi hanya sedikit berbeda jika sudah kering, tebal gubal 5 – 10 cm, tekstur kayu halus dan merata, permukaan kayu kesat sampai agak licin dan kilap permukaan kayu kusam sampai agak mengkilap (Kurnia *et al.*, 2023).

Kayu resak cocok untuk tiang dalam tanah dan air, juga dapat dipakai untuk balok, rusuk dan papan pada bangunan perumahan, kayu pertambangan, lantai, tiang listrik, perkapalan (lunas dan gading-gading), sirap ambang jendela, rangka pintu dan jendela, bantalan, dan barang bubutan (Idris *et al.*, 2008).

## Rangkuman

Pulau Kalimantan merupakan salah satu pulau yang dikenal memiliki berbagai keanekaragaman hayati yang didalamnya berisi sumber daya alam yang tidak terhingga yang dapat dimanfaatkan. Salah satu sumber daya tersebut adalah kayu. Beberapa jenis kayu yang dapat ditemui di Kalimantan seperti kayu gelam, kayu ulin, kayu meranti, kayu mahoni, kayu gaharu, kayu bajakah, kayu sengon, kayu bangkirai, dan lain-lain.

## Tes Formatif

Untuk menguji pemahaman tentang materi yang diberikan, maka jawablah beberapa pertanyaan berikut:

1. Pemilahan bahan dasar kayu sangat penting untuk mengetahui jenis serat yang dihasilkan dari pohon guna menghasilkan produk kertas yang layak. Pohon dengan kualitas yang rendah dapat menimbulkan biaya yang lebih besar maupun pencemaran lingkungan. Kemukakan alasan

- kalian, klasifikasi pohon yang seperti apa yang layak dijadikan kertas yang berkualitas tinggi?
2. Kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*) termasuk jenis kayu yang sangat terkenal di Kalimantan. Kayu ulin diberi julukan kayu besi, julukan kayu besi pada kayu ulin bukan tanpa alasan. Hal tersebut disebabkan oleh kekuatan dan keawetan kayu ini sudah tidak perlu diragukan lagi. Bahkan kayu ulin digolongkan sebagai kategori kayu kelas kuat 1 dan kelas awet 1 karena ketahanannya. Selain tahan akan perubahan kelembapan, suhu, dan air laut, kayu ulin juga tahan akan serangan rayap dan serangga penggerek batang. Jelaskan komponen kimia apa saja yang membuat kayu ulin tahan terhadap serangan rayap dan serangga penggerek batang?
  3. Kayu gelam (*Meulaleuca leucadendra Linn*) memiliki beragam kegunaan, sehingga sudah lama menjadi sumber mata pencaharian dan pendapatan masyarakat. Salah satu potensi yang dapat dimanfaatkan dari daun kayu gelam yakni bisa dijadikan minyak atsiri. Mengapa kandungan kimia kayu gelam bisa dijadikan minyak atsiri?
  4. Kayu gaharu (*Aquilaria malaccensis*) adalah salah satu jenis kayu yang populer di kalangan penggemar parfum dan wewangian. Proses pembuatan parfum dari kayu gaharu melibatkan

penyulingan dan ekstraksi minyak sehingga menghasilkan aroma yang unik dan eksotis. Aroma khas tersebut menjadikan kayu gaharu sering dihargai sebagai bahan dasar pembuatan parfum. Mengapa kayu gaharu menjadi populer sebagai bahan dasar pembuatan parfum?

5. Kayu gubal dan kayu teras adalah dua jenis bahan kayu yang sering digunakan dalam berbagai proyek konstruksi dan pembuatan perabot. Bagaimana perbedaan antara keduanya?

## Kunci Jawaban

### Bab 1

1. Pemilihan antara kayu jati dan pinus sebagai bahan bangunan tergantung pada sejumlah faktor berikut.
  - a. Kualitas dan daya tahan kayu, jati dikenal sebagai kayu keras yang memiliki daya tahan memiliki serat yang lebih rapat dan lebih kuat, sehingga lebih cocok untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan dan ketahanan, seperti pembuatan furnitur dan lantai. Di sisi lain, kayu pinus yang tergolong kayu lunak cenderung lebih lembut, dengan serat yang lebih longgar sehingga lebih sering digunakan dalam konstruksi ringan, kertas, dan produk-produk yang memerlukan fleksibilitas.
  - b. Ketersediaan dan harga, ketersediaan dan harga kayu jati bisa menjadi faktor yang memengaruhi keputusan. Kayu Jati sering kali lebih mahal dan mungkin sulit ditemukan di beberapa wilayah sedangkan kayu pinus umumnya lebih mudah ditemukan dan memiliki harga yang lebih terjangkau.
  - c. Tampilan dan gaya arsitektur, gaya arsitektur dan estetika proyek bangunan juga harus dipertimbangkan. Kayu jati cenderung

memiliki tampilan yang lebih mewah dan elegan, sementara kayu pinus memiliki tampilan yang lebih sederhana dan cocok untuk proyek dengan estetika yang lebih kasual.

Jadi pemilihan antara kayu jati dan pinus akan sangat tergantung pada proyek bangunan yang sedang dilakukan, anggaran yang tersedia, kondisi lingkungan, dan estetika. Keduanya memiliki keunggulan masing-masing, dan penebang pohon harus mempertimbangkan faktor-faktor ini untuk membuat keputusan yang tepat sesuai dengan kebutuhan proyek.

2. Kayu mahoni berasal dari pohon mahoni (*Swietenia spp.*) yang tumbuh di daerah tropis. Beberapa alasan mengapa kayu mahoni dikategorikan sebagai kayu keras adalah sebagai berikut.
  - a. Kepadatan kayu, kayu mahoni memiliki tingkat kepadatan yang tinggi. Ini berarti bahwa serat sel kayu di dalamnya lebih rapat. Kepadatan yang tinggi memberikan kekuatan dan tahan lama pada kayu.
  - b. Kekuatan mekanis, kayu mahoni memiliki kekuatan tekan dan tarik yang baik.
  - c. Pertumbuhan pohon lebih lambat, menghasilkan cincin pertumbuhan yang lebih ketat dan memberikan kayu yang lebih keras.

d. Berdaun lebar.

Pohon Pinus sebagai kayu lunak, disebabkan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- a) Kepadatan kayu, kayu pinus memiliki tingkat kepadatan yang lebih rendah dibandingkan dengan kayu keras. Serat sel kayu dalam kayu pinus tidak sepadat kayu keras, sehingga lebih ringan.
- b) Kekuatan mekanis, kayu pinus memiliki kekuatan mekanis yang lebih rendah dibandingkan dengan kayu keras. Meskipun cukup kuat untuk berbagai aplikasi, namun tidak sekuat kayu keras.
- c) Pertumbuhan pohon lebih cepat, sehingga memiliki cincin pertumbuhan yang lebih longgar.
- d) Berdaun jarum (*coniferous*).

3. Salah satu teknologi lingkungan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah ini adalah penggunaan pemutihan klorin bebas yang lebih ramah lingkungan, seperti pemutihan berbasis oksigen (*oxygen-based bleaching*) atau pemutihan menggunakan hidrogen peroksida (*hydrogen peroxide bleaching*). Untuk mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya dan meminimalkan

- dampak lingkungan selama proses produksi kertas dengan menggunakan konsep *green chemistry*.
4. Limbah kayu dapat menjadi masalah lingkungan yang serius jika tidak dikelola dengan baik. Cara yang dapat dilakukan yakni dengan mendaur ulang limbah kayu, menggunakan limbah kayu sebagai bahan bakar alternatif, mengomposkan limbah kayu, membuat limbah kayu sebagai dekorasi dan furnitur, dan lainnya.
  5. Ada beberapa langkah yang dapat diambil untuk mengatasi limbah kayu di hutan. Salah satunya adalah menggunakan teknik-teknik pengelolaan limbah kayu yang lebih inovatif, seperti penggunaan limbah kayu sebagai bahan baku untuk produksi bioenergi atau bahan baku industri lainnya. Selain itu, pendekatan konservasi dengan melibatkan masyarakat lokal dalam pengelolaan limbah kayu dapat membantu menjaga kelestarian ekosistem hutan dan mengoptimalkan pemanfaatan limbah kayu.

## Bab 2

1. Sifat penting dari selulosa dalam pembuatan kertas antara lain,
  - a. Mempunyai derajat polimerasi, sehingga serat menjadi panjang, makin panjang serat kertas makin kuat dan tahan terhadap degradasi.
  - b. Memiliki daya serap air yang memungkinkan kertas untuk menyerap tinta dengan baik.
  - c. Mempunyai kemampuan untuk membentuk ikatan hidrogen dengan serat-serat lain, sehingga menghasilkan kertas yang padat dan kokoh.
2. Rayon viskosa lebih sering digunakan dalam industri tekstil karena memiliki sejumlah keunggulan yakni memiliki serat yang lembut dan halus, kemampuan menyerap yang baik, kemampuan menjaga warna (cenderung tetap terlihat cerah dan menarik dalam jangka waktu yang lama), lebih mudah diwarnai dengan berbagai macam warna, dan bersifat *biodegradable*.
3. Dalam pembuatan nanoselulosa melalui berbagai mekanisme, seperti penguatan matriks polimer, penambah ketahanan terhadap pukulan dan goresan, pengurangan berat, peningkatan kekakuan dan kekuatan tarik, ekspansi termal, dan peningkatan ketahanan kimia. Hal tersebut menjadikan produk nanoselulosa dapat

- meningkatkan ketahanan kimia komposit terhadap zat-zat kimia tertentu.
4. Perbedaan dalam komposisi dan jumlah senyawa ekstraktif dalam berbagai bagian pohon kayu dapat dijelaskan oleh sejumlah faktor yang kompleks dan beragam.
    - a. Fungsi fisiologi, setiap bagian pohon memiliki fungsi fisiologis yang berbeda. Misalnya, kulit pohon dan daun berperan dalam proses fotosintesis, sementara jaringan dalam seperti kayu memiliki fungsi struktural.
    - b. Fungsi pertahanan, bagian pohon yang lebih ekspos terhadap ancaman eksternal, seperti kulit luar, mungkin menghasilkan senyawa ekstraktif sebagai mekanisme pertahanan.
    - c. Pendistribusian pada bagian pohon dengan cara yang berbeda-beda.
  5. Getah kopal banyak digunakan untuk bahan campuran cat, arpus, politur (cat transparan), kosmetik, dan kemenyan.

## Bab 3

1. Sebagai berikut:
  - a. Pembentukan mikrofibril selulosa, molekul selulosa yang saling terhubung oleh ikatan glikosidik saling berikatan melalui ikatan hidrogen antara atom oksigen (O) pada gugus hidroksil (-OH) dari satu molekul glukosa dengan atom oksigen pada gugus hidroksil. Ikatan hidrogen ini membantu menjaga kesatuan unit-unit rantai selulosa dan memungkinkan pembentukan jaringan mikrofibril yang kuat.
  - b. Sifat fisik selulosa yang dipengaruhi oleh ikatan hidrogen seperti sifat mekanik, kekakuan, ketahanan terhadap air, dan berbagai sifat fisik lainnya dari selulosa.
2. Perbedaan dalam struktur hemiselulosa antara tumbuhan berdaun lebar dan tumbuhan jarum yakni:
  - a. Hemiselulosa pada tumbuhan berdaun lebar, seperti pohon kayu keras (misalnya, ek, kayu jati), cenderung mengandung lebih banyak gula pentosa, seperti xilosa dan arabinosa sedangkan pada tumbuhan daun jarum cenderung mengandung lebih banyak gula heksosa, seperti glukosa.
  - b. Hemiselulosa dalam tumbuhan berdaun lebar sering lebih terkait dengan selulosa, membentuk struktur

- dinding sel kayu yang lebih padat dan keras sedangkan pada tumbuhan berdaun jarum lebih terkait dengan lignin daripada selulosa, yang membuat dinding sel tumbuhan jarum lebih tahan terhadap degradasi.
- c. Hemiselulosa dalam tumbuhan berdaun lebar mungkin mengandung lebih banyak pektin, yang memberikan sifat pengental dan penyerap air yang baik pada dinding sel. Hemiselulosa dalam tumbuhan jarum cenderung memiliki kandungan pektin yang lebih rendah.
3. Kayu batak merah mengandung senyawa ekstraktif yang dapat bermanfaat dalam melawan penyakit karena mengandung zat-zat aktif yang memiliki sifat-sifat farmakologis atau khasiat medis tertentu. Beberapa alasan mengapa senyawa ekstraktif dari kayu batak merah dapat bermanfaat dalam melawan penyakit meliputi:
- a. Zat antioksidan seperti polifenol dan flavonoid. Senyawa-senyawa ini membantu melawan radikal bebas dalam tubuh, yang dapat merusak sel-sel dan menyebabkan berbagai penyakit, termasuk penyakit jantung, kanker, dan penuaan dini.
  - b. Sifat antiinflamasi, yang dapat mengurangi peradangan dalam tubuh. Peradangan kronis dapat berkontribusi

- pada penyakit seperti arthritis, diabetes, dan penyakit autoimun.
- c. Efek antimikroba, yang dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen seperti bakteri, jamur, atau virus. Hal ini dapat membantu melawan infeksi dan penyakit menular.
  - d. Imboostimulan, yang dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh, membantu tubuh lebih efektif dalam melawan infeksi dan penyakit.
  - e. Sifat analgesik atau pereda nyeri, yang dapat membantu mengurangi rasa sakit yang terkait dengan berbagai kondisi medis.
4. Kayu ulin mengandung senyawa ekstraktif eusiderin, tanin, alkaloid, flavonoid, saponin, dan senyawa fenolik.
  5. Keberadaan terpen dan resin dalam kayu dapat menyebabkan penggumpalan dan mengotori permukaan selama pengerjaan kayu secara mekanis, seperti penggergajian, pembuatan finir, dan pembuatan pulp, dikarenakan terpen dan resin memiliki viskositas yang tinggi pada suhu kamar sehingga senyawa ini dapat menggumpal. Selain itu, disebabkan juga oleh perubahan fasa yang awalnya padat berubah menjadi cair.

## Bab 4

1. Proses sulfat atau kraft, proses sulfit, dan proses soda.
2. Pemutihan diperlukan dalam pembuatan kertas untuk menghilangkan lignin residu dan kotoran lainnya dari bubur kertas, sehingga menghasilkan produk kertas yang lebih cerah dan putih. Bahan pemutih yang digunakan seperti klorin dioksida ( $\text{ClO}_2$ ).
3. Lignin harus dihilangkan, karena dapat mengakibatkan kekuatan fisik pada pulp menjadi rendah disebabkan oleh terhambatnya pembentukan ikatan selulosa dan hemiselulosa dalam pembentukan ikatan serat. Selain itu, warna kertas yang dihasilkan menjadi kekuningan dan gelap.
4. Proses pembuatan kertas sering melibatkan sistem pemulihan air dan bahan kimia untuk meminimalkan dampak lingkungan dan mengurangi biaya. Air limbah diolah dan disaring untuk digunakan kembali, dan bahan kimia seperti soda kaustik ( $\text{NaOH}$ ) dan natrium sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) dipulihkan dan didaur ulang dalam proses tersebut.
5. Pengendalian pH sangat penting dalam kimia pembuatan kertas karena memengaruhi kualitas dan stabilitas bubur kertas. Menjaga rentang pH yang benar membantu mencegah degradasi serat selulosa dan pengendapan kotoran, sehingga memastikan produk yang konsisten.

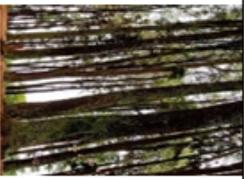
## Bab 5

1. Kayu yang digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan kertas berasal dari berbagai jenis pohon, salah satu famili yang sering digunakan dalam industri kertas adalah Famili *Pinaceae*. Selain famili *Pinaceae*, beberapa spesies dalam famili lain seperti Famili *Betulaceae* (contohnya, *Betula papyrifera* atau kayu betula putih) dan Famili *Salicaceae* (contohnya, *Salix spp.* atau kayu willow) yang juga digunakan dalam industri kertas, terutama untuk produksi kertas khusus.
2. Kayu ulin mengandung berbagai senyawa kimia alami, termasuk tanin dan resin. Tanin adalah senyawa yang dikenal memiliki sifat antirayap karena rasanya pahit. Resin juga dapat menghambat perkembangan rayap.
3. Kayu gelam mengandung beragam senyawa kimia yang memiliki aroma khas dan sifat-sifat tertentu, seperti cineole,  $\alpha$ -terpineol, dan  $\beta$ -pinene. Senyawa-senyawa ini memiliki nilai aromaterapi dan digunakan dalam berbagai produk parfum, obat-obatan, dan produk perawatan tubuh.
4. Kayu gaharu menghasilkan resin yang dikenal sebagai "oudh" atau "agarwood" yang merupakan bahan dasar penting dalam pembuatan parfum dan minyak wangi mewah.

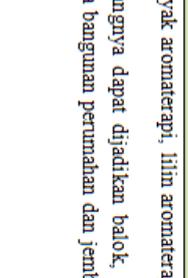
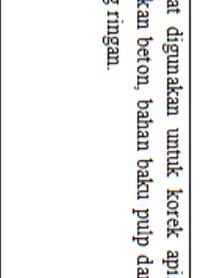
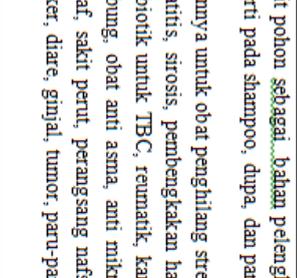
5. Kayu gubal berasal dari pemotongan kayu teras menjadi ukuran batang dengan permukaan yang kasar sedangkan kayu teras berasal dari bagian dalam kayu pohon yang masih segar dan memiliki tekstur serat yang sangat halus.

## Daftar Kayu Di Kalimantan Beserta Komponen Kimianya

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
1	Akasia ( <i>Acacia ssp.</i> )		Batang	Tanin, asam-asam organik (asam asetat, asam sitrat, dan asam malat), flavonoid minyak atsiri, dan alkaloid	Serat kayu sebagai pembuatan pulp dan kertas, bahan baku pewarna minyak aromaterapi, dll.
2	Alaban atau Leban ( <i>Vitex pinnata</i> L.)		Batang dan Kulit batang	Flavonoid dan triperenoid	Kandungan flavonoid sebagai antioksidan. Kandungan triperenoid pada kulit batang, berperan aktif sebagai antimikroba, dapat menghambat virus HIV. Air rebusan kulit batang untuk menjaga stamina dan dapat mengobati malaria.
3	Bajakamerah ( <i>Spatholobus thirovallis</i> Hassk.)		Kayu/Batang	Sapoin, flavonoid alkaloid, steroid terpenoid, fenolik, tanmin.	Menurunkan kadar kolesterol, melawan sel kanker, mencegah tumor, meningkatkan kekebalan tubuh, pereda nyeri, mampu cepat penyembuhan luka antiseptic, antimikroba, gangguan menstruasi, mengurangi peradangan, obat malaria, obat diabetes, anti-oksidan, mencegah jantung, mengobati alergi atau infeksi, memperbaiki sel rusak akibat radikal bebas.

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
4	Pinus ( <i>Pinus merkusii</i> )		Pohon dan Getah	Lignin, selulosa, hemiselulosa, terpenoid ( $\alpha$ -pinen, $\beta$ -pinen, limonene) dan flavonoid	Batangnya sebagai bahan baku industri kertas, sebagai bahan dasar pembuatan kayu lapis untuk membuat <i>plywood</i> , <i>chipboard</i> , dan OSB ( <i>Oriented Strand Board</i> ). Getahnya dapat mengatasi infeksi. Jika kulit, meredakan peradangan dan bahan baku biopestisida.
5	Kayu sengon ( <i>Paraserianthes falcataria</i> )		Kulit kayu dan Batang	Selulosa, hemiselulosa, lignin, tanin, flavonoid, saponin, dan alkaloid	Serat kayu digunakan pada industri kertas kualitas menengah, bahan dasar penunahan (papan, balok, tiang, kaso dan sebagainya), pembuatan peti, vena pulp, karton, papan mineral, papan serat, papan partikel, korek api (tangkai dan kotak), kelom, dan kayu bakar.
6	Kayu bangkai ( <i>Shorea levis</i> )		Batang	Selulosa, hemiselulosa, lignin, minyak esensial, resin, dan asam-asam fenolat	Digunakan untuk konstruksi berat (bangunan jembatan, bantalan, tiang listrik, lantai, pekapalan, dan penunahan).

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
7	Kasturi ( <i>Mangifera casturi</i> Kosterm)		Buah	Fenolat dan flavonoid, terpenoid, kelompok polifenol, saponin, tanin, triterpenoid, dan magiferin, polifenol, bioflavonoid, vitamin C, vitamin E beta-karoten, dan katekin	Anti kanker, meningkatkan daya tahan tubuh, melindungi sariawan, melindungi saluran pencernaan, meningkatkan sistem imun, dan mengoptimalkan kesehatan mata
8	Kayu kapur ( <i>Terminalia catappa</i> )		Akar dan batang	Kristal kapur dan batang Bornaeol, selulosa, lignin, dan pentosan	Akaranya sebagai anti-diabetes Batangnya dapat diolah sebagai bahan dasar bangunan dan lantai. Minyak aromaterapi, lilin aromaterapi dan parfum. Batangnya dapat dijadikan balok, tiang, rusuk, papan pada bangunan perumahan dan jembatan, dan peti mati.

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
8	Kayu kapur ( <i>Terminalia catappa</i> )		Kristal kapur dan batang	Borneol, selulosa, lignin, dan pentosan	Minyak aromaterapi, lilin aromaterapi dan parfum. Batangnya dapat dijadikan balok, tiang, rusuk, papan pada bangunan perumahan dan jembatan, dan peti mati.
9	Kayu jabon ( <i>Anthocephalus chinensis</i> (Lamk.) A. Rich)		Barang	Selulosa, lignin, dan pentosan	Dapat digunakan untuk korek api. Peti pembungkus, cetakan beton, bahan baku pulp dan konstruksi darurat yang ringan.
10	Kayu gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> )		Kulit pohon dan daun	Resin, flavonoid, alkaloid, terpenoid, saponin, dan fenol, noroxo-agarofuran, agarospiritol, 3,4 dihidroxy dhydroagarofuran, D- methoxy- benzy/ aceton, aquilochin, jinkohol, jinkohetermol,	Kulit pohon sebagai bahan pelengkap wangi-wangian, seperti pada shampoo, dupa, dan parfum. Damunya untuk obat penghilang stress, gangguan ginjal, hepatitis, strosis, pembengkakan hati dan ginjal, bahan antibiotik untuk TB, reumatik, kanker, malaria, tukak lambung, obat anti asma, anti mikroba, stimulan kerja syaraf, sakit perut, perangsang nafsu birahi, analgesik, kanker, diare, ginjal, tumor, paru-paru

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
11	Pasak bumi ( <i>Eurycoma longifolia</i> )		Akar	Carbun, euryomanon, etanol, quasinoid, alkaloid, flavonoid	Menghambat sel kanker, antitumora, meningkatkan kadar testosteron Memperbaiki afrodisiak, meredakan stres, anti-leukemia dan prospektif sebagai anti-HIV, dan anti oksidan.
12	Ulin ( <i>Eurideroxyton zeygeri</i> )		Batang	Lignin, selulosa, hemiselulosa, sesquiterpenes, dan tannin	Konstruksi bangunan, perabotan, pembuatan kapal dan perahu, dan berbagai jenis kerajinan.
13	Kayu serai ( <i>Syzygium sp.</i> )		Buah dan daun	Flavonoid, saponin, fenolik, alkaloid, dan tannin.	Buah dari pohon ulin untuk obat bengkak. Daunnya untuk muntah darah, untuk daun ulin yang muda berguna mengatasi gangguan ginjal dan daun yang tua baik untuk obat rambut.
			Kulit bagian dalam	Polifenolik, tannin, asteroid, kuitson, dan saponin.	Mengatasi diare, ambeien

Activate  
Content

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
14	Tigaron ( <i>Cratogeomada adansonii</i> )		Kulit batang	Alkoid, flavonoid, fenolik, dan steroid	Kulit dari batangnya berguna untuk obat gangguan ginjal dan batu ginjal.
15	Kayu manis ( <i>Cinnamomum burmanni</i> Blume)		Akar dan daun Kulit kayu	Minyak atsiri, eugenol, safrole, sinamaldehid, tannin, kalsium oksalat Alkaloid, saponin, tannin, sinamaldehid, polifenol, flavonoid, kuinon dan triterpenoid	Mengobati diabetes dan hipertensi, peluruh kencing, antirematik, meningkatkan nafsu makan, dan menghilangkan sakit Antiseptik dan obat disentri, singkir angin, reumatik, diare, pilek, sakit usus, jantung, pinggang, darah tinggi dan kesuburan wanita, obat kumur, pasta, deterjen, lotion, parfum, krim, pewangi/cita rasa, anti kanker, anti bakteri dan jamur, serta antioksidan anti inflamasi, mengurangi risiko serangan jantung, meningkatkan kinerja insulin, pengontrol gula darah, dan terapi penyakit saraf
16	Gelam ( <i>Melaleuca leucadendron</i> L.)		Batang, kulit batang Daun, bunga	Lignoselulosa, zat warna, dan asam oksalat Sineol 7-14%, dan Terpineol	Sebagai bahan bangunan, zat pewarna alami, dan Minyak atsiri, antibakteri, dan biopestisida

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
17	Kenanga ( <i>Cananga odorata</i> )		Kulit bagian dalam dan bunga	Alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, steroid, terpenoid (minyak atsiri), dan polifenol	Kulit batang bagian dalam memiliki khasiat sebagai penawar racun gigitan binatang berbisa. Bunganya berperan dalam mengatasi nyeri haid.
18	Kayu meranti ( <i>Shorea leprosula</i> <i>Miq</i> )		Barang	Selulosa, resin, asam-asam fenolat, dan minyak esensial.	Dipakai untuk venir dan kayu lapis, kerangka bangunan, balok, galar, kayu perkapalan, pintu dan jendela, dinding, lantai, dan sebagainya.
19	Manggis hutan ( <i>Garcinia celebica</i> Lim.)		Kulit batang dan daun	Santon, benzoofenon, flavonoid triterpenoid lupeol, dan flavonoid apigenin	Antibakteri MRSA, antioksidan

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
20	Rambai padi ( <i>Sonneratia alba</i> )		Kulit batang	Flavonoid dan senyawa fenolik	Sebagai anti bakteri dan antioksidan
21	Langsat ( <i>Lansium domesticum</i> Corr.)		Kulit batang	Alkaloid, flavonoid, saponin, tannin dan triterpenoid	Obat diare, disentri, caceng, demam, malaria, penyembuh bekas gigitan serangga, dan tumor.
22	Ketapang ( <i>Terminalia catappa</i> )		Daun dan buah	Flavonoid, tannin, saponin, fitosterol, coriagin, asam galat, pentose	Mencegah kanker, obat rematik, pencahar, obat sakti kepala, anti-HIV.
23	Kemuning ( <i>Alarites mollisima</i> )		Kulit batang	Flavonoid, senyawa fenolik	Antioksidan, antibakteri, anti radikal bebas
			Kulit batang dan biji	Saponin, flavonoid, polifenol, tannin	Air rebusan kulit batang dari pohon kemuning untuk mengatasi malaria. Minyak kemiri (biji kemuning) untuk menyuburkan dan menghidratkan rambut.

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
24	Putai-putai ( <i>Alstonia hirsutissima</i> Elmer)		Kulit batang	Alkaloid, saponin, terpenoid, flavonoid, fenolik, tanin, dan glikosida	Malaria, sakit perut, diare kronis, disentri lanjut, mengobati sakit gigi dan gigitan ular.
25	Kakoi ( <i>Shorea balangeran</i> )		Kulit batang, Daun	Alkaloid, saponin, tanin, fenolik, flavonoid, triterpenoid, dan glikosida	Antidiabetes, antioksidan, dan antikanker.
26	Kayu putih ( <i>Melaleuca cajuputi</i> )		Daun, kulit Batang	Sineol dan Terpineol	Antioksidan, antibakteri

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
27	Kayu mahoni ( <i>Swietenia macrophylla</i> King)		Batang dan daun	Selulosa, hemiselulosa, lignin, swietenol, tanin	Industri perabotan, konstruksi pintu, jendela, panel dinding, dan lantai; pembuatan kapal, pembuatan instrumen musik, dan panel dekoratif.  Ekstrak daun mahoni digunakan untuk mengurangi peradangan, melawan mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan jamur, sebagai detoksifikasi, dan pengobatan diabetes.
28	Kayu kering ( <i>Dipterocarpus spp.</i> )		Batang	Selulosa, hemiselulosa, lignin, asam fenolat, minyak atsiri	Asam fenolat yang memberikan sifat tahan terhadap serangan jamur dan rayap.  Kayu kering sering digunakan dalam industri konstruksi, terutama untuk membuat balok, tiang, dan kayu lapis.
29	Kayu merbau ( <i>Intsia spp.</i> )		Batang	Selulosa, hemiselulosa, lignin, Minyak esensial dan resin	Dipakai untuk balok, tiang, papan pada bangunan perumahan, bantalan, kayu perkapalan (lunas, gading-gading, dan dek), lantai, panel, dan mebel.

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
27	Kayu mahoni ( <i>Swietenia macrophylla</i> King)		Batang dan daun	Selulosa, hemiselulosa, lignin, swietenol, tanin	Industri perabotan, konstruksi pintu, jendela, panel dinding, dan lantai, pembuatan kapal, pembuatan instrumen musik, dan panel dekoratif. Ekstrak daun mahoni digunakan untuk mengurangi peradangan, melawan mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan jamur, sebagai detoksifikasi, dan pengobatan diabetes.
28	Kayu kering ( <i>Dipterocarpus spp.</i> )		Batang	Selulosa, hemiselulosa, lignin, asam fenolat, minyak atsiri	Asam fenolat yang memberikan sifat tahan terhadap serangan jamur dan rayap. Kayu kering sering digunakan dalam industri konstruksi, terutama untuk membuat balok, tiang, dan kayu lapis.
29	Kayu merbau ( <i>Intsia spp.</i> )		Batang	Selulosa, hemiselulosa, lignin, Minyak esensial dan resin	Dipakai untuk balok, tiang, papan pada bangunan perumahan, bantalan, kayu perkapalan (lunas, gading-gading, dan dek), lantai, panel, dan mebel.

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
34	Kayu Balau ( <i>Shorea spp.</i> )		Batang	Lignin, selulosa, hemiselulosa, minyak atsiri, tanin, dan asam fenolat.	Digunakan untuk jembatan, bantalan, tiang listrik, lantai, perkapalan (antara lain untuk kemudi, pendayung, tiang layar, lunas dan gading-gading), dan perumahan.
35	Kayu jelutung ( <i>Dyera spp.</i> )		Batang	Selulosa, hemiselulosa, lignin, resin	Digunakan untuk cetakan, meja gambar, kelom dan ukiran, separator baterai, pensil, dan kayu lapis murah.
36	Kayu mersawa ( <i>Antisopera spp.</i> )		Batang	Lignin, selulosa, hemiselulosa, minyak atsiri, tanin, dan asam fenolat.	Digunakan untuk bangunan ringan di bawah atap (balok, kaso, reng, papan), venir luar dan dalam, kayu lapis, mebel, papan perahu, karoseri, lantai, alat pencuci bijih logam.

Activate

No.	Nama Kayu	Gambar	Jaringan Tumbuhan	Komponen Kimia	Potensi Penggunaan Kayu
37	Kayu merawan ( <i>Hopsea spp.</i> )		Batang	Lignin, selulosa, hemiselulosa, minyak atsiri, tanin, dan mineral tertentu.	Digunakan untuk balok, tiang dan papan pada bangunan perumahan, juga dapat dipakai sebagai kayu perkapalan (perahu, kulit dan lain-lain), tong air, ambang jendela, kerangka rumah, dan barang bututan.
38	Kayu resak ( <i>Tatica spp.</i> )		Batang	Lignin, selulosa, hemiselulosa, minyak atsiri, tanin,	Digunakan untuk tiang, balok, rusuk dan papan pada bangunan perumahan, kayu pertambangan, lantai, perkapalan (lunas dan gading-gading), sirap ambang jendela, rangka pintu dan jendela, bantalan, dan barang bututan.

## Glosarium

- Alkali** : Bahan kimia bernatrium seperti yang dijumpai pada natrium hidroksida, natrium sulfida, dan natrium sulfit.
- Alkaloid** : Senyawa metabolit sekunder bersifat basa, mengandung satu atau lebih atom nitrogen (biasanya dalam cincin heterosiklik).
- Bleaching** : Proses untuk menghilangkan warna ikatan kimia dan zat organik lainnya dari bahan mentah untuk membuat kertas lebih putih.
- Delignifikasi** : Proses penghilangan lignin dalam material organik melalui proses kimia atau fisika.
- Finir** : Lembaran kayu tipis dari 0,24 mm sampai 0,6 mm yang diperoleh dari proses pengupasan.
- Gondorukem** : Hasil olahan dari getah batang tusam yang peroleh dari hasil penyulingan.
- Ikatan** : Ikatan dari karbon anomerik

- glikodisik** : dengan gugus alkoksi (-or) dalam suatu glikosida.
- Lignoselulosa** : Senyawa kimia yang terdiri atas lignin dan selulosa yang merupakan komponen utama tumbuhan.
- Lindi hitam** : Cairan dari ketel menuju tanur untuk dibakar dalam proses pemulihan bahan kimia, mengandung zat kayu organik yang larut dan senyawa-senyawa alkali aktif sisa (residual).
- Metabolit** : Senyawa hasil metabolisme.
- Minyak atsiri** : Senyawa yang diekstrak dari bagian tumbuhan dan diperoleh melalui proses distilasi atau penyulingan.
- Minyak tal** : Campuran produk samping dari asam lemak, resin, asam abietat, asam pimaric, dan sabun yang diisolasi melalui proses penguapan lindi hitam.
- Minyak terpentin** : Cairan yang diperoleh dari penyulingan getah beberapa spesies pohon pinus.
- Proses Kraft** : Proses pengolahan pulp dengan bahan kimia sodium hidroksida

- (naoh) dan sodium sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), yang disebut juga proses sulfat.
- Polisakarida** : Senyawa karbohidrat kompleks yang terdiri dari banyak unit penyusun monosakarida yang terikat bersama melalui ikatan glikosidik.
- Rayon** : Benang yang dibuat dari serat hasil regenerasi selulosa.
- Tanin** : Suatu senyawa polifenol yang berasal dari tumbuhan, berasa pahit dan kelat, yang bereaksi dengan dan menggumpalkan protein, atau berbagai senyawa organik lainnya termasuk asam amino dan alkaloid.
- Terpenoid** : Suatu senyawa metabolit sekunder yang terbentuk dari unit-unit kerangka isoprena.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Thamrin, G. A., & Silaban, C. (2017). Potensi Limbah Pemanenan Kayu di Lokasi Penebangan IUPHHK-HA PT.Dasa Intiga Kalimantan Tengah. *Jurnal Hutan Tropis*, 5(2), 174-181.
- Adiputra, A., & Barus, B. (2018). Analisis risiko bencana kebakaran hutan dan lahan di Pulau Bengkalis. *Jurnal Geografi Edukasi dan Lingkungan*, 2(1), 1-8.
- Ahmad, M., & Nofrizal, N. (2012). Tentang Pelapukan Kapal Kayu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 14(2), 295964.
- Basyaruddin, B., & Awali, J. (2019). Potensi Pemanfaatan Kayu Gelam dan Kayu Sengon Dalam Dunia Konstruksi Berdasarkan Uji Kuat Lentur. *Rekayasa Sipil*, 13(3), 193-198.
- Bajpai, P. (2018). *Biermann's Handbook of Pulp and Paper: Volume 1: Raw Material and Pulp Making*. Amsterdam: Elsevier.
- Berglund, L., & Rowell, R. M. (2005). Wood composites. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*, 279-301.
- Badan Pusat Statistik. (2017). *Produksi Kayu Hutan Menurut Jenis Produksi (m<sup>3</sup>) Tahun 2016*. Jakarta: BPS RI.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Ketersediaan Data Hasil Hutan Bukan Kayu*. Jakarta: BPS RI.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Produksi Kayu Hutan Menurut Jenis Produksi (m<sup>3</sup>) Tahun 2017-2019*. Jakarta: BPS RI.

- Brannvall, E. (2009). Overview of Pulp and Paper Processes. *Pulping Chemistry and Technology*, 2, 1-13.
- Direktorat Industri Hasil Hutan dan Perkebunan. (2020). *Kebijakan Pengembangan Industri Hasil Hutan Berbasis Serat Alam*. Jakarta: Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Fengel, D., & Wegener, G., Alih bahasa oleh Sastrohasmidjojo, H. (1984). *Wood: Chemistry and Ultrastructure. Reactions*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gellerstedt, G., & Henriksson, G. (2009). *Pulping Chemistry and Technology*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Gultom, D. T., Sribudiani, E., & Somadona, S. (2020). Kriteria Pemilihan Jenis Kayu Dalam Pembuatan Kapal Wisata Berdasarkan Pengetahuan Masyarakat Kelurahan Tuktuk Siadong Kabupaten Samosir Provinsi Sumatera Utara. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 15(1), 25-35.
- Han, E. S., Goleman, Daniel, Boyatzis, Richard, & Mckee, A. (2019). Biologi Sel Unit Terkecil Penyusun Tubuh Makhluk Hidup, *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- Haroen, W. K. (2016). Hubungan Specific Gravity Kayudaun Terhadap Serat dan Kualitas Pulp (The Relationship of Hardwood Specific Gravity to Fiber and Pulp Quality). *Jurnal Selulosa*, 7(2), 59-68.

- Henriksson, G., Christiernin, M., & Agnemo, R. (2005). Monocomponent Endoglucanase Treatment Increases the Reactivity of Softwood Sulphite Dissolving Pulp. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 32(5), 211-214.
- Hidayati, S., & Zuidar, A. S. (2010). Kajian Penggunaan Asam Perasetat Untuk Pemutihan Terhadap Sifat Kimia Pulp Bagasse Hasil Organosolv. *Jurnal Agroekoteknologi*, 2(1).
- Hubbe, M. A., Sundberg, A., Mocchiutti, P., Ni, Y., & Pelton, R. (2012). Dissolved and Colloidal Substances (DCS) and the Charge Demand of Papermaking Process Waters and Suspensions: A Review. *BioResources*, 1(2), 172-173.
- Idris, M. M., Rachman, O., Pasaribu, R. A., Roliadi, H., Hadjib, N., Muchlis, M., & Siagian, R. M. (2008). Petunjuk Praktis Sifat-sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia. A Handbook of Selected Indonesian Wood Species. *ITTO Project PD*, 286(4).
- Kartini, D. E., & Sisillia, L. (2017). Jenis Tumbuhan Pewarna Alam yang Dimanfaatkan Oleh Masyarakat Penenun Desa Batu Lintang Kecamatan Embaloh Hulu Kabupaten Kapuas Hulu. *Tengkawang: Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(2).
- Kollmann, F. F., Cote, W. A., & Cote, W. A. (1968). Chemical Composition of Wood. *Principles of Wood Science and Technology: I Solid Wood*, 55-78.
- Komarayati, S., Gusmailina, G., & Efiyanti, L. (2018). Karakteristik dan Potensi Pemanfaatan Asap Cair Kayu Trema, Nani, Merbau, Matoa, dan

- Kayu Malas. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(3), 219-238.
- Kurnia, M. F., Solihat, S. S., Windarsih, G., & Usmadi, D. (2023). Identifikasi Otomatis Lima Jenis Resak (*Vatica Spp.*) Berdasarkan Beberapa Karakter Morfologi Daun Dan Algoritma Pembelajaran Mesin. *Buletin Kebun Raya*, 26(1), 26-37.
- Langenheim, V. E., & Jachens, R. C. (2003). Crystal Structure of the Peninsular Ranges Batholith From Magnetic Data: Implications For Gulf of California Rifting. *Geophysical Research Letters*, 30(11).
- Lucia, L. A. (2008). Lignocellulosic biomass: A Potential Feedstock to Replace Petroleum. *Bio Resources*, 3(4), 981-982.
- Lukmandaru, G. (2017). Komponen Kimia dan Sifat Antioksidan Kopal. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 15(1), 38-47.
- Matangaran, J. R., Partiani, T., & Purnamasari, D. R. (2013). Faktor Eksploitasi Dan Kuantifikasi Limbah Kayu Dalam Rangka Peningkatan Efisiensi Pemanenan Hutan Alam. *Jurnal Bumi Lestari*, 13(2), 384-393.
- Maulina, S., Pratiwi, D. R., & Erwin. 2019. Skrining Fitokimia dan Bioaktivitas Ektrsak Akar *Uncaria nervosa* Elmer (Bajakah). *Jurnal Atomik*, 4(2), 100-102.
- Muslich, M., Krisdianto, K., & Dewi, L. M. (2015). Analisis Hasil Pengujian Kayu Yang Diserang Penggerek Kayu Di Laut Dengan Interpretasi

- Gambar Digital. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(1), 11-18.
- Nastiti, K., & Nugraha, D. F. (2022). Aktivitas Antiinflamasi Ekstrak Kayu Bajakah (*Spatholobus littoralis* Hask): Anti-inflammatory Activity of Bajakah Wood Extract (*Spatholobus littoralis* Hask). *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 7(2), 45-50.
- Nawawi, D. S., Maulana, S., Maulana, M. I., Park, S. H., & Febrianto, F. (2018). Perubahan Kadar Komponen Kimia pada Tiga Jenis Bambu Akibat Proses Steam dan Pembilasan (Chemical Components Changed in Three Bamboo Species Treated by Steaming and Washing Processes). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*, 16(2), 102-114.
- Nurbaity, N. (2011). Pendekatan Green Chemistry Suatu Inovasi Dalam Pembelajaran Kimia Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia (JRPK)*, 1(1), 13-21.
- Pakpahan, D. R., Sulaeman, R., & Mardhiansyah, M. (2017). *Kriteria Pemilihan Jenis Kayu Sebagai Bahan Baku Alat Musik Gitar Akustik Berdasarkan Persepsi Masyarakat Di Kecamatan Sipoholon Kabupaten Tapanuli Utara Provinsi Sumatera Utara (Doctoral dissertation, Riau University)*.
- Panshin, A.J., & de Zeeuw, C. (1980). *Textbook of Wood Technology*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Perhutani. (2019). *Pedoman Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat (PHBM)*. Jakarta: Profil Perum Perhutani.

- Putra, D. A. (2012). Pulping dan Bleaching dengan Bahan Baku Jerami Menggunakan Natrium hidroksida dengan Alat Digester Batch. *Tugas Akhir*. Program Diploma Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Rowell, R. M., Pettersen, R., Han, J. S., Rowell, J. S., & Tshabalala, M. A. (2005). Cell Wall Chemistry. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*, 2, 33-72.
- Safitri, A., Rihayat, T., & Sariadi, S. (2017). Luxury Parfum Berbasis Produksi dan Karakterisasi Minyak Atsiri Gaharu. *Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi*, 15(2).
- Sahin, H. T., & Young, R. A. (2008). Auto-catalyzed Acetic Acid Pulping of Jute. *Industrial Crops and Products*, 28(1), 24-28.
- Sanghi, A. (2008). Optimization of Xylanase Production Using Inexpensive Agro-Residues by Alkalophilic *Bacillus subtilis* ASH in solid-state fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24, 633-640.
- Santos, V., & Parajo, J. C. (2004). Dissolving pulp from TCF bleached acetosolv beech pulp. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 79(10), 1098-1104.
- Setianto, F., & Widyanto, S. A. (2013). *Analisis distorsi volume dan analisis kekuatan sambungan bahan kayu karet dan bengkirai*. (Doctoral dissertation, Mechanical Engineering Department, Faculty Engineering of Diponegoro University).

- Sherrard, J. H., Aitken, M. D., Heck, P. E., & Mines, R. O. (1991). Activated Sludge. *Research Journal of the Water Pollution Control Federation*, 63(4), 376-388.
- Shmulsky, R., Jones, P. D., Green, B., Nicholas, D. D., & Schimleck, L. R. (2011). Non-destructive Assessment of Pinus spp. Wafers Subjected to Gloeophyllum Trabeum in Soil Block Decay Tests by Diffuse Reflectance Near Infrared Spectroscopy. *Wood Science and Technology*, 45, 583-595.
- Simanjuntak. (1994). *Peluang Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Simkhovich, B. Z. (1987). Prevention Of Ischemic Myocardial Damage by Reducing The Intracellular Free Carnitine Level. *Kardiologia*, 27(7), 85-88
- Sixta, H. (2006). *Handbook of Pulp*, 2 Volume Set. Jerman: John Wiley & Sons.
- Sjostrom, E., Alih bahasa oleh Sastrohamidjojo, H. (1993). *Wood Chemistry Fundamentals and Applications, Second Edition*. Yogyakarta: UGM Press.
- Soepardi, R. (1957). *Obat-obatan dari Hasil Hutan*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Smook, G. A. (2002). *Handbook for pulp & paper technologists, 3 rd edition*. Canada: Angus Wilde Publication.

- Sumardi, S., Kartikawati, N. K., Prastyono, P., & Rimbawanto, A. (2018). Seleksi dan Perolehan Genetik pada Uji Keturunan Generasi Kedua Kayuputih (*Melaleuca Cajuputi* Subsp. *Cajuputi*) di Gunungkidul. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 12(1), 65-73.
- Supriadi, H., Ramadhan, A. I., & Badaruddin, M. (2022). Pengaruh perlakuan alkali NaOH terhadap kekuatan tarik dan fatik kayu merbau. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 11(2), 177-185.
- Sutarman, I. W. (2016). Pemanfaatan limbah Industri Pengolahan Kayu di Kota Denpasar (Studi Kasus pada Cv Aditya). *Penelitian, Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, 10(1), 182888.
- Tjitrosoepomo, G. (2007). *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Uetani, K., & Kitaoka, T. (2021). Nanocellulose: Beyond the Ordinary. *BioResources*, 16(1), 1-5.
- Wahyudi, A., & Saridan, A. (2017). Eksplorasi Jenis-Jenis Dipterokarpa Potensial di Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 3(1), 23-32.
- Wahyuni, H., & Suranto, S. (2021). Dampak Deforestasi Hutan Skala Besar Terhadap Pemanasan Global di Indonesia. *JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*, 6(1), 148-162.
- Wardhani, L., & Suriansyah, S. (2008). Pengaruh Bentuk dan Perbedaan Kombinasi Pengikat Kayu Lamina Balau Kuning (*Shorea leavis* Ridl)

- terhadap Tingkat MoE dan MoR. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 2(1), 22-30.
- Wenzel, L. A. (1970). Effect of Pressure on Heat Capacity. Nitrogen-Trifluoromethane System. *Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals*, 9(4), 568-574.
- Widodo, P., & Sidik, A. J. (2020). Perubahan Tutupan Lahan Hutan Lindung Gunung Guntur Tahun 2014 Sampai Dengan Tahun 2017. *Wanamukti: Jurnal Penelitian Kehutanan*, 21(1), 30-48.
- Williamson, M. (2006). Linking Operations to Business Goals-Finnish Boardmaker Stromsdal Is Using A New Manufacturing Execution System to Improve Order Fulfillment and Cut Waste. *PPI-Pulp and Paper International*, 48(3), 26-29.
- Zhao, X., Cheng, K., & Liu, D. (2009). Organosolv Pretreatment of Lignocellulosic Biomass For Enzymatic Hydrolysis. *Applied microbiology and biotechnology*, 82, 815-827.

## PROFIL PENULIS

### **Dra. Hj. Rilia Iriani, M, Si.**



Dra. Rilia Iriani, M.Si., lahir diKandangan tanggal 15 Januari 1966. Sarjana Pendidikan di Universitas Lambung Mangkurat pada Program Studi Pendidikan Kimia (1990), Magister Kimia UGM Yogyakarta (1997). Pada tahun 1991 mulai mengabdikan sebagai Tenaga Pengajar pada Program Studi Pendidikan Kimia FKIP ULM Banjarmasin. Ada tugas tambahan selain tenaga mengajar yaitu sekretaris prodi pendidikan kimia 2015-2019, Ketua Lab P Kimia (2021), sebagai asesor Badan Akreditasi Sekolah provinsi Kalimantan Selatan 2008 – 2020). Buku yang telah terbit adalah Kimia Organik Stereokimia. (EC00202006842),

### **Dra. Hj. Leny, M, Si.**



Leny, lahir di Surabaya, 10 Oktober 1960. Pendidikan Sarjana Jurusan Eksakta Pendidikan Kimia IKIP Malang (1983), Magister Kimia Organik UGM Yogyakarta (1996). Sejak tahun 1985 menjadi dosen tetap di Program Studi (Prodi) Pendidikan Kimia FKIP Universitas Lambung Mangkurat (ULM) Banjarmasin. Di sela tugas sebagai dosen pernah

menjabat sebagai ketua Laboratorium Kimia FKIP ULM sebanyak 2 periode, sebagai asesor Badan Akreditasi Sekolah Propinsi Kalimantan Selatan sebanyak 2 periode, sebagai instruktur PLPG/PPG (2008 s/d 2019). Buku yang telah dipublikasikan antara lain E-Modul Perkuliahan Kimia Organik Stereokimia. Selain itu juga aktif meneliti dan mempublikasikan artikel pada jurnal ilmiah nasional pada bidang pendidikan kimia/sains.

## SINOPSIS SAMPUL BELAKANG BUKU

Buku Kimia Kayu dan Pulp merupakan sebuah buku yang membahas secara komprehensif tentang kimia yang terkait dengan kayu dan produk pulp. Buku ini dibagi menjadi beberapa bab yang membahas tentang struktur dan sifat fisik dan kimia kayu, kimia pulp dan proses pembuatan pulp, serta aplikasi pulp dalam industri kertas dan kimia.

Bab pertama membahas tentang pengenalan kayu sebagai bahan baku untuk produk pulp dan permasalahan lingkungan pada limbah kayu. Bab kedua membahas tentang sifat fisik dan kimia dari kayu yang dapat mempengaruhi kualitas produk pulp. Bab ketiga membahas tentang komposisi dasar dan komponen dari kimia kayu. Bab keempat membahas tentang proses pembuburan kayu (*pulping*) yang meliputi tiga jenis pulp yaitu pulp mekanik, pulp kimia dan pulp semi kimia. Bab kelima membahas tentang jenis-jenis kayu yang terdapat di Kalimantan serta pemanfaatannya.

Buku Kimia Kayu dan Pulp memberikan pemahaman yang luas tentang industri kayu dan pulp serta memberikan informasi penting bagi para ilmuwan, peneliti dan praktisi yang terlibat dalam pengolahan kayu dan pulp.

# **KIMIA KAYU DAN PULP**

(Dalam Kajian Keefektifan Model Problem Based Learning dan Project Based Learning Berbasis Design Thinking)

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA  
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
2023**