



# **PROFIL ZAT EKSTRAKTIF AKAR ANAKAN KAYU PUTIH DAN POTENSINYA SEBAGAI ATRAKTAN DAN ANTIRAYAP**

**GIANNISA SALSABILA KARTASASMITA**



**DEPARTEMEN HASIL HUTAN  
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**



### @Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih dan Potensinya sebagai Atraktan dan Antirayap” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2025

Giannisa Salsabila Kartasasmita  
E2401201075

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



### @Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## ABSTRAK

GIANNISA SALSABILA KARTASASMITA. Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih dan Potensinya sebagai Atraktan dan Antirayap. Dibimbing oleh RITA KARTIKA SARI dan ARINANA.

Rayap tanah secara massal telah menyerang akar anakan kayu putih (AAKP). Penelitian ini bertujuan menentukan rendemen ekstrak AAKP hasil maserasi bertingkat (MB), menganalisis profil serta kajian pustaka zat ekstraktif sebagai atraktan dan antirayap. MB menggunakan *n*-heksana, etil asetat, metanol, dan air. Ekstrak dianalisis dengan *Pyrolysis-Gas Chromatography/Mass-Spectrum* (Py-GC/MS) dan *Liquid Chromatography Mass Spectrum/Mass Spectrum* (LCMS/MS). Rendemen ekstrak AAKP berturut-turut adalah ekstrak metanol/EM (2,08%), ekstrak air/EA (1,47%), ekstrak etil asetat/EEA (1,35%), dan ekstrak *n*-heksana/EN (0,26%). Hasil analisis LCMS/MS dan Py-GC/MS menunjukkan profil zat ekstraktif berbeda, tetapi keduanya mampu mengidentifikasi *piperine* dan *styrene*. Kelimpahan *piperine* tertinggi dalam EA AAKP (39%) berdasarkan LCMS/MS, tetapi hanya 8,43% berdasarkan Py-GC/MS karena didominasi oleh karbondioksida (produk dekomposisi termal Py-GC/MS/PDTP). Berdasarkan kajian pustaka, *piperine* bersifat insektisida. Py-GC/MS mendeteksi eugenol yang bersifat atraktan. Stigmasterol dan asam asetat sebagai PDTP bersifat antirayap.

Kata kunci: ekstrak, LCMS/MS, maserasi bertingkat, Py-GC/MS

## ABSTRACT

GIANNISA SALSABILA KARTASASMITA. Extractive Substance Profile of Cajuput Seedling Root and its Potential as an Attractant and Antitermite. Supervised by RITA KARTIKA SARI and ARINANA.

Subterranean termites have massively attacked the roots of Cajuput seedling (RCS). This study aims to determine the yield of RCS extracts from multistage maceration (MM), analyze the profile and literature review of extractive substances as attractants and anti-termite. MM used *n*-hexane, ethyl acetate, methanol, and water. Extracts were analyzed by *Pyrolysis-Gas Chromatography/Mass-Spectrum* (Py-GC/MS) and *Liquid Chromatography-Mass Spectrum/Mass Spectrum* (LCMS/MS). The yields of RCS extracts were methanol extract/ME (2.08%), water extract/WE (1.47%), ethyl acetate extract/EAE (1.35%), and *n*-hexane extract/NE (0.26%), respectively. LCMS/MS and Py-GC/MS analysis results showed different extractive substance profiles, but both were able to identify *piperine* and *styrene*. The abundance of *piperine* was highest in WE (39%) based on LCMS/MS, but only 8.43% based on Py-GC/MS because it was dominated by carbon dioxide (Py-GC/MS thermal decomposition product/PTDP). Based on literature review, *piperine* is insecticidal. Py-GC/MS detected eugenol which is an attractant. Stigmasterol and acetic acid as PTDP are anti-termite.

Keywords: extract, LCMS/MS, multistage maceration, Py-GC/MS



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



# **PROFIL ZAT EKSTRAKTIF AKAR ANAKAN KAYU PUTIH DAN POTENSINYA SEBAGAI ATRAKTAN DAN ANTIRAYAP**

**GIANNISA SALSABILA KARTASASMITA**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Program Studi Hasil Hutan

**DEPARTEMEN HASIL HUTAN  
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2025**



**@Hak cipta milik IPB University**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Juang Rata Matangaran, MS
- 2 Anne Carolina, S.Si., M.Si.





Judul Skripsi : Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih dan Potensinya  
sebagai Atraktan dan Antirayap

Nama : Giannisa Salsabila Kartasasmita

NIM : E2401201075

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si

Pembimbing 2:  
Dr. Arinana, S.Hut., M.Si



Diketahui oleh

Ketua Departemen Hasil Hutan:  
Dr. Istie Sekartining Rahayu, S.Hut., M.Si  
NIP 197404222005012001



Tanggal Ujian: 14 Januari 2025

Tanggal Lulus: 21 JAN 2025



### @Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan dengan judul “Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih dan Potensinya sebagai Atraktan dan Antirayap”. Terima kasih sebesar-besarnya atas dukungan dan doa kepada berbagai pihak, diantaranya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dr. Arinana, S.Hut, M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing, banyak memberi saran, kritikan, serta arahnya selama proses penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Kemdiktisaintek RI yang membiayai penelitian ini. Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Penelitian Fundamental 2023 dengan judul “Termitisida Organik Berbahan Aktif Ekstrak Akar Kayu Putih dan Biji Pucung untuk Mengendalikan Rayap dengan Metode Umpan (*Baiting System*)”.
3. Ibu Anne Carolina, S.Si, M.Si selaku Ketua Sidang dan Bapak Prof. Dr. Ir. Juang Rata Matangaran, MS selaku Dosen Penguji luar komisi.
4. Bapak Garyadi Kartasmita, Ibu Ratna Nurhasanah, Garnadi, Garnida, Altri, dan seluruh keluarga besar yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan bagi penulis.
5. Ajem selaku orang terdekat yang selalu menemani dan memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Teman-teman penulis yaitu Dhiya, Anin, Riki, Oktalia yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
7. Teman-teman penulis Pamaung (Ara, Mila, Shila, Huryn, dan lainnya) dan Bebezet (Niki, Marissa, Jasmine, Xhania) yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan perkuliahan ini.
8. Kezia, Nicole, Zahra, Gina, Kenisha, Mutiara yang senantiasa memberikan motivasi, semangat dan bantuan materi dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Seluruh teman-teman sebimbangan yaitu Azizah, Dillah, Pelangi, Salahuddin, serta Hasil Hutan Angkatan 57 yang selalu kebersamai penulis selama menempuh pendidikan di IPB.
10. Seluruh pihak yang telah membantu penulis yang tidak mampu penulis sebutkan satu persatu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2025

*Giannisa Salsabila Kartasmita*



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Anakan Kayu putih	4
2.2 Rayap Tanah	4
2.3 Zat Ekstraktif sebagai Atraktan dan Antirayap	4
2.4 Ekstraksi Bertingkat	5
2.5 Analisis Profil Zat Ekstraktif	5
III METODE	6
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	6
3.2 Alat dan Bahan	6
3.3 Prosedur Kerja	6
3.4 Analisis data	8
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	9
4.1 Rendemen Ekstraksi Akar Anakan Kayu Putih	9
4.2 Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih	10
4.2.1 Profil Zat Ekstraktif dari Ekstrak <i>n</i> -heksana	10
4.2.2 Profil Zat Ekstraktif dari Ekstrak Etil asetat	12
4.2.3 Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih Ekstrak Metanol	14
4.2.4 Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih Ekstrak Air	15
4.3 Potensi Aktivitas Atraktan dan Antirayap Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih berdasarkan Studi Literatur	18
V SIMPULAN DAN SARAN	20
5.1 Simpulan	20
5.2 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21
RIWAYAT HIDUP	27



## DAFTAR TABEL

1	Senyawa dominan LCMS/MS dan Py-GC/MS dengan ekstrak <i>n</i> -heksana	11
2	Senyawa dominan LCMS/MS dan Py-GC/MS dengan ekstrak etil asetat	13
3	Senyawa dominan LCMS/MS dan Py-GC/MS dengan ekstrak metanol	15
4	Senyawa dominan LCMS/MS dan Py-GC/MS dengan ekstrak air	17
5	Persamaan senyawa dari analisis profil zat ekstraktif akar anakan kayu putih menggunakan Py-GC/MS dan LCMS/MS	19

## DAFTAR GAMBAR

1	Rendemen ekstrak akar anakan kayu putih hasil ekstraksi bertingkat dengan pelarut <i>n</i> -heksana, etil asetat, metanol, dan air	9
2	Kromatogram LCMS/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak <i>n</i> -heksana	10
3	Kromatogram Py-GC/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak <i>n</i> -heksana	11
4	Kromatogram LCMS/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak etil asetat	12
5	Kromatogram Py-GC/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak etil asetat	13
6	Kromatogram LCMS/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak metanol	14
7	Kromatogram Py-GC/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak metanol	15
8	Kromatogram LCMS/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak air	16
9	Kromatogram Py-GC/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak air	17

## I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kayu putih (*Melaleuca cajuputi* L. Powell) merupakan tanaman penghasil minyak kayu putih. Penyulingan daun kayu putih sebanyak 47.622 ton menghasilkan minyak kayu putih sebanyak 327 ton (Perhutani 2022). Minyak kayu putih banyak dipakai dalam industri kosmetik dan obat-obatan (Widiyanto dan Siarudin 2014). Untuk menjaga kelestarian hasil, Perum Perhutani melakukan pembibitan anakan kayu putih. Perhutani (2023) melaporkan bahwa tanaman kayu putih yang dikelola oleh Perum Perhutani seluas 56.873,38 ha termasuk Jawa Tengah (12.018,88 ha), Jawa Timur (27.990,92 ha), serta Jawa Barat dan Banten (16.863,58 ha). Akan tetapi, terjadi serangan rayap tanah secara massal terhadap anakan kayu putih di beberapa Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Perum Perhutani. Menurut Puslitbang Perhutani dan Fakultas Kehutanan IPB (2019), saat ini luas areal tanaman kayu putih yang mengalami serangan rayap tersebut diperkirakan mencapai 1295,6 ha, termasuk di KPH Pasuruan (130,7 ha), KPH Saradan (117,5 ha), KPH Nganjuk (260 ha), KPH Pati (47,7 ha), KPH Semarang (40 ha), serta beberapa KPH di Divisi Regional Jawa Barat dan Banten (700 ha). Hal ini merugikan dikarenakan harus mengeluarkan biaya tambahan untuk pemeliharaan.

Jannah *et al.* (2022) menyatakan bahwa terdapat kerusakan pada akar tanaman kayu putih disebabkan oleh rayap tanah. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ekstrak akar anakan kayu putih terlarut *n*-heksana mengandung zat ekstraktif (metabolit sekunder) dari golongan asam lemak, yaitu asam linoleat yang menunjukkan potensi sebagai atraktan (pematik) dan memiliki sifat sebagai *feeding stimulant* dan *oviposition attractant* terhadap serangga (Arinana *et al.* 2024). Namun, penelitian tentang potensi zat ekstraktif akar anakan kayu putih lainnya yang bersifat lebih polar dari zat ekstraktif terlarut *n*-heksana sebagai atraktan rayap yang menyebabkan serangan rayap terhadap akar anakan kayu putih belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, ekstraksi dengan menggunakan pelarut berkepolaran bertingkat perlu dilakukan untuk mengekstrak semua zat ekstraktif yang terkandung di dalam akar anakan kayu putih.

Zat ekstraktif selain berpotensi sebagai pemikat juga sebagai antirayap. Kulit batang dan akar *Lancium domesticum* cultivar kokossan mengandung senyawa antirayap dari golongan terpenoid, yaitu limonin (Lin *et al.* 2022; Shi *et al.* 2020). Ekstrak *n*-heksana dan etil asetat kulit batang *Calophyllum inophyllum* mengandung senyawa antirayap yaitu *friedelan-3-one*. Selain itu, ekstrak etil asetat juga mengandung senyawa antirayap yaitu *1,2-benzene dicarboxylic acid* dan *dinonyl ester* (Zalsabila *et al.* 2024). Isolasi senyawa dari ekstrak *n*-heksana *Stenochlaena palustris* menunjukkan aktivitas antirayap dari senyawa  $\beta$ -sitosterol (Pardede dan Wardhani 2024).

Profil zat ekstraktif (jenis dan komposisinya) yang terkandung di dalam akar anakan kayu putih dapat dianalisis menggunakan instrument *Liquid Chromatography Tandem-Mass Spectrometry* (LCMS/MS) dan *Pyrolysis-Gas Chromatography Mass Spectrometry* (Py-GC/MS). Harmita *et al.* (2019) menjelaskan bahwa LCMS/MS merupakan instrumen analisis senyawa kimia yang menggabungkan kromatografi cair (LC) serta spektrometri massa (MS). LC

berfungsi untuk memisahkan senyawa kimia dalam sampel berdasarkan polaritasnya (afinitas terhadap fase cair), sedangkan MS sebagai detektor untuk mengidentifikasi senyawa kimia tersebut. LCMS/MS digunakan untuk menganalisis senyawa mikromolekul *non-volatile*. Zat ekstraktif seperti tanin yang tergolong sebagai makromolekul *non-volatile* tidak dapat dianalisis dengan LCMS/MS. Menurut Pico dan Barcelo (2020), Py-GC/MS mampu menganalisis senyawa volatil dan senyawa mikromolekul serta makromolekul *non-volatile* melalui pirolisis sampel menjadi fragmen-fragmen yang lebih kecil dan volatil. GC berfungsi untuk memisahkan senyawa kimia dalam sampel berdasarkan volatilitas (afinitas terhadap fase gas) kemudian dideteksi dengan MS. Kombinasi penggunaan kedua instrumen tersebut dapat melengkapi senyawa kimia yang akan terdeteksi pada instrumen sehingga diharapkan dapat memaksimalkan potensi identifikasi senyawa kimia yang terkandung didalam akar anakan kayu putih.

Aktivitas atraktan dan antirayap pada akar anakan kayu putih berpotensi sebagai tindakan preventif dalam mengurangi kerusakan akibat rayap tanah. Kedua aktivitas tersebut dimanfaatkan pada pengendalian rayap tanah melalui metode *baiting system*. Metode tersebut membutuhkan bahan aktif pada umpan rayap yang bersifat *non-repellent* dan senyawa racun (antirayap) yang bekerja secara perlahan (*slow action*) (Arinana *et al.* 2024). Hal tersebut dikarenakan rayap memiliki sifat trofalaksis sehingga senyawa racun dapat dipastikan menyebar luas pada seluruh koloni (Diba *et al.* 2022). Namun, metode tersebut yang sudah dikomersialisasi dilakukan hanya untuk pengendalian rayap bangunan. Hingga saat ini, data dan informasi mengenai akar anakan kayu putih yang berpotensi memiliki aktivitas atraktan dan antirayap masih terbatas. Maka dari itu, kajian mengenai potensi zat ekstraktif yang terkandung di dalam akar anakan kayu putih sebagai atraktan dan antirayap dengan studi literatur perlu dilakukan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Bagaimanakah rendemen akar anakan tanaman kayu putih hasil ekstraksi bertingkat yang menggunakan pelarut dengan kepolaran bertingkat?
2. Bagaimanakah profil zat ekstraktif dari ekstrak akar anakan tanaman kayu putih hasil ekstraksi tersebut?
3. Bagaimanakah potensi zat ekstraktif akar anakan tanaman kayu putih sebagai atraktan dan antirayap?

## 1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk

1. Menentukan rendemen hasil ekstraksi bertingkat akar anakan tanaman kayu putih yang menggunakan pelarut dengan kepolaran bertingkat
2. Menganalisis profil zat ekstraktif yang terkandung di dalam ekstrak hasil ekstraksi bertingkat akar anakan kayu putih tersebut dengan Py-GC/MS dan LCMS/MS.
3. Melakukan kajian potensi atraktan dan antirayap dari zat ekstraktif akar anakan tanaman kayu putih hasil ekstraksi bertingkat melalui studi literatur.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



#### 1.4 Manfaat

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai profil zat ekstraktif yang mengandung aktivitas atraktan dan antirayap terhadap rayap tanah di dalam akar anakan kayu putih serta dapat mengatasi permasalahan serangan rayap tanah.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Anakan Kayu putih

Anakan kayu putih rentan terhadap serangan rayap. Serangan rayap tanah terjadi dikarenakan akar atau kulit (jaringan floem) pada leher akar dan pangkal batang dimakan oleh rayap. Hal tersebut menyebabkan terputusnya distribusi nutrisi dari tanah ke tanaman. Akar akan kehilangan energi untuk menyerap nutrisi sehingga secara perlahan tanaman menjadi layu dan mati. Resiko kerusakan serangan pada bagian akar lebih besar dibandingkan bagian leher akar (Jumani 2021).

### 2.2 Rayap Tanah

Rayap tanah merupakan serangga sosial yang hidup bermasyarakat dan berkelompok dan dikenal sebagai serangga pemakan selulosa yang dapat merusak kayu. Indonesia memiliki sekitar 300 spesies rayap yang mencakup sekitar 13% dari total spesies rayap di dunia (Nandika *et al.* 2015). Salah satu jenis rayap yang merugikan secara ekonomi yaitu *C. curvignathus*. *C. curvignathus* merupakan rayap tanah (Helmiyetti 2023). Selain itu, rayap *Macrotermes* sp. juga dapat merusak tanaman yang dapat menimbulkan kerugian secara ekonomi (Sayuthi 2012). Serangan rayap yang terjadi di beberapa KPH yang dikelola Perum Perhutani teridentifikasi oleh rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen (Isoptera: Termitidae). Hal yang sama juga terjadi di KPH Madiun. Berdasarkan penelitian Cahyani (2024), *Macrotermes* sp. menjadi hama utama tanaman kayu putih di RPH Sidoharjo BKPH Sukun KPH Madiun dengan rata-rata kejadian serangan sebesar 88,40% dan intensitas serangan sebesar 30,25%. Pengujian rayap pada penelitian biasanya menggunakan rayap tanah *C. curvignatus*. Hal ini dikarenakan rayap tersebut merupakan jenis rayap yang paling ganas (Kurniawan *et al.* 2015).

### 2.3 Zat Ekstraktif sebagai Atraktan dan Antirayap

Zat Ekstraktif adalah metabolit sekunder dalam tumbuhan termasuk sayur-sayuran, buah-buahan bahkan batang maupun akar-akaran. Atraktan merupakan suatu bahan yang memiliki daya tarik terhadap serangga baik secara kimiawi maupun fisik yang memiliki sifat/aroma yang mampu mengundang rayap untuk memakan umpan tersebut (Saadah *et al.* 2018; Permana dan Husni 2017). Atraktan biasanya ditujukan untuk pengendalian hama (Ningsih dan Ceri 2023). Menurut Noviansari *et al.* (2013), atraktan alami atau bioatraktan berasal dari berbagai jenis tanaman yang memiliki aroma khas yang mengandung senyawa *eugenol* dan turunannya yaitu *metil eugenol* yang merupakan senyawa feromon serangga. Kayu pinus (*Pinus merkusii*) juga merupakan umpan bagi rayap (Amran *et al.* 2015). Kandungan senyawa *sineol* menimbulkan aroma khas yang dapat merangsang alat sensor serangga sehingga rayap dapat tertarik untuk mendekat dan juga memakan bahan yang memiliki aroma tersebut (Permana dan Husni 2017).

Zat ekstraktif juga memiliki potensi sebagai antirayap. Beberapa zat ekstraktif menunjukkan aktivitas antirayap melalui mekanisme penghambatan metabolisme atau merusak struktur sel rayap. Senyawa terpenoid seperti limonin dalam kulit batang dan akar kokossan (*Lansium domesticum*) efektif sebagai antirayap (Lin *et al.* 2022; Shi *et al.* 2020). Senyawa terpenoid merupakan penyebab kematian rayap

karena terdapat dalam semua jenis ekstrak dan fraksi, baik akar maupun kulit batang kokosan (Fahma *et al.* 2024).  $\beta$ -sitosterol dalam ekstrak *n*-heksana *Stenochlaena palustris* memiliki aktivitas antirayap (Pardede dan Wardhani 2024). Pendekatan terpadu dalam pemanfaatan zat ekstraktif, baik sebagai atraktan maupun antirayap memberikan peluang besar dalam pengembangan metode pengendalian hama ramah lingkungan. Identifikasi lebih lanjut terhadap komposisi senyawa aktif tanaman dapat membuka potensi aplikasi yang lebih luas dalam bidang ini.

## 2.4 Ekstraksi Bertingkat

Ekstraksi bertingkat merupakan teknik ekstraksi yang menggunakan pelarut dengan sifat kepolaran bertingkat secara berurutan, yaitu nonpolar, semipolar, dan polar. Ekstraksi bertingkat bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi dalam mengekstraksi berbagai senyawa bioaktif dari sampel. Salah satu metode ekstraksi bertingkat adalah maserasi bertingkat yang diterapkan pada suhu ruang sehingga aman bagi senyawa yang bersifat termolabil, tetapi memerlukan waktu yang relatif lama seperti pada ekstraksi sampel tanaman (Abubakar dan Haque 2020).

Penggunaan pelarut polar hingga nonpolar memungkinkan isolasi senyawa bioaktif secara bertahap, dimulai dari senyawa yang larut dalam pelarut nonpolar (seperti lipid atau senyawa hidrokarbon), hingga senyawa polar (seperti flavonoid, alkaloid, dan senyawa fenolik). Prinsip ini sesuai dengan "*like dissolves like*," yaitu pelarut polar melarutkan senyawa polar, sementara pelarut nonpolar melarutkan senyawa nonpolar. Pendekatan bertingkat ini memberikan keuntungan dalam mendapatkan berbagai jenis senyawa bioaktif secara lebih komprehensif dibandingkan metode ekstraksi dengan pelarut tunggal (Pamungkas *et al.* 2023).

## 2.5 Analisis Profil Zat Ekstraktif

Analisis profil zat ekstraktif dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam ekstrak tanaman. Dua instrumen yang sering digunakan dalam analisis ini adalah Py-GC/MS dan LCMS/MS, yang masing-masing memiliki keunggulan dalam mendeteksi berbagai jenis senyawa berdasarkan karakteristik fisikokimianya. Py-GC/MS efektif dalam menganalisis senyawa yang memiliki titik didih tinggi dan polaritas tinggi, seperti asam karboksilat, alkohol, dan fenol (Ismayati *et al.* 2017). Kelebihan utama dari Py-GC/MS adalah kemampuannya untuk menganalisis senyawa kimia hingga skala makromolekul secara cepat tanpa memerlukan preparasi sampel yang kompleks. Proses ini bekerja menggunakan fase gerak gas (biasanya helium) pada suhu tinggi, seperti 500 °C, yang memecah struktur senyawa untuk diidentifikasi berdasarkan waktu retensi dan spektrum massa (Tanifuji *et al.* 2020).

LCMS/MS memungkinkan pemisahan dan identifikasi senyawa polar, termal labil, atau bermassa molekul tinggi yang tidak dapat dianalisis menggunakan metode berbasis gas. Ionisasi pada LCMS/MS dilakukan menggunakan metode ionisasi semprotan, seperti ionisasi elektro spray (ESI), untuk meningkatkan sensitivitas deteksi senyawa target (Chae *et al.* 2020).

## III METODE

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2024–September 2024. Ekstraksi bahan baku dilakukan di Laboratorium Kimia Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor (IPB), Laboratorium Riset Unggulan (IPB), dan Laboratorium Biomassa dan Biomaterial dan Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN).

### 3.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya akar anakan kayu putih, kertas saring *Whatman* No. 1, *n*-heksana, etil asetat, metanol, dan air. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *wiley mill*, labu Erlenmeyer, gelas ukur, cawan, *petridish*, *rotary evaporator*, *waterbath*, *oven*, desikator, timbangan analitik, Py-GC/MS, dan LCMS/MS.

### 3.3 Prosedur Kerja

Penelitian ini dilaksanakan dalam 3 (tiga) tahapan: (1) Persiapan bahan baku, (2) Ekstraksi, (3) Analisis profil zat ekstraktif, (4) studi literatur potensi atraktan dan antirayap zat ekstraktif.

#### 3.3.1 Persiapan Bahan Baku

Bahan baku penelitian ini adalah anakan kayu putih berumur tiga bulan diperoleh dari persemaian Perum Perhutani KPH Indramayu, Provinsi Jawa Barat sebanyak 200 anakan. Akar tanaman kayu putih dikeringkan pada suhu ruang selama 1x24 jam dan dihitung kadar airnya. Setelah itu, akar anakan kayu putih digiling menggunakan *wiley mill* hingga menjadi serbuk kemudian disaring dengan saringan bertingkat berukuran 40–60 mesh.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat Awal (g)} - \text{Berat Kering Tanur (g)}}{\text{Berat Kering Tanur (g)}} \times 100$$

#### 3.3.2 Ekstraksi

Proses ekstraksi akar anakan kayu putih menggunakan metode ekstraksi maserasi bertingkat. Sebanyak 550 g serbuk akar anakan kayu putih yang telah ditimbang diekstraksi dengan pelarut *n*-heksana sebanyak 2750 mL (Nisbah serbuk:pelarut = 1:5). Ekstraksi dilakukan selama 72 jam. Filtrat disaring kemudian ekstraksi diulang menggunakan pelarut *n*-heksana 3 kali (hingga dihasilkan filtrat yang bening yang menandakan semua zat ekstraktif sudah terekstrak *n*-heksana). Kemudian residu diekstraksi dengan pelarut etil asetat, metanol, dan air dengan nisbah serbuk dan pelarut serta metode ekstraksi yang sama dengan ekstraksi menggunakan *n*-heksana.

Setelah itu, larutan disaring menggunakan kertas saring *Whatman* No.1 sehingga diperoleh filtrat dan residu. Sebelum residu ekstrak digunakan, residu ekstrak diangin-anginkan di tempat yang terhindar dari sinar matahari secara langsung. Setelah itu, residu diekstraksi kembali menggunakan pelarut lainnya secara berurutan. Masing-masing filtrat yang diperoleh dipisahkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* dengan suhu 40 °C, kecepatan 400 rpm, dan tekanan 400 mmHg hingga larutan pekat mencapai 100 mL.

Rendemen proses ekstraksi dihitung setelah pekatan ekstrak hasil proses evaporasi di oven pada suhu 40 °C selama 1 x 24 jam hingga beratnya konstan. Ekstrak kemudian didesikator selama 15 menit dan ditimbang untuk memperoleh berat kering ekstrak. Kadar ekstrak yang terkandung dalam serbuk akar anakan kayu putih dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rendemen Ekstraksi (\%)} = \frac{\text{Berat Kering Ekstrak (g)}}{\text{Berat Kering Serbuk (g)}} \times 100$$

### 3.3.3 Analisis Profil Zat Ekstraktif menggunakan *Py-GC/MS*

Analisis profil zat ekstraktif menggunakan *pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry* (Py-GC/MS) mengacu pada Andika *et al.* (2023). Instrumen yang digunakan adalah Shimadzu GC/MS system QP-2020 NX yang dilengkapi pirolisis multi-shot. Sebanyak ± 5 mg ekstrak akar anakan kayu putih dimasukkan ke dalam eco-cup SF PYI-EC50F lalu ditutup dengan glass wool. Eco-cup dipirolisis pada suhu 500 °C selama 0,1 menit menggunakan kolom SH-Rxi-5Sil MS dengan ketebalan film 30 m x 0,25 mm x 0,25 μm dengan helium gas. Suhu yang digunakan yaitu 50 °C selama 1 menit, lalu suhu dinaikkan hingga 280 °C dengan laju pemanasan 5 °C/menit, dan 280 °C selama 13 menit. Tekanan yang digunakan sebesar 20,0 kPa (15,9 mL/menit, aliran kolom 0,61 mL/menit dan spektrum massa pada 70 eV. Identifikasi produk hasil pirolisis dianalisis dengan cara membandingkan waktu retensi dan spektrum massa menggunakan NIST LIBRARY.

### 3.3.4 Analisis Profil Zat Ekstraktif menggunakan *LCMS/MS*

Instrumen kedua yang digunakan untuk analisis profil zat ekstraktif adalah UHPLC Vanquish Tandem Q Exactive Plus Orbitrap HRMS *ThermoScientific* yang mengacu pada Familasari *et al.* (2023). Instrumen ini dilengkapi dengan kolom Accucore™ C18, 100 × 2,1 mm, 1,5 μm (*ThermoScientific*). Sebanyak 0,5 μL filtrat disuntikkan ke dalam UHPLC-Q-Orbitrap-MS/MS (*Thermo Fisher Scientific*, Waltham, MA, USA) setelah metabolit dipisahkan menggunakan sistem elusi gradien selama 50 menit dengan kecepatan alir 0,2 mL/menit. Komposisi fase gerak yang digunakan adalah 0,1% asam format dalam air (A) dan 0,1% asam format dalam asetonitril (B), dengan sistem elusi gradien selama 0-1 menit (5% B), 1-25 menit (5-95% B), 25-28 menit (95% B), 28-33 menit (5% B). Ionisasi Elektrospray Positif (ESI) digunakan, dengan Q-Orbitrap yang berfungsi sebagai massa dalam mode ionisasi. Resolusi yang digunakan adalah 70.000 FWHM. Kisaran *mass range* adalah 100-1500 m/z. Laju alir selubung 15 mL/menit, laju alir gas tambahan 3 mL/menit, tegangan semprotan (+) 3,80 kV, suhu kapiler adalah 320 °C, dan suhu kolom 30 °C. Pemindaian MS/dd MS2 penuh digunakan. Spektra massa diperoleh dari UHPLC-Q-OrbitrapMS/MS dan dianalisis dengan *Compound Discoverer* versi 2.3, MSDial, dan MSFinder (*Thermo Fisher Scientific*, Waltham, MA, USA). Basis data yang digunakan adalah *mzcloud*, *ChemSpider*, HMDB, dan *MassBank*. Hasil dari instrument ini dipilih senyawa-senyawa yang terkandung dalam ekstrak akar anakan kayu putih.



### 3.3.5 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan pada laman *Google Scholar*, PubChem, serta aplikasi *Publish or Perish* dengan kata kunci “atraktan”, “antirayap”, “rayap tanah”, “atraktan rayap tanah”, serta sesuai dengan senyawa-senyawa yang terkandung dari masing-masing pelarut dan instrumen sebagai atraktan dan antirayap. Literatur yang dipilih yaitu literatur yang sesuai dengan topik yang dibahas yaitu senyawa-senyawa yang terkandung sebagai atraktan dan antirayap.

### 3.4 Analisis data

Analisis data rendemen dan profil zat ekstraktif dilakukan secara deskriptif dengan kajian pustaka menggunakan studi literatur. Studi literatur dilakukan pada laman *Google Scholar*, PubChem, serta aplikasi *Publish or Perish* untuk memperoleh informasi mengenai zat ekstraktif aktivitas atraktan dan antirayap.

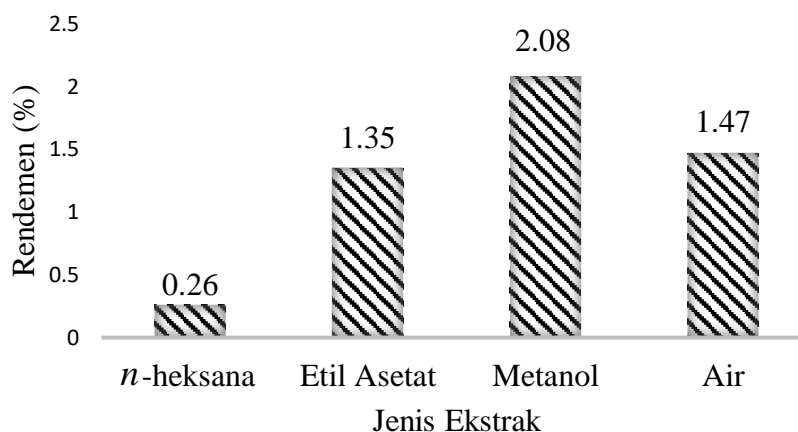
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Rendemen Ekstraksi Akar Anakan Kayu Putih

Rendemen ekstrak akar anakan kayu putih bervariasi (Gambar 1). Rendemen tertinggi dihasilkan dari ekstrak akar anakan kayu putih terlarut metanol (ekstrak metanol), diikuti oleh ekstrak terlarut air (ekstrak air), ekstrak terlarut etil asetat (ekstrak etil asetat), dan ekstrak terlarut *n*-heksana (ekstrak *n*-heksana) memiliki nilai rendemen terendah. Hal ini menunjukkan bahwa zat ekstraktif yang terkandung di dalam akar anakan kayu putih didominasi oleh senyawa polar. Pelarut metanol dan air tergolong pelarut yang bersifat polar. Berdasarkan kepolarannya, pelarut air memiliki kepolaran tertinggi diikuti oleh metanol, etil asetat, dan *n*-heksana. Tingkat kepolaran pelarut tersebut ditunjukkan dari nilai konstanta dielektrik. Semakin tinggi konstanta dielektrik senyawa menunjukkan tingkat kepolaran yang semakin tinggi. Nilai konstanta dielektrik air, metanol, etil asetat, dan *n*-heksana berturut-turut adalah 80, 33, 6,02, dan 1,89 (Septiana dan Asnani 2012; Sudarmadji *et al.* 1997). Sementara itu ekstraksi senyawa kimia menganut konsep *like dissolve like* yaitu senyawa polar akan larut dalam pelarut polar, sedangkan senyawa nonpolar akan larut dalam pelarut nonpolar (Hamka *et al.* 2022).



Gambar 1 Rendemen ekstrak akar anakan kayu putih hasil ekstraksi bertingkat dengan pelarut *n*-heksana, etil asetat, metanol, dan air

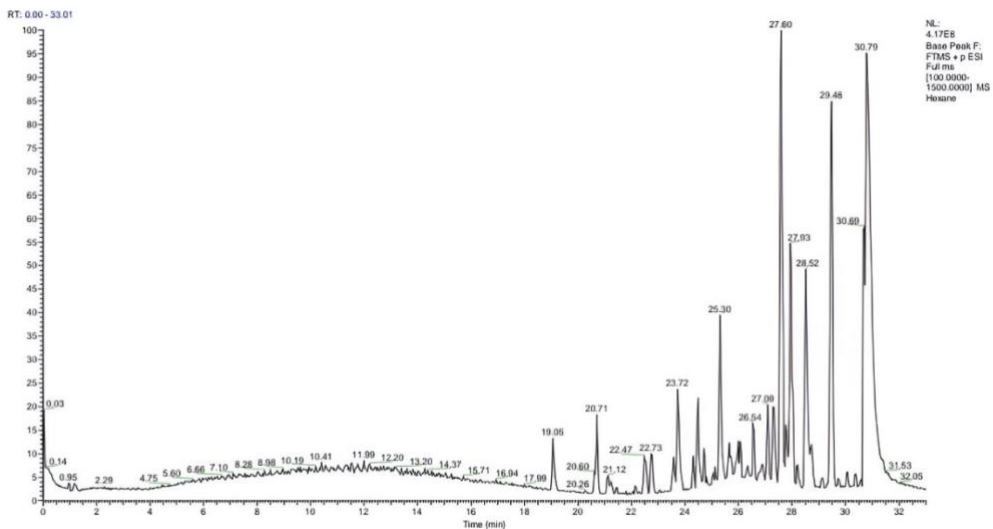
Gambar 1 menunjukkan rendemen ekstrak *n*-heksana akar anakan kayu putih menunjukkan nilai terendah, sedangkan ekstrak metanol menunjukkan nilai rendemen tertinggi. Hal yang sama terjadi pada penelitian Elu *et al.* (2023) yang menunjukkan kandungan ekstrak *n*-heksana akar *Annona reticulata* L. terendah. Rendemen yang dihasilkan berturut-turut 15,62% untuk ekstrak *n*-heksana dan 37,59% untuk ekstrak metanol. Hal yang sama terjadi pada penelitian Hanapi *et al.* (2019) yang menunjukkan kandungan ekstrak metanol akar bakau merah (*Rhizophora stylosa*) tertinggi. Rendemen yang dihasilkan berturut-turut 20,45% untuk ekstrak metanol, 1,02% untuk ekstrak etil asetat, dan 0,52% untuk ekstrak *n*-heksana. Menurut Hasnaeni *et al.* (2019), tinggi rendahnya rendemen yang dihasilkan berhubungan dengan senyawa aktif yang terkandung suatu bahan atau sampel.

## 4.2 Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih

### 4.2.1 Profil Zat Ekstraktif dari Ekstrak *n*-heksana

Hasil analisis profil zat ekstraktif akar anakan kayu putih dari ekstrak *n*-heksana dengan LCMS/MS menunjukkan 100 senyawa (Gambar 2) dan 50 senyawa seperti ditunjukkan oleh kromatogram Py-GC/MS (Gambar 3). Perbedaan banyaknya senyawa yang terdeteksi ini disebabkan oleh perbedaan aplikasi sampel pada kedua instrument tersebut. LCMS diaplikasikan pada suhu 30 °C dan pemisahan senyawa menggunakan perbedaan kepolaran senyawa (Harmita *et al.* 2019), sedangkan Py-GC/MS menggunakan suhu pirolisis yang tinggi (400–600 °C) yang dapat menyebabkan zat ekstraktif terfragmentasi membentuk senyawa baru yang sama (Fendi dan Kurniaty 2016). Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis Py-GC/MS yang menunjukkan senyawa dengan kelimpahan tertinggi adalah *9-Octadecenoic acid (Z)- methyl ester*, tetapi senyawa ini tidak terdeteksi oleh LCMS/MS (Tabel 1). Senyawa ini termasuk kelompok senyawa metil ester asam lemak yang diduga sebagai hasil fragmentasi dari lemak dan lilin pada saat diaplikasikan suhu pirolisis. Lemak dan lilin merupakan golongan senyawa yang dapat diekstrak dengan *n*-heksana (Handayani *et al.* 2023). Suhu tinggi dapat menyebabkan lemak rusak dan terfragmentasi (Omidghane *et al.* 2020).

Berdasarkan hasil analisis LCMS/MS (Tabel 1), ekstrak *n*-heksana didominasi oleh kelompok senyawa terpenoid dan steroid. Hal yang sama terjadi pada penelitian Syarpin *et al.* (2023), ekstrak *n*-heksana didominasi oleh kelompok senyawa terpenoid. Salah satu senyawa terpenoid yang terdeteksi yaitu (*E,E*)-*alpha*-farnesene. Pada ekstrak *n*-heksana ditemukan senyawa kimia yang memiliki kelimpahan relatif tertinggi yaitu (-)-*nabilone* (Tabel 1). Senyawa ini merupakan derivatisasi dari senyawa *9-tetrahydrocannabinol* (THC) (Jin *et al.* 2020). Tanaman *Cannabis sativa* mengandung senyawa (-)-*nabilone* untuk kesehatan (Putranto dan Mangesti 2024).



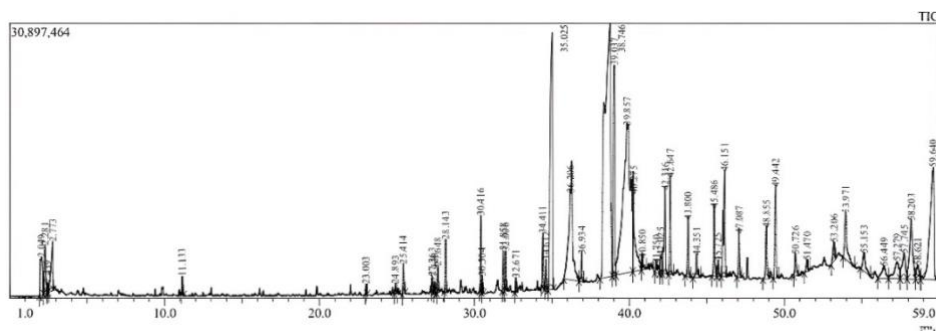
Gambar 2 Kromatogram LCMS/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak *n*-heksana

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





Gambar 3 Kromatogram Py-GC/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak *n*-heksana

Tabel 1 Senyawa dominan LCMS/MS dan Py-GC/MS dengan ekstrak *n*-heksana

Instrumen	Senyawa Kimia	Golongan Senyawa	Kelimpahan Relatif (%)
LCMS/MS	<i>(-)-nabilone</i>	Terpenoid	11,31
	<i>2-Arachidonyl Glycerol ether</i>	Gliserol Eter	7,18
	<i>Oleanolic acid</i>	Terpenoid	7,11
	<i>(E,E)-alpha-Farnesene</i>	Terpenoid	5,28
	<i>Testosterone isocaproate</i>	Steroid	5,07
	<i>5,5'-[(6Z)-6-Tetradecene-1,14-diyl]bis(1,3-benzenediol) 17a-Hydroxyprogesterone</i>	Fenol	2,36
	<i>9-(3-Methyl-5-pentyl-2-furyl)nonanoic</i>	Steroid	2,07
	<i>2-(2,4-Dihydroxy-5-methoxyphenyl)-3-[(2Z)-3,7-dimethyl.2,6-octadien-1-yl]-5,7-dihydroxy-6-(3-methyl-2-buten-1-yl)-4H-chromen-4-one</i>	Lipid	1,85
	<i>N-Phenyl-2-naphtylamine</i>	Flavonoid	1,44
	<i>N-Phenyl-2-naphtylamine</i>	Amina	1,25
Py-GC/MS	<i>9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester*</i>	Ester	37,87
	<i>Hexadecanoic acid, methyl ester*</i>	Ester	8,86
	<i>Stigmasta-3,5-diene</i>	Steroid	6,77
	<i>l-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate</i>	Ester	6,18
	<i>Methyl stearate</i>	Ester	4,71

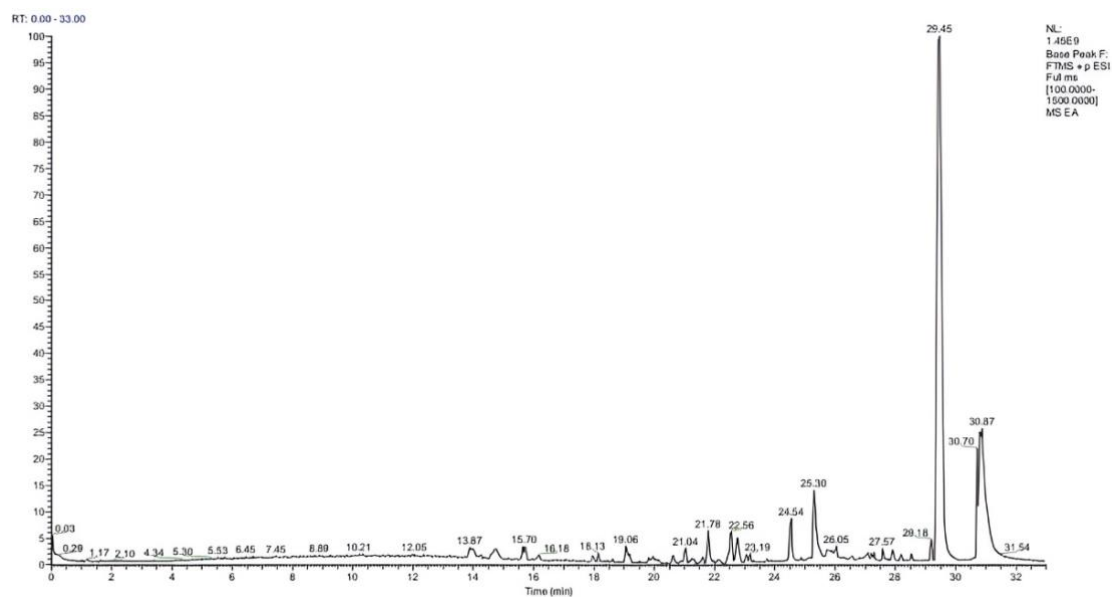
Ket: \* = Produk Hasil Pirolisis

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

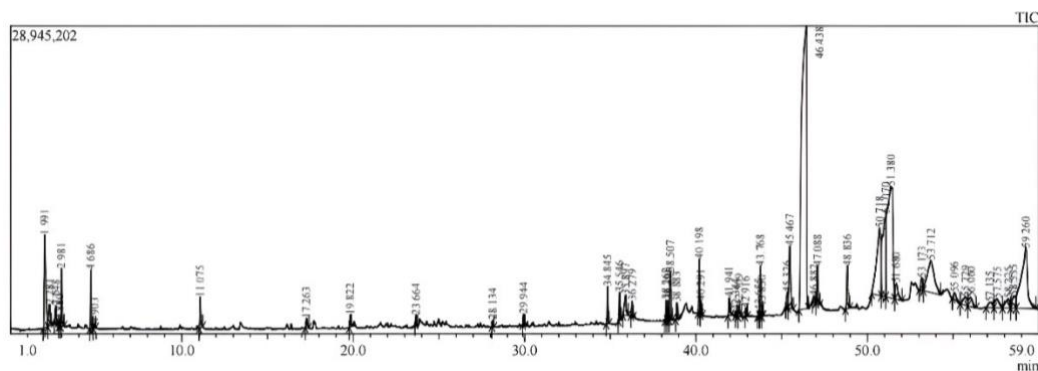
#### 4.2.2 Profil Zat Ekstraktif dari Ekstrak Etil asetat

Hasil analisis profil zat ekstraktif akar anakan kayu putih dari ekstrak etil asetat dengan LCMS/MS menunjukkan 100 senyawa pada (Gambar 4) dan 50 senyawa seperti ditunjukkan oleh kromatogram Py-GC/MS (Gambar 5). Perbedaan banyaknya senyawa yang terdeteksi disebabkan oleh cara aplikasi sampel yang berbeda pada kedua instrument tersebut. LCMS diaplikasikan pada suhu rendah (30°C) dengan pemisahan senyawa menggunakan perbedaan kepolaran senyawa (Chiriac *et al.* 2021), sedangkan Py-GC/MS menggunakan suhu pirolisis yang tinggi, yang dapat menyebabkan zat ekstraktif terfragmentasi dan menghasilkan pembentukan senyawa-senyawa baru dengan struktur serupa sebagai produk dekomposisi termal (Seeley dan Lynch 2023). Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis Py-GC/MS yang menunjukkan senyawa dengan kelimpahan tertinggi adalah  $\gamma$ -sitosterol dan juga karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Kedua senyawa tersebut tidak terdeteksi oleh LCMS/MS (Tabel 2). Senyawa ini  $\gamma$ -sitosterol termasuk kelompok senyawa steroid (Saeidnia *et al.* 2014), sedangkan CO<sub>2</sub> merupakan produk dekomposisi termal dalam Py-GC/MS (Al-Rumaihi *et al.* 2022).

Berdasarkan hasil analisis LCMS/MS (Tabel 2), ekstrak etil asetat didominasi oleh kelompok senyawa fenolik, triterpenoid, dan steroid. Pada ekstrak etil asetat ditemukan senyawa fenolik yang memiliki kelimpahan relatif tertinggi yaitu *5-[(10Z)-14-(3,5-dihydroxyphenyl)tetradec-10-en-1-yl]benzene-1,3-diol* (Tabel 2).



Gambar 4 Kromatogram LCMS/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak etil asetat



Gambar 5 Kromatogram Py-GC/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak etil asetat

Tabel 2 Senyawa dominan LCMS/MS dan Py-GC/MS dengan ekstrak etil asetat

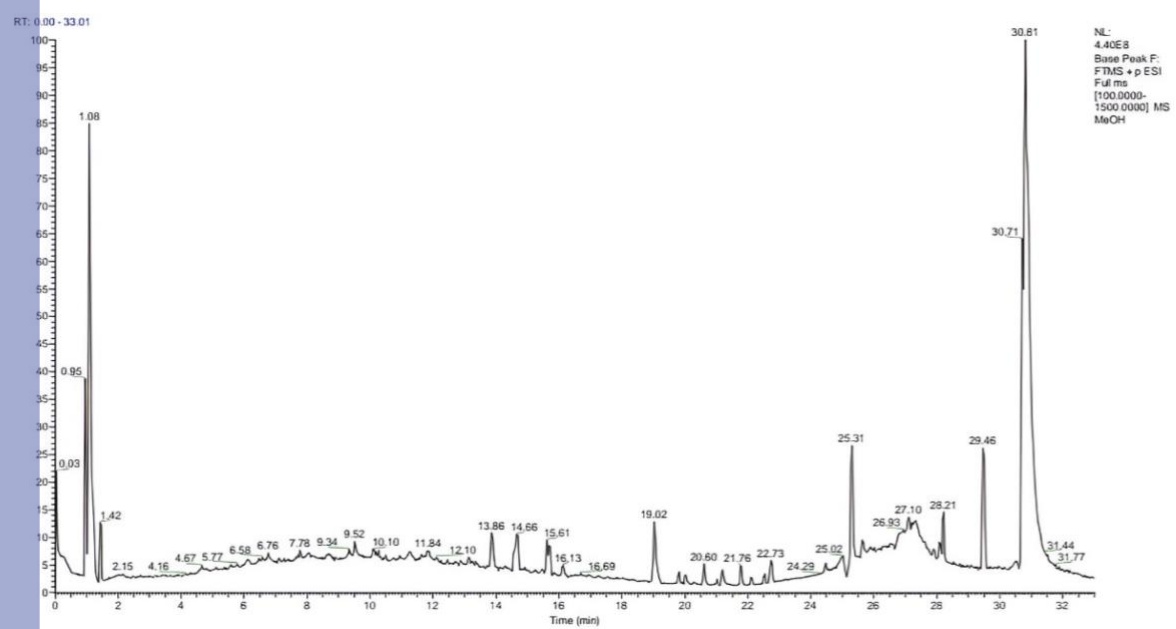
Instrumen	Senyawa Kimia	Golongan Senyawa	Kelimpahan Relatif (%)
LCMS/MS	<i>5-[(10Z)-14-(3,5-dihydroxyphenyl)tetradec-10-en-1-yl]benzene-1,3-diol</i>	Fenolik	11,21
	<i>Methyl (3S,4S,21R)-14-ethyl-13-formyl-4,8,18-trimethyl-20-oxo-3-(3-oxo-3-[(2E,7R,11R)-3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecen-1-yl]oxy}propyl)-9-vinyl-21-phorbinecarboxylate</i>	Alkaloid	7,36
	<i>Propapyriogenin A2</i>	Terpenoid	5,11
	<i>Maslinic acid</i>	Terpenoid	3,96
	<i>Oleanolic acid</i>	Terpenoid	3,27
	<i>(3beta,24R,24'R)-fucosterol epoxide</i>	Steroid	1,78
	<i>Glycyrrhetaldehyde</i>	Terpenoid	1,42
	<i>Hiyodorilactone B</i>	Terpenoid	1,37
	<i>20S-Protopanaxatriol</i>	Terpenoid	1,24
	<i>3-Oxoglycyrrhetic acid</i>	Terpenoid	1,16
Py-GC/MS	$\gamma$ -sitosterol	Steroid	20,47
	<i>Stigmast-4-en-3-one</i>	Steroid	8,61
	<i>Nonadecyl pentafluoropropionate</i>	Ester	6,53
	<i>24-Norursa-3,12-diene</i>	Terpenoid	4,98
	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) *	Karbon	3,44
	<i>Stigmasterol</i> *	Steroid	0,24
	<i>Eugenol</i>	Fenol	0,20

Ket: \* = Produk Hasil Pirolisis

### 4.2.3 Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih Ekstrak Metanol

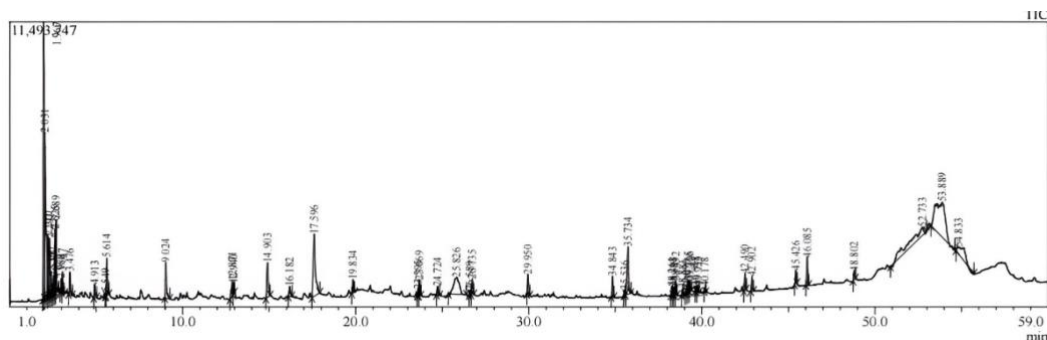
Hasil analisis profil zat ekstraktif akar anakan kayu putih ekstrak metanol dengan LCMS/MS 100 senyawa (Gambar 6) dan 49 senyawa seperti ditunjukkan oleh kromatogram Py-GC/MS (Gambar 7). Perbedaan banyaknya senyawa yang terdeteksi ini disebabkan oleh perbedaan aplikasi sampel pada kedua instrument tersebut. Pemisahan senyawa pada LCMS/MS menggunakan perbedaan kepolaran senyawa serta diaplikasikan pada suhu 30°C (Kiani *et al.* 2023), sedangkan Py-GC/MS melibatkan proses dekomposisi termal pada suhu tinggi yang menyebabkan zat ekstraktif terfragmentasi dan menghasilkan senyawa baru yang sama (Maji *et al.* 2023). Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis Py-GC/MS yang menunjukkan senyawa dengan kelimpahan relatif tertinggi adalah *dodecanoic acid*, *1,2,3-propanetriyl ester* dan karbon dioksida yang tidak terdeteksi oleh LCMS/MS (Tabel 3). Senyawa ini merupakan senyawa ester yang terbentuk dari reaksi antara asam dodekanoat (asam laurat) dengan gliserol yang termasuk dalam kelompok senyawa trigliserida (Widyasanti dan Hanif 2022). Sementara itu, CO<sub>2</sub> merupakan produk dekomposisi termal dalam Py-GC/MS (Al-Rumaihi *et al.* 2022)

Berdasarkan hasil analisis LCMS/MS, ekstrak metanol didominasi oleh kelompok senyawa asam amino, alkaloid, dan glikosida. Pada ekstrak metanol ditemukan senyawa kimia yang memiliki kelimpahan relatif tertinggi yaitu *d-(+)-proline* (Tabel 3). Senyawa ini merupakan asam amino siklik non-esensial yang termasuk dalam kelompok senyawa asam amino proteinogenic (Nelson dan Cox 2017).



Gambar 6 Kromatogram LCMS/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak metanol

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 7 Kromatogram Py-GC/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak metanol

Tabel 3 Senyawa dominan LCMS/MS dan Py-GC/MS dengan ekstrak metanol

Instrumen	Senyawa Kimia	Golongan Senyawa	Kelimpahan Relatif (%)
LCMS/MS	<i>D-(+)-Proline</i>	Asam Amino	14,20
	<i>Betaine</i>	Amina	4,23
	<i>Choline</i>	Amina	3,39
	<i>Hiyodorilactone B</i>	Terpenoid	3,18
	<i>Propapyriogenin A2</i>	Terpenoid	2,85
	<i>6-(alpha-D-glucosaminy)-1D-myo-inositol</i>	Alkohol	2,34
	<i>Kanosamine</i>	Amina	1,85
	<i>2-phytyl-1,4-dihydroxynaphtalene</i>	Fenol	1,84
	<i>4-Guanidinobutyric acid</i>	Amida	1,62
	<i>3-Oxoglycyrrhetic acid</i>	Terpenoid	1,61
Py-GC/MS	<i>Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester*</i>	Ester	21,96
	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )*	Karbon	13,05
	<i>Acetaldehyde, chloro-</i>	Aldehida	9,57
	<i>5-Hydroxymethylfurfural*</i>	Aldehida	6,63
	<i>.beta.-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-</i>	Karbohidrat	4,50
	<i>Eugenol</i>	Fenol	0,73

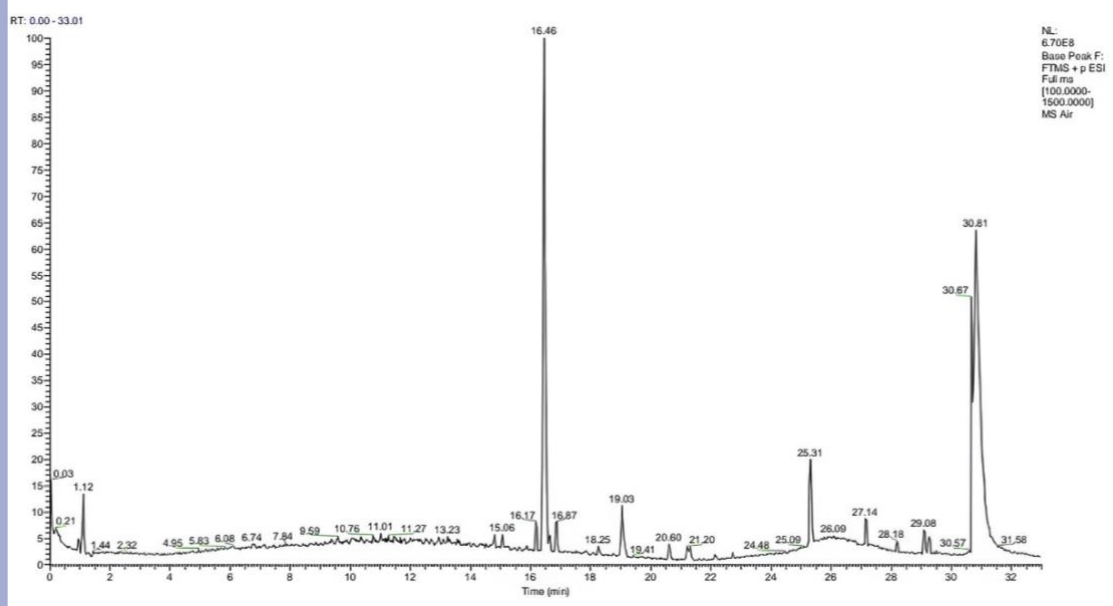
Ket: \* = Produk Hasil Pirolisis

#### 4.2.4 Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih Ekstrak Air

Hasil analisis profil zat ekstraktif akar anakan kayu putih ekstrak *n*-heksana terdeteksi 100 senyawa pada LCMS/MS (Gambar 8) dan 50 senyawa pada Py-GC/MS (Gambar 9). Perbedaan banyaknya senyawa yang terdeteksi ini disebabkan oleh perbedaan aplikasi sampel pada kedua instrument tersebut. Aplikasi sampel pada LCMS/MS dilakukan pemisahan pada suhu ruang

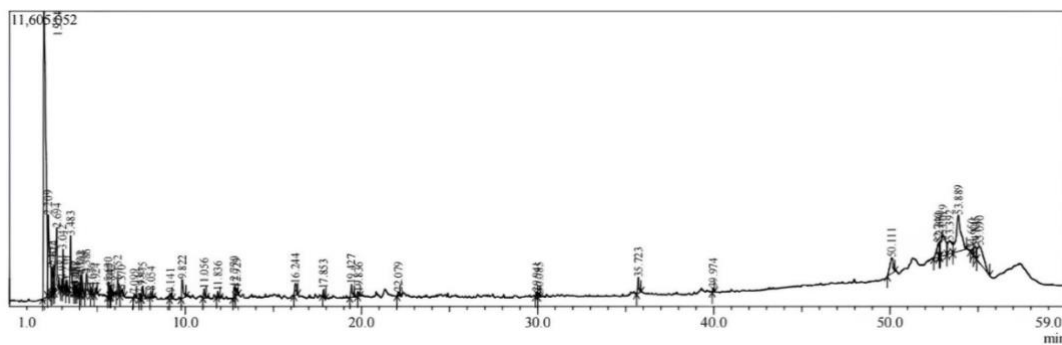
dengan ionisasi ESI (Kaliawan dan Donardono 2021), sedangkan Py-GC/MS dilakukan pirolisis suhu tinggi (400-600 °C) yang menyebabkan degradasi termal (Chandrasekaran dan Brajendra 2019). Hal ini ditunjukkan oleh hasil analisis Py-GC/MS yang menunjukkan senyawa dengan kelimpahan relatif tertinggi berbeda dengan hasil yang terdeteksi oleh LCMS/MS (Tabel 4). CO<sub>2</sub> merupakan hasil degradasi termal dari senyawa-senyawa organik (Encinar *et al.* 1998). Keberadaan CO<sub>2</sub> yang tinggi mengindikasikan banyaknya senyawa organik yang mengalami dekomposisi termal menjadi molekul-molekul sederhana (Gross 2017). Air dapat mengekstrak senyawa-senyawa yang bersifat sangat polar seperti gula (monosakarida, oligosakarida, polisakarida), protein, peptide, asam amino, garam-garam alkaloid, tannin terhidrolisis, saponin, dan glikosida. Pelarut air juga efektif untuk mengekstrak senyawa-senyawa yang memiliki gugus hidroksil (-OH) dan karboksil (-COOH) yang dapat membentuk ikatan hidrogen (Rahman *et al.* 2022).

Berdasarkan hasil analisis LCMS/MS, ekstrak air mengandung senyawa-senyawa polar yang didominasi oleh kelompok senyawa alkaloid, amida, dan asam amino. Pada ekstrak air ditemukan senyawa kimia yang memiliki kelimpahan relatif tertinggi yaitu *piperine* (Tabel 4). Senyawa ini terdeteksi pada LCMS/MS dan Py-GC/MS. Senyawa ini termasuk dalam kelompok senyawa alkaloid yang biasanya terdapat dalam tanaman lada hitam (*Piper nigrum*) dan lada putih (*Piper longum*) (Zou *et al.* 2024; Tilarso *et al.* 2021). Perbedaan kandungan zat ekstraktif dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu jenis kayu, lokasi tumbuh, usia pohon, serta faktor genetik lainnya (Syafii *et al.* 2022).



Gambar 8 Kromatogram LCMS/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak air

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 9 Kromatogram Py-GC/MS ekstrak akar anakan kayu putih dengan ekstrak air

Tabel 4 Senyawa dominan LCMS/MS dan Py-GC/MS dengan ekstrak air

Instrumen	Senyawa Kimia	Golongan Senyawa	Kelimpahan Relatif (%)
LCMS/MS	<i>Piperine</i>	Alkaloid	39,01
	<i>N-Morpholino-3,4,5-tris(2-ethylhexyloxy)benzamide</i>	Amida	3,72
	<i>Betaine</i>	Amina	3,39
	<i>(2E,4E,12Z)-N-Isobutyl-2,4,12-octadecatrienamide</i>	Amida	3,07
	<i>(2E,4Z)-N-Isobutyl-2,4-octadecadienamide</i>	Alkaloid	3,07
	<i>Piperanine</i>	Alkaloid	2,67
	<i>N-isobutyl-(2E,4E,14Z)-eicosatrienamide</i>	Amida	2,50
	<i>(2E,2'E)-3,3'-[2,4-Bis(1,3-benzodioxol-5-yl)-1,3-cyclobutanediyl]bis[1-piperidinyl]-2-propen-1-one]</i>	Alkaloid	2,44
	<i>DL-Stachydrine</i>	Alkaloid	2,10
	<i>Normorphine</i>	Alkaloid	1,7
Py-GC/MS	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> ) *	Karbon	33,10
	<i>Piperine</i>	Alkaloid	8,43
	<i>2-Hexanone, 4-hydroxy-5-methyl-3-prop</i>	Keton	7,78
	<i>Dodecanoic acid, 1,2,3-propanetriyl ester*</i>	Ester	4,99
	<i>Acetic acid*</i>	Asam Karboksilat	4,76

Ket: \* = Produk Hasil Pirolisis

Beberapa senyawa yang terdeteksi pada instrument Py-GC/MS merupakan senyawa produk hasil pirolisis. Asam asetat terbentuk dari degradasi termal gugus asetat dalam hemiselulosa (Zhou *et al.* 2013). Phenol merupakan residu mayor dari proses pirolisis batubara (Kong *et al.* 2014). Selain itu, *5-hydroxymethylfurfural* (HMF) dihasilkan dari penguapan air pada gula dan karbohidrat yang lebih tinggi, dengan HMF selalu muncul pada pirolisis biomassa (Olszewski *et al.* 2019). Produk utama kedua dari pirolisis adalah *2-methyl furan* (MF) (Leon *et al.* 2023), sedangkan *2,3-butanedione* terbentuk sebagai fragmen hasil pirolisis aluminium alginate (Liu *et al.* 2015). *Oleic acid* merupakan produk yang dihasilkan dari pirolisis hidrokarbon dalam fraksi gas (Asomaning *et al.* 2014), sedangkan *hexadecanoic acid, methyl ester* adalah hasil pirolisis dari *Chlorella vulgaris* (*C. vulgaris*) (Kebelmenn *et al.* 2013). Polisiklik aromatik hidrokarbon (PAHs) dalam kondisi pirolitik menghasilkan sterol seperti kolestrol dan *stigmasterol* (Oja *et al.* 2009).

#### 4.3 Potensi Aktivitas Atraktan dan Antirayap Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih berdasarkan Studi Literatur

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan menggunakan dua instrumen yang berbeda dan pelarut yang sama pada ekstrak akar anakan kayu putih, kedua instrumen ini mengidentifikasi senyawa yang berbeda. Namun, terdapat dua senyawa yang identik pada kedua instrumen yaitu *styrene* dan *piperine* yang ditemukan pada pelarut air dengan konsentrasi yang berbeda (Tabel 4 dan Tabel 5). *Styrene* atau biasa disebut juga stirena merupakan senyawa yang memiliki rumus molekul  $C_8H_8$  yang termasuk dalam kelompok senyawa aromatic monomer tak jenuh, sedangkan senyawa *piperine* merupakan alkaloid alami yang dapat diekstraksi dari buah lada yang sudah banyak dipakai sebagai obat tradisional dan insektisida. Gorgani *et al.* (2017) menyatakan bahwa *piperine* memiliki potensi untuk meningkatkan permeabilitas membrane sel atau sebagai *adjuvant* masuknya obat dalam sel. Berdasarkan penelitian Tavares *et al.* (2011), senyawa *piperine* dapat menyebabkan mortalitas yang lebih tinggi pada serangga pada konsentrasi 2% (20 g/L). Menurut Li *et al.* (2024), ketika tanaman mengalami kerusakan, tanaman tersebut akan melepaskan senyawa organik yang volatil termasuk stirena dan metil jasmonon. Kedua senyawa tersebut memiliki aktivitas yang cenderung sama yaitu menarik serangga musuh alami untuk menyerang hama pada tanaman yang rusak. Selain itu, polistirena banyak digunakan untuk meningkatkan ketahanan kayu pada kelas awet rendah seperti sengon, mangium, dan pinus.

Berdasarkan penelitian Hadi *et al.* (2016), kayu yang diberi perlakuan polistirena lebih tahan dibandingkan kayu yang tidak diberi perlakuan terhadap serangan rayap tanah. Kemunculan kedua senyawa tersebut pada instrumen-instrumen ini dapat disebabkan oleh proses ekstrak dengan pelarut air yang cukup baik melalui fase gas (Py-GC/MS) dan fase liquid (LCMS/MS). Maka dari itu, diketahui bahwa kedua senyawa larut dalam air sehingga dapat dikatakan bahwa *styrene* dan *piperine* merupakan senyawa polar serta senyawa mikromolekul yang tahan panas.



Tabel 5 Persamaan senyawa dari analisis profil zat ekstraktif akar anakan kayu putih menggunakan Py-GC/MS dan LCMS/MS

Pelarut	Senyawa Kimia	Kelimpahan relatif (%)		Bioaktivitas
		Py-GC/MS	LCMS/MS	
Air	<i>Piperine</i>	8,43	33,31	Insektisida (Tavares <i>et al.</i> 2011)
	<i>Styrene</i>	0,21	0,18	Ketahanan Kayu (Hadi <i>et al.</i> 2016)

Setiap senyawa yang terdeteksi dengan instrument Py-GC/MS memiliki aktivitas yang berbeda-beda antara satu dengan senyawa lainnya. Terdapat senyawa yang memiliki aktivitas antirayap yaitu *stigmasterol* dengan kelimpahan relatif 0,24% pada ekstrak etil asetat. Berdasarkan penelitian Asyari *et al.* (2023), *stigmasterol* termasuk kelompok senyawa steroid yang mampu mematikan rayap yang berasal dari ekstrak gubal kayu gaharu buaya. Senyawa ini dapat merusak fungsi sel dan menghambat proses ganti kulit pada rayap. Protozoa simbiosis yang terletak pada usus rayap pada saat proses ganti kulit akan keluar karena kulit usus rayap terlepas. *Stigmasterol* termasuk produk hasil pirolisis (Oja *et al.* 2009).

Dalam pengujian menggunakan keempat pelarut menunjukkan bahwa senyawa *acetic acid* atau asam asetat terdeteksi disetiap pelarut dengan kelimpahan relatif sebesar 1,29% pada ekstrak *n*-heksana, 0,56% pada ekstrak etil asetat 2,62% pada ekstrak metanol, dan 4,76% pada ekstrak air. Menurut Suprianto *et al.* (2023), aktivitas antirayap dari ekstrak kulit batang kayu dapat disebabkan oleh komponen kimia yang terkandung di dalamnya, antara lain asam asetat, asam propoanoate, fenol, dan turunan fenol. *Acetic acid* termasuk dalam produk hasil pirolisis. Pada proses pirolisis asap cair didapatkan bahwa senyawa dominan adalah asam asetat dan fenol (Budaraga *et al.* 2016). Asam asetat dan gliserol menjadi produk hasil pirolisis holoselulosa (Hu *et al.* 2019).

Diantara seluruh senyawa yang terkandung pada ekstrak akar anakan kayu putih terlarut etil asetat dan terlarut metanol, terdapat senyawa yang memiliki aktivitas atraktan rayap yaitu *eugenol* dengan kelimpahan relatif 0,20% pada ekstrak etil asetat dan 0,73% pada ekstrak metanol. Berdasarkan penelitian Indrayani *et al.* (2018), senyawa *eugenol* yang didapatkan dari ekstrak tanaman genus *Melaleuca* efektif memikat rayap dibandingkan dengan *eugenol* dari ekstrak tanaman lain. Atraktan alami ini berupa cairan bening kekuningan pucat yang bersifat volatil (mudah menguap), dan memberikan aroma khas sama seperti tanaman aslinya. Masa aktif atraktan dipengaruhi oleh banyaknya kandungan *eugenol* yang terkandung, semakin tinggi kandungan senyawa ini maka semakin lama juga masa aktifnya sebagai atraktan rayap (Simbolon *et al.* 2015). Hal ini membuktikan bahwa adanya sifat atraktan rayap pada akar anakan kayu putih yang dapat diketahui melalui pengujian zat ekstraktif menggunakan Py-GC/MS.

## V SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Akar anakan kayu putih didominasi oleh zat ekstraktif yang bersifat polar karena rendemen ekstrak hasil maserasi bertingkat tertinggi adalah ekstrak metanol (2,08%), diikuti oleh ekstrak air (1,47%), ekstrak etil asetat (1,35%), dan ekstrak *n*-heksana (0,26%). Profil zat ekstraktif ekstrak (jenis dan komposisi senyawa kimia) hasil analisis LCMS/MS berbeda dari Py-GC/MS. Hanya ada dua senyawa yang teridentifikasi di kedua instrument tersebut yaitu *piperine* dan *styrene* yang terkandung di dalam ekstrak air. Kelimpahan *piperine* di dalam ekstrak air hasil analisis dengan LCMS/MS tertinggi (39%), sedangkan Py-GC/MS sekitar 8,43% karena didominasi oleh karbondioksida hasil dekomposisi termal pirolisis zat ekstraktif. Penelusuran pustaka menunjukkan *piperine* bersifat insektisida. Senyawa kimia yang teridentifikasi Py-GC/MS yang bersifat atraktan adalah eugenol pada ekstrak etil asetat dan antirayap adalah *stigmasterol* dan asam asetat. Namun *stigmasterol* dan asam asetat merupakan hasil pirolisis ekstrak.

### 5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengisolasi senyawa-senyawa yang memiliki Kelimpahan relatif tertinggi dalam berbagai pelarut. Selain itu, senyawa yang diperoleh dilakukan pengujian terhadap aktivitas atraktan dan antirayap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar AR, Haque M. 2020. Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. *J Pharm Bioallied Sci.*12(1): 1–10.
- Al-Rumaihi A, Shahbaz M, Mckay G, Mackey H, Al-Ansari. 2022. A review of pyrolysis technologies and feedstock: A blending approach for plastic and biomass towards optimum biochar yield. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 167(1): 1–16.
- Amran, Ahmad I, Putra RE, Kuswanto E. 2015. Aplikasi campuran serbuk kayu pinus dan fipronil sebagai umpan rayap tanah *Macrotermes gilvus* (Hagen) (Isoptera: Termitidae) di Bandung. *Jurnal Entomologi Indonesia.* 12(2): 73–79.
- Andika R, Himmi SK, Ismayati M, Sari RK, Arinana A, Tjahyono B, Tarmadi D, Guswenrivo I, Adi DS, Imanullah A, *et al.* 2023. Chemical components from the bark layers of *Eucalyptus pellita* F Muell. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1199(012027): 2–12.
- Arinana A, Dharma RA, Sari RK, Rahmawati AI, Andika R, Nandika D. 2024. Bioactivity of cajuput seedling *n*-Hexane extract as an attractant for subterranean termite *Coptotermes curvignathus* Holmgreen (Isoptera: Rhinotermitidae). *J Korean Wood Sci Technol.* 52(1): 31–46.
- Asomaning J, Mussone P, Bressler DC. 2014. Thermal deoxygenation and pyrolysis of oleic acid. *J Anal Appl Pyrol.* 105(1): 1–7.
- Asyari K, Jayuska A, Wibowo MA, Ardiningsih P. 2023. Aktivitas antirayap dari ekstrak metanol gubal kayu gaharu buaya (*Aetoxylon sympetalum*) terhadap rayap tanah (*Coptotermes* Sp.). *Indo J Pure App Chem.* 6(2): 77– 86.
- Budaraga IK, Armin A, Marlinda Y, Bulain U. 2016. Analysis of liquid smoke chemical components with GC MS from different raw materials variation production and pyrolysis temperature level. *Int J Chem Res.* 9(6): 694–708.
- Cahyani PD. 2024. Inventarisasi dan potensi serangan hama pada tanaman kayu putih (*Melaleuca leucadendra* L.) di resort pengelolaan hutan Sidoarjo, Ponorogo [skripsi]. Surabaya (ID): Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
- Chae YJ, Song YK, Chae SH, Kim MJ, Kang JS, Lee JY, Koo TS, Lee KR. 2020. Development and validation of an LCMS/MS method of monitoring Larotrectinib, a tropomyosin-related kinase inhibitor, in mouse and human plasma and application to pharmacokinetic studies. *J Anal Sci Technol.* 11(20): 1–9.
- Chandrasekaran S, Brajendra K. 2019. 13 from waste to resources: how to integrate recycling into the production cycle of plastic. *Plastics to Energy.* 1(1): 345–364.
- Chiriac ER, Chitescu CL, Geana EI, Gird CE, Socoteanu RP, Boscencu R. 2021. Advanced analytical approaches for the analysis of polyphenols in plants matrices-a review. *Separations.* 8(5): 65–71.
- Diba F, Wiranata P, Nurhaida, Dirhamsyah M, Hartono R. 2022. Bio-attractant of termites bait from waste paper and extract *Ocimum basillicum* Linn against

subterranean termites *Coptotermes curvignathus* Holmgren. *Wood Res J.* 13(2): 49–55.

Elu MK, Kasa O, Manikin MA, Obenu NM. 2023. Analisis fitokimia ekstrak pelarut kulit akar tumbuhan “At Anonse” (*Annona reticulata* L.). *JSLK.* 6(1): 20–23.

Encinar JM, Beltran FJ, Ramira A, Gonzales JF. 1998. Pyrolysis/gasification of agricultural residues by carbon dioxide in the presence of different additives: influence of variables. *Fuel Process Technol.* 55(3): 219–233.

Fahma W, Alimuddin AH, Rudiyanasyah. 2024. Aktivitas antirayap kulit batang dan akar tumbuhan kokosan (*Lansium domesticum cv Kokosan*) terhadap rayap tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren). *J Ris Kim.* 15(2): 131–140.

Familasari S, Sari RK, Syafii W, Carolina A, Cahyaningsih U, Sa’diah S. 2023. Ultrasound-assisted extraction of antimalarial compounds from the bidara laut (*Strychnos ligustrina*) heartwood. *J Sylva Lestari.* 11(3): 360–369.

Fendi, Kurniaty D. 2016. Identifikasi kandungan ekstrak kayu jati menggunakan Py-GC/MS. *JIFI.* 21(3): 161–171.

Gorgani L, Mohammadi M, Najafpour GD, Nikzad M. 2017. Piperine-the bioactive compound of black pepper: from isolation to medicinal formulations. *CRFSFS* 16(1); 124–140.

Gross JH. 2017. *Mass Spectrometry: A Textbook.* Springer.

Hadi YS, Massijaya MY, Arinana A. 2016. Subterranean termite resistance of polystyrene-treated wood from three tropical wood species. *Insects.* 7(37): 2–6.

Hamka Z, Noena RAN, Azmin RAP. 2022. Pengaruh metode maserasi bertingkat terhadap nilai rendemen dan profil kromatografi lapis tipis (KLT) ekstrak daun kemangi (*Ocimum basilicum* L.). *J Kesehatan Yamasi Makassar.* 6(1): 154–162.

Hanapi A, Fasya AG, Syakuro A. 2019. Uji aktivitas antioksidan ekstrak n-heksana, etil asetat, metanol daun dan akar bakau merah (*Rhizophora stylosa*) dengan metode DPPH. *Alchemy: Journal of Chemistry.* 7(1): 20–24.

Handayani D, Wahyuni W, Malik A. 2023. Optimasi ekstraksi senyawa bioaktif dari tumbuhan menggunakan berbagai pelarut organik. *J Nat Prod Res.* 12(1): 45–58.

Harmita KAA, Harahap Y, Supandi. 2019. *Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (LCMS/MS).* Ed ke-1. Jakarta (ID): ISFI Penerbitan.

Hasnaeni, Wisdawati, Usman S. 2019. Pengaruh metode ekstraksi terhadap rendemen dan kadar fenolik ekstrak tanaman kayu beta-beta (*Lunasia amara* Blanco). *JFG.* 5(2): 175–182.

Helmiyetti, Supriati R, Wibowo RH, Lestari DF, Maryana L. 2023. Bioaktivitas *Usnea barbata* (L.) F.H. Wigg sebagai insektisida nabati *Coptotermes curvignathus* (Holmgren). *JIFI.* 28(3): 407–414.

Hu B, Lu Q, Wu Y, Liu J, Li K, Dong C, Yang Y. 2019. Interaction between acetic acid and glycerol: a model for secondary reactions during holocellulose pyrolysis. *J Phys Chem A.* 123(3): 674–681.

Indrayani Y, Muin M, Adilla C, Yoshimura T. 2018. Short communication: attractiveness of subterranean termite *Coptotermes formosanus* to plant leaf extracts. *Biodiversitas.* 19(3): 1176–1180.

- Ismayati M, Nakagawa-izumi A, Ohi H. 2017. Structural elucidation of condensed tannin from the bark waste of *Acacia crassicarpa* plantation wood in Indonesia. *J Wood Sci.* 63(4): 350–359.
- Jannah SR, Hatta GM, Bassir. 2022. Kesehatan tanaman kayu putih (*Melaleuca leucadendra* Linn) di lahan rehabilitasi daerah aliran sungai (DAS) gunung batu desa tebing sirih pelaihari kabupaten tanah laut. *J Sylva Scienteeae.* 5(2): 292–300.
- Jin D, Dai K, Xie Z, Chen J. 2020. Secondary metabolites profiles in *Cannabis inflorescences*, leaves, stem barks, and roots for medicinal purposes. *Sci Rep.* 10(1): 1–14.
- Jumani. 2021. *Perlindungan Hutan.* Ed ke-1. Yogyakarta (ID): Zahir Publishing.
- Mangurana WOI, Yusnaini, Sahidin. 2019. Analisis LCMS/MS (*Liquid Chromatograph Mass Spectrometry*) dan metabolit sekunder serta potensi antibakteri ekstrak n- heksana spons *Callispongia aerizusa* yang diambil pada kondisi tutupan terumbu karang yang berbeda di perairan teluk staring. *J Biologi Tropis.* 19(2): 131–141.
- Kaliawan, Danardono P. 2021. Kuantifikasi senyawa flavonoid dengan LCMS/MS secara simultan. *Distilat.* 7(1): 66–73.
- Kebelmenn K, Hornung A, Karsten U, Griffiths G. 2013. Intermediate pyrolysis and product identification by TGA and Py-GC/MS of green microalgae and their extracted protein and lipid components. *Biomass and Bioenergy.* 49(1): 38–48.
- Kiani HS, Ali B, Al-Sadoon MK, Al-Otaibi HS, Ali A. 2023. LCMS/MS and GC-MS identification of metabolites from the selected herbs and spices, their antioxidant, anti-diabetic potential, and chemometric analysis. *Processes.* 11(9): 1–31.
- Kong J, Zhao R, Bai Y, Li G, Zhang C, Li F. 2014. Study on the formation of phenols during coal flash pyrolysis using pyrolysis-GC/MS. *Fuel Process Technol.* 127(1): 41–46.
- Kurniawan RS, Sulaeman R, Mardhiansyah M. 2015. Identifikasi dampak dan tingkat serangan rayap terhadap bangunan di kabupaten Kuantan Singingi. *JOM Faperta.* 2(2): 1–9.
- Leon AE, Ramamurthy R, Ghysels S, Niazi S, Prins W, Ronsse F. 2023. Analytical (hydro) pyrolysis of pinewood and wheat straw in chloride molten salts: A route for 2-methyl furan production. *Fuel Process Technol.* 250(1): 1–21.
- Liu Y, Li Z, Wang J, Zhu P, Zhao J, Zhang C, Jin X. 2015. Thermal degradation and pyrolysis behavior of aluminum alginate investigated by TG-FTIR-MS and Py-GC-MS. *Polymer Degradation and Stability.* 118(1): 59–68.
- Li Y, Zhang B, Zhang J, Yang N, Yang D, Zou K, Xi Y, Chen G, Zhang X. 2024. The inappropriate application of imidacloprid destroys the ability of predatory natural enemies to control pests in the food chain: a case study of the feeding behavior of *Orius similis* on *Franliniella occidentalis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 272(1): 2–12.
- Lin M, Bi X, Zhou L, Huang J. 2022. Insecticidal triterpenes in Meliaceae: plant species, molecules, and activities: part II (Cipadessa, Melia). *Int J Mol Sci.* 23(10): 1–10.

- Maji SR, Roy C, Sinha SK. 2023. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS): a comprehensive review of synergistic combinations and their applications in the past two decades. *JASAB*. 5(2): 72–85.
- Nandika D, Rismayadi Y, Diba F. 2015. *Rayap: Biologi dan Pengendaliannya*. Ed ke-2. Surakarta (ID): Muhammadiyah University Press.
- Nelson L, Cox MM. 2017. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 7<sup>th</sup> Ed. New York (US): WH Freeman dan Sampling Learning.
- Ningsih S, Ceri B. 2023. Efektivitas bahan organik sebagai atraktan terhadap hama walang sangit (*Leptocorisa* sp.) pada tanaman padi. *J Pertanian Agro*. 11(2): 85–92.
- Noviansari R, Sudarmin, Siadi K. 2013. Transformasi metil eugenol menjadi 3-(3,4-dimetoksi fenil)-1-propanol dan uji aktivitasnya sebagai antibakteri. *J Chem Sci*. 2(2): 13–20.
- Oja V, Chen X, Hajaligol MR, Chan WG. 2009. Sublimation thermodynamic parameters for cholesterol, ergosterol,  $\beta$ -sitosterol, and stigmasterol. *J Chem Eng Data*. 57(1): 730–734.
- Olszewski MP, Arauzo PJ, Wądrzyk M, Kruse AJJOA. 2019. Py-GC-MS of hydrochars produced from brewer's spent grains. *J Anal Appl Pyrol*. 140(1): 255–263.
- Omidghane M, Bartoli M, Asomaning J, Xia L, Chae M, Bressler DC. 2020. Pyrolysis of fatty acids derived from hydrolysis of brown grease with biosolid. *Environ Sci Pollut Res Int*. 27(21): 26395–26405.
- Pamungkas DA, Nofita, Ulfa AM, Kurniati M. 2023. Pengaruh jenis pelarut pada metode maserasi terhadap karakteristik ekstrak daun kayu putih (*Eucalyptus pellita*). *JFM*. 6(2): 158–167.
- Pardede A, Wardhani RAK. 2024. Isolasi senyawa metabolit sekunder dari ekstrak heksana batang kelakai (*Stenochlaena palustris*). *J Ris Kim*. 15(2): 75–83.
- Permana RD, Husni H. 2017. Efektivitas bioatraktan dari bahan alami terhadap rayap tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgren). *JLHT*. 5(3): 629–688.
- Perum Perhutani. 2023. *Laporan Tahunan Perhutani*. Jakarta (ID): Perum Perhutani. Perum Perhutani. 2023. Jumlah Tanaman Kayu Putih Perum Perhutani. [diakses 2025 Jan 9]. [www.perhutani.co.id](http://www.perhutani.co.id).
- Perum Perhutani. 2022. *Laporan Tahunan Perhutani*. Jakarta (ID): Perum Perhutani. Perum Perhutani. 2023. Jumlah Tanaman Kayu Putih Perum Perhutani. [diakses 2023 Nov 8]. [www.perhutani.co.id](http://www.perhutani.co.id).
- Pico Y, Barcelo D. 2020. Pyrolysis gas chromatography-mass spectrometry in environmental analysis: focus on organic matter and microplastics. *Trends in Analytical Chemistry*. 130(1): 2–23.
- Puslitbang Perhutani, Fakultas Kehutanan IPB. 2019. *Laporan Akhir Pengendalian Rayap pada Tanaman Kayu Putih*. Bogor (ID): Pusat Penelitian dan pengembangan Perum Perhutani dan Institut Pertanian Bogor.
- Putranto M, Mangesti YA. 2024. Penggunaan ganja medis dalam pengobatan dan pengaturannya di Indonesia. *JEL*. 3(1): 10–19.
- Rahman A, Putri N, Santoso B. 2022. Ekstraksi senyawa bioaktif dari bahan alam menggunakan pelarut air: review. *Indones, J Nat Prod Sci*. 9(4): 201–215.
- Saadah EM, Isnawati, Noraida. 2018. Larutan tape singkong (*Manihot utilissima*) sebagai atraktan nyamuk. *J Kes Ling*. 15(1): 541–548.

- Saeidnia S, Manayi A, Gohari AR, Abdollahi M. 2014. The story of beta-sitosterol- a review. *EJMP*. 4(50): 590–609.
- Sayuthi M. 2012. Identifikasi spesies rayap perusak tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 4(2): 118–121.
- Seeley ME, Lynch JM. 2023. Previous successes and untapped potential of pyrolysis-GC/MS for the analysis of plastic pollution. *Anal Bioanal Chem*. 415(15): 2873–2890.
- Septiana AT, Asnani A. 2012. Kajian sifat fisikokimia ekstrak rumput laut coklat *Sargassum duplicatum* menggunakan berbagai pelarut dan metode ekstraksi. *AGROINTEK*. 6(1): 23–28.
- Shi YS, Zhang Y, Li HT, Wu CH, El-seedi HR, Ye WK, Wang ZW. 2020. Limonoids from citrus: chemistry, anti-tumor potential, and other bioactivities. *J Func Foods*. 75(5):1–21.
- Simbolon RI, Indrayani Y, Husni H. 2015. Efektifitas bioatraktan dari lima jenis tanaman terhadap rayap tanah (*Coptotermes* Sp). *JLHL*. 4(1): 40–46.
- Sudarmadji SB, Haryon, Suhardi. 1997. *Prosedur Analisis untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta (ID): Penerbit Liberti.
- Suprianto A, Oramahi HA, Diba F, Hardiansyah G, Anwari MS. 2023. The antitermitic and antifungal activities and composition of vinegar from durian wood (*Durio* sp.). *J. Kor. W. Sci. Tech*. 51(4): 283–294.
- Syafii W, Sari RK, Carolina A, Prayogo YH. 2022. *Bioaktivitas Zat Ekstraktif Kayu Tropis*. Ed ke-1. Bogor (ID): IPB Press.
- Syarpin, Permatasari S, Pujianto DA. 2023. Analysis of phytochemical constituents and antioxidant activity from the fractions of *Luvunga sarmentosa* root extract using LCMS/MS. *Biodiversitas*. 24(2): 733–740.
- Tanifuji K, Izumi AN, Ohi H. 2020. Effects of residual lignin and cellulose swelling on the rate of enzymatic saccharification of softwood and hardwood acid sulfite pulps. *J Wood Sci*. 66(64): 1–10.
- Taskin D, Gecim M, Dogan A, Beceren A. 2021. Polyphenolic composition and antioxidant effect of aerial parts and roots extracts from *Scorzonera veratrifolia*. *Intl J Sec Metab*. 8(3): 284–299.
- Tavares WS, Cruz I, Petacci F, Freitas SS, Serrao JE, Zanuncio JC. 2011. Insecticide activity of piperine: toxicity to eggs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepdoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. *J Med Plants Res*. 5(21): 5301–5306.
- Tilarso DP, Muadifah A, Handaru W, Pratiwi PI, Khusna ML. 2021. Aktivitas antibakteri kombinasi ekstrak daun sirih dan belimbing wuluh dengan metode hidroekstraksi. *J Chem Pub*. 6(2): 63–74.
- Widiyanto A, Siarudin M. 2014. Sifat fisikokimia minyak kayu putih jenis *Asteromyrtus brasii*. *JPHT*. 32 (4): 243–252.
- Widyasanti A, Hanif A. 2022. Identifikasi komponen oleoresin kulit mangga kuweni hasil ekstraksi berbantu gelombang mikro dengan metode gas kromatografi-spektrometri massa (GC-MS). *JKPTB*. 10(2): 116–123.
- Zalsabila A, Syafii W, Priadi T, Syahidah. 2024. Anti-termite activity of tamanu bark extract (*Calophyllum inophyllum* L.). *J Kor Wood Sci Technol*. 52(2): 134–144.

Zhou S, Wang Z, Liaw SS, Li CZ, Garcia-Perez M. 2013. Effect of sulfuric acid on the pyrolysis of Douglas fir and hybrid poplar wood: Py-GC/MS and TG studies. *J Anal Appl Pyrol.* 104(1): 117–130.

Zou R, Zhou Y, Lu Y, Zhao Y, Zhang N, Liu J, Zhang Y, Fu Y. 2024. Preparation, pungency and bioactivity transduction of piperine from black pepper (*Piper nigrum* L.): a comprehensive review. *Food Chemistry.* 456(1): 1–10.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Jakarta pada tanggal 27 Februari 2002 sebagai anak ketiga dari pasangan Bapak Garyadi Kartasasmita dan Ibu Ratna Nurhasanah. Pendidikan penulis dimulai di TK-SDS-SMPS Taruna Bangsa serta sekolah menengah atas (SMA) ditempuh di sekolah SMAN 15 Bandung, dan lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa program sarjana (S1) di Program Studi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan di IPB melalui jalur SBMPTN.

Selama mengikuti program S1, penulis aktif menjadi pengurus organisasi dan kepanitiaan di lingkup kampus seperti Staff Pamaung 57 Periode 2021/2022, Staff Partnership Himasiltan Periode 2021/2022 dan 2022/2023, Ketua Divisi Sponsorship FORTEX 13<sup>th</sup>, Staff Jarambah Pengabdian Masyarakat di Desa Patengan oleh PPK Ormawa 2022.

Penulis melaksanakan kegiatan magang di PT Kobeks tahun 2023, mengikuti Praktik Lapang Kehutanan (PLK) di KPH Bandung Utara tahun 2022. Penulis menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Profil Zat Ekstraktif Akar Anakan Kayu Putih dan Potensinya sebagai Atraktan dan Antirayap” sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Kehutanan dan Lingkungan, dibawah bimbingan Ibu Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si dan Ibu Dr. Arinana, S.Hut., M.Si.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.