

EVALUASI ASAP CAIR LIMBAH KAYU DAN BAMBU SERTA PEMANFAATANNYA SEBAGAI STIMULAN PERTUMBUHAN TANAMAN DAN ANTIMIKROBA

SANTIYO WIBOWO



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@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.

Perpustakaan 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.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Evaluasi Asap Cair Limbah Kayu dan Bambu serta Pemanfaatannya sebagai Stimulan Pertumbuhan Tanaman dan Antimikroba” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Oktober 2024

Santiyo Wibowo
E261194022

@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.



@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.



RINGKASAN

SANTIYO WIBOWO. Evaluasi Asap Cair Limbah Kayu dan Bambu serta Pemanfaatannya sebagai Stimulan Pertumbuhan Tanaman dan Antimikroba. Dibimbing oleh WASRIN SYAFII, GUSTAN PARI, ELIS NINA HERLIYANA.

Lignoselulosa kayu merupakan bahan alam yang berlimpah dan dapat diperbarui keberadaannya. Dalam pemanfaatannya, bahan alam perlu menjalankan konsep *the whole tree utilization* yaitu memanfaatkan semua bagian dari pohon yang ditebang sehingga tidak menghasilkan limbah. Salah satu pemanfaatan bagian lignoselulosa adalah dengan produksi asap cair yang merupakan cairan kimia bahan alam dari proses pirolisis. Seperti diketahui, bahan kimia sintetis dapat menyebabkan sejumlah besar efek negatif terhadap kesehatan dan lingkungan hidup, sehingga bahan kimia alam menjadi pilihan yang lebih aman.

Penelitian menunjukkan bahwa asap cair dapat dimanfaatkan sebagai stimulan pertumbuhan tanaman, antimikroba, dan antivirus. Namun, kemampuan asap cair dari jenis lignoselulosa kayu daun lebar, kayu daun jarum, dan bambu dengan teknik produksi secara stratifikasi suhu pirolisis belum banyak dilaporkan, sehingga masih perlu dievaluasi terutama aplikasi asap cair dari stratifikasi suhu yang berbeda dalam satu kali produksi. Aplikasi asap cair dengan stratifikasi suhu yang berbeda pada teknik hidroponik tanaman kumis kucing, sebagai antimikroba *Xanthomonas oryzae*, *Staphylococcus aureus* dan *Fusarium oxysporum*, serta sebagai penghambat virus BCMV (*Bean Common Mosaic Virus*) belum pernah dilaporkan, sehingga masih perlu dievaluasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik fisiko kimia asap cair dari tiga bahan lignoselulosa yaitu kayu jati (kayu daun lebar), kayu pinus (kayu daun jarum) dan bambu andong (non kayu) pada suhu pirolisis bertahap (stratifikasi suhu) dan pengaruhnya terhadap mikroba patogen dan pertumbuhan tanaman. Tujuan khususnya adalah untuk: 1) menganalisis hubungan perbedaan komposisi kimia bahan baku dan suhu pirolisis terhadap karakteristik fisiko kimia asap cair yang dihasilkan, 2) menganalisis pengaruh pemurnian terhadap karakteristik asap cair, 3) menganalisis pengaruh asap cair terhadap fitotoksik dan pertumbuhan tanaman kumis kucing, dan 4) menganalisis efektifitas asap cair pinus, kayu jati, dan bambu pada mikroba cendawan, bakteri, dan virus BCMV.

Penelitian ini diawali dengan penyiapan bahan baku dan analisis proksimat, dilanjutkan dengan pembuatan asap cair dari kayu jati, kayu pinus, dan bambu andong dengan teknik stratifikasi suhu pirolisis dengan suhu 200 °C, 300 °C, 400 °C, dan 500 °C, karakterisasi sifat fisiko-kimia asap cair (SNI 8385 2021), FTIR, dan Py-GCMS, mengevaluasi konsentrasi asap cair terhadap fitotoksitas asap cair pada tanaman kumis kucing. Tahap berikutnya adalah menguji asap cair berdasarkan fenol dan asam asetat terendah dan tertinggi pada kumis kucing secara hidroponik. Selanjutnya, dilakukan pengujian sifat antimikroba terhadap bakteri layu (*Xanthomonas oryzae*), bakteri patogen *Staphylococcus aureus* dan cendawan *Fusarium oxysporum*.

Asap cair kayu jati, kayu pinus, dan bambu andong masing-masing konsentrasi 0% (kontrol); 0,25%; 0,5%; 1,0%; 2,0%; 3%; 5%; 7% (v/v), diaplikasikan ke tanaman

@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.



kumis kucing sebanyak 100 mL/tanaman dengan cara disemprot ke tanaman untuk melihat respon fitotoksik tanaman. Konsentrasi yang tidak menyebabkan fitotoksik (0%, 0,25%, 0,5%, 1%, dan 2%) diaplikasikan pada pertumbuhan tanaman kumis kucing secara hidroponik. Aplikasi pada antimikroba menggunakan konsentrasi 0.5%, 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 30%, sedangkan aplikasi pada antivirus BCMV menggunakan konsentrasi 1% asap cair pada tanaman uji *Chenopodium amaranticolor* yang diinokulasi virus BCMV.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik setiap biomasa berpengaruh terhadap karakteristik asap cair. Hasil Py-GCMS menunjukkan bahwa stratifikasi suhu pirolisis menghasilkan karakteristik kimia yang berbeda, terutama kadar asam asetat dan fenol asap cair. Asap cair kayu jati mengandung fenol dari turunan lignin siringil (2,6 *dymethoxyphenol*, 3-*methoxyprochatecol*, 4-*methoxy-3-(methoxymethyl) phenol*, dan 1,2,3-*trimethoxy-5-methyl-benzene*) dan lignin guaiacil (*guaiacol*, 2-*methoxy-4-methylphenol*, *p-ethylguaiacol*, 1,4-*benzenediol*). Kadungan fenol asap cair kayu pinus berasal dari turunan lignin guaiacil (4-*methoxyphenol*, 2-*methoxy-4-methylphenol*, *p-ethylguaiacol*, (-)-*nortrachelogenin*). Fenol asap cair bambu terdiri dari turunan lignin siringil (2,6-*dimethoxyphenol* dan 1,2,3-*trimethoxy-5-methyl-benzene*), lignin guaiacil (2-*methoxyphenol*, *p-ethylguaiacol*, 1,4-*benzenediol*) dan p-hidroksifenil (*phenol* dan *m-ethylphenol*). Suhu 200 °C menghasilkan kadar asam asetat dan fenol terendah, sedangkan kadar tertinggi dihasilkan dari stratifikasi suhu 400 °C. Pemurnian asap cair dengan redistilasi dapat menjernihkan asap cair tetapi menyebabkan penurunan kadar asam asetat dan fenol.

Perlakuan asap cair jati, pinus, dan bambu pada konsentrasi 0,25% secara nyata mampu meningkatkan berat biomassa tanaman, tinggi tanaman, diameter batang, panjang akar, dan kadar sinensetin. Perlakuan asap cair bambu 0,25% memberikan peningkatan tertinggi pada berat daun (17,71 g), berat batang (8,4 g), berat akar (6,97 g), berat total biomassa (32,16 g), tinggi tanaman (42,14 cm), dan kadar sinensetin tertinggi (0,293 mg/g), serta menekan serangan kutu putih terendah (0,53%). Perlakuan asap cair bambu suhu 200 °C pada konsentrasi 0,25% juga menghasilkan peningkatan tertinggi kandungan hara N (8100 ppm), P (757,12 ppm), K (3300,5 ppm), Ca (2619,9 ppm), dan Mg (66,4 ppm).

Perlakuan asap cair jati, pinus dan bambu stratifikasi suhu 400 °C secara nyata mampu menghasilkan hambatan pada *X. oryzae*, *S. aureus* dan *F. oxysporum*. Asap cair kayu pinus konsentrasi 30%, menghasilkan diameter hambat tertinggi terhadap *X. oryzae* (32,05 mm). Asap cair kayu jati menghasilkan hambatan tertinggi terhadap *S. aureus* (18,19 mm). Asap cair bambu menghasilkan hambatan tertinggi terhadap *F. oxysporum* (9,26 mm). Sementara itu, pada pengujian penghambatan virus BCMV yang diinokulasikan ke tanaman uji *C. amaranticolor*, perlakuan semprot asap cair kayu jati suhu 400 °C konsentrasi 1% memberikan penghambatan paling tinggi terhadap perkembangan virus BCMV yang ditunjukkan dengan Lesio Lokal Nekrotik (LLN) terendah sebesar 8,17 titik dengan tingkat hambatan relatif (THR) tertinggi 89,00%. Berdasarkan hasil penelitian ini asap cair kayu pinus lebih efektif digunakan untuk antimikroba dibandingkan asap cair lainnya, sedangkan asap cair bambu andong dan kayu jati lebih efektif untuk aplikasi pada tanaman secara hidroponik dengan konsentrasi rendah.

Kata kunci: Antimikroba, asap cair, BCMV, limbah, stimulan pertumbuhan

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

SUMMARY

SANTIYO WIBOWO. Evaluation of Liquid Smoke from Wood and Bamboo Waste and Its Utilization as Plant Growth Stimulant and Antimicrobial. Supervised by WASRIN SYAFII, GUSTAN PARI, ELIS NINA HERLIYANA.

Wood lignocellulose is an abundant natural material that is renewable. In its use, it is necessary to implement the whole tree utilization concept, namely utilizing all parts of the felled tree so that it does not produce waste. One of the uses of lignocellulose is the production of liquid smoke, a chemical liquid from natural materials from the pyrolysis process. It is known that synthetic chemicals cause many negative effects on health and the environment, therefore, natural chemicals are a safer choice.

It has been reported that liquid smoke can be used as a plant growth stimulant, an antimicrobial, and an antiviral. The ability of liquid smoke from lignocellulosic types of broad leaf wood, needle leaf wood, and bamboo using production techniques using pyrolysis temperature stratification has not been widely reported, so it still needs to be evaluated, especially the application of liquid smoke from different temperature stratifications in one production. The application of liquid smoke with different temperature stratification in hydroponic techniques for cat's whiskers plants, as an antimicrobial for *Xanthomonas oryzae*, *Staphylococcus aureus*, and *Fusarium oxysporum*, as well as as an inhibitor of the BCMV (*Bean Common Mosaic Virus*) has never been reported, so it still needs to be evaluated.

This research aims to examine the physico-chemical characteristics of liquid smoke from three lignocellulosic materials: hardwood, softwood, and non-wood at gradual pyrolysis temperatures (temperature stratification) and their effect on pathogenic microbes and plant growth. Meanwhile, the specific objectives are to 1. Analyze the relationship between differences in the chemical composition of raw materials and pyrolysis temperature on the physicochemical characteristics of the liquid smoke produced. 2. Analyze the effect of purification on the characteristics of liquid smoke. 3. Analyze the phenol and acetic acid of liquid smoke, which do not cause phytotoxicity, and the effectiveness of liquid smoke for the growth of cat's whisker plants. 4. Analyze the effectiveness of pine, teak, and bamboo liquid smoke on fungal, bacterial, and viral microbes.

This research begins with preparing raw materials and proximate analysis, followed by making liquid smoke from teak wood, pine wood, and bamboo andong using a pyrolysis temperature stratification technique with temperatures of 200 °C, 300 °C, 400 °C, and 500 °C, characterization of the physico-chemical properties of liquid smoke (SNI SNI 8385 2021), FTIR, and Py-GCMS, evaluating the concentration of liquid smoke on the phytotoxicity of liquid smoke on cat's whisker plants. Next, the application of liquid smoke based on hydroponically using the lowest and highest phenol and acetic acid in cat's whiskers. Furthermore, the application of liquid smoke as the antimicrobial properties against the bacteria; *Xanthomonas oryzae*, *Staphylococcus aureus*, and the fungus; *Fusarium oxysporum*.

Teak wood, pine wood, and andong bamboo liquid smoke, each with a concentration of 0% (control), 0.25%, 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3%, 5%, and 7% (v/v), was applied to the cat's whiskers plants as much as 100 ml/plant by spraying them onto the



plants to see the plant's phytotoxic response. Concentrations that do not cause phytotoxicity (0%, 0.25%, 0.5%, 1%, and 2%) are applied to hydroponically growth of cat's whiskers plants. Antimicrobial applications use concentrations of 0.5%, 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, and 30%. Meanwhile, the BCMV antiviral application uses a concentration of 1% liquid smoke on *Chenopodium amaranticolor* test plants inoculated with the BCMV virus.

The results showed that the characteristics of each biomass type affected the characteristics of liquid smoke. Py-GCMS results showed that pyrolysis temperature stratification produced different chemical characteristics, especially the levels of acetic acid and phenol in liquid smoke. Teak wood liquid smoke contains phenols from siringil lignin derivatives (2,6 *dymethoxyphenol*, 3-*methoxyprochatecol*, 4-*methoxy-(methoxymethyl) phenol*, and 1,2,3-*trimethoxy-5-methylbenzene*) and guaiacil lignin (*guaiacol*, 2-*methoxy-4-methylphenol*, *p-ethylguaiacol*, 1,4-*benzenediol*). The phenol content of liquid smoke pine wood is derived from the lignin derivative guaiacil (4-*methoxyphenol*, 2-*methoxy-4-methylphenol*, *p-ethylguaiacol*, (-)-*nortrachelogenin*), and liquid bamboo smoke phenol consists of the lignin derivative siringil (2,6-*dimethoxyphenol*, and 1,2,3-*trimethoxy-5-methylbenzene*), guaiacil (2-*methoxyphenol*, *p-ethylguaiacol*, 1,4-*benzenediol*) and p-hidroksiphenil (*phenol* and *m-ethylphenol*). A temperature of 200 °C produced the lowest levels of acetic acid and phenol, whereas the highest levels resulted from stratification at 400 °C. Purification of liquid smoke by redistillation can purify liquid smoke but causes a decrease in acetic acid and phenol levels.

Treatment with teak, pine and bamboo liquid smoke at a concentration of 0.25% was able to significantly increase plant biomass weight, plant height, stem diameter, root length and sinensetin levels. The 0.25% bamboo liquid smoke treatment provided the highest increase in leaf weight (17.71 g), stem weight (8.4 g), root weight (6.97 g), total biomass weight (32.16 g), plant height (42.14 cm), and the highest sinensetin content (0.293 mg/g), as well as suppressed the lowest mealybug attack (0.53%). Treatment of bamboo liquid smoke at a temperature of 200 °C at a concentration of 0.25% also resulted in the highest increase in nutrient content of N, P, K, Ca, and Mg, by 8100.0, 757.12, 3300.5, 2619.9 and 66.4 ppm.

Treatment with teak, pine, and bamboo liquid smoke at 400 °C significantly inhibited *X. oryzae*, *S. aureus*, and *F. oxysporum*. Pine liquid smoke at a concentration of 30% produced the highest inhibition diameter against *X. oryzae* (32.05 mm). Teak liquid smoke produced the highest inhibition against *S. aureus* (18.19 mm). Bamboo liquid smoke produced the highest inhibition against *F. oxysporum* (9.26 mm). Meanwhile, in the BCMV virus inhibition test inoculated into *C. amaranticolor* test plants, teak wood liquid smoke spray treatment at a temperature of 400 °C with a concentration of 1% provided the highest inhibition of the development of the BCMV virus, as indicated by the lowest Necrotic Local Lesions (LLN) of 8.17 points, with the highest relative inhibition rate (THR) of 89.00%. Based on the results of this study, pine wood liquid smoke is more effective for antimicrobial use than other liquid smokes. While andong bamboo and teak wood liquid smoke is more effective for application to plants hydroponically with low concentrations.

Keywords: Antimicrobial, BCMV, growth stimulant, liquid smoke, waste

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 mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
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.



@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.

EVALUASI ASAP CAIR LIMBAH KAYU DAN BAMBU SERTA PEMANFAATANNYA SEBAGAI STIMULAN PERTUMBUHAN TANAMAN DAN ANTIMIKROBA

SANTIYO WIBOWO

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- 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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si
- 2 Prof. Dr. Ir. Basuki Wasis, M.S

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si
- 2 Dr. Andes Hamuraby Rozak, M.Si

Judul Disertasi : Evaluasi Asap Cair Limbah Kayu dan Bambu serta Pemanfaatannya sebagai Stimulan Pertumbuhan Tanaman dan Antimikroba

Nama : Santiyo Wibowo

NIM : E261194022

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Wasrin Syafii, M.Agr



Pembimbing 2:
Prof. (Riset). Dr. Gustan Pari, M.Si



Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Elis Nina Herliyana, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof Dr. Ir. I Wayan Darmawan, M.Sc
NIP 196602121991031002



Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:
Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, M.S
NIP 196501221989031002



Tanggal Ujian:
24 September 2024

Tanggal Lulus:
11 NOV 2024



@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 SWT atas segala karunianya sehingga disertasi ini berhasil diselesaikan. Tema penelitian yang dipilih adalah pemanfaatan asap cair dari limbah biomassa dengan judul “Evaluasi Asap Cair Limbah Kayu dan Bambu serta Pemanfaatannya sebagai Stimulan Pertumbuhan Tanaman dan Antimikroba”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Wasrin Syafii, M.Agr, Prof. (Riset). Dr. Gustan Pari, M.Si, dan Prof. Dr. Ir. Elis Nina Herliyana, M.Si, yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan disertasi ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada penguji luar komisi pembimbing pada sidang tertutup yakni Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si dan Prof. Dr. Ir. Basuki Wasis, M.Si, serta penguji luar komisi pada sidang promosi yakni Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si dan Dr. Andes Hamuraby Rozak, M.Sc. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional, atas dukungan beasiswa program *degree by research* sehingga penulis dapat melanjutkan pendidikan Strata 3 (Doktoral), di Program Studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan, Pascasarjana IPB. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada civitas akademika Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB, yang telah membantu kelancaran penyusunan disertasi ini. Selain itu terimakasih kepada Bapak Mad Ali, Dadang Setiawan, Saifullah, Deri, Ibu Puji, dan Tini atas bantuannya selama penelitian di laboratorium Pustarhut KLHK.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada ayah (Alm. Sanly Suratman), ibu (Ratna Komala Sari), Istri (Dr. Rozza Tri Kwatrina, S.Si, M.Si), dan anak-anak (Nurul Afiyah, Alya Zahra Nazhifah, dan Hana Almaira Salsabila), yang telah memberikan dukungan, doa, pengertian, dan kasih sayangnya.

Semoga disertasi ini bermanfaat bagi masyarakat dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Oktober 2024

Santiyo Wibowo



@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.



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup	5
1.6 Kebaruan Penelitian	6
1.7 Hipotesis	6
II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Limbah Lignoselulosa sebagai Sumber Asap Cair dan Pemanfaatannya	9
2.2 Asap Cair	9
2.3 Kimia Bahan Baku	9
2.4 Teknik Produksi	12
2.5 Manfaat Asap Cair	14
2.6 Tanaman Jati	24
2.7 Tanaman Bambu	24
2.8 Tanaman Pinus	25
2.9 Mikroba	26
2.10 Tanaman Kumis Kucing	27
III METODE	28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2 Alat dan Bahan	28
3.3 Karakteristik Bahan Baku	29
3.4 Karakterisasi <i>Crude</i> dan Redestilasi Asap Cair	34
3.5 Aplikasi Asap Cair pada Tanaman Kumis Kucing	37
3.6 Aplikasi Asap Cair sebagai Antimikroba	39
3.7 Aktivitas Antivirus Asap Cair terhadap <i>Bean Common Mozaic Virus</i>	40
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Pengaruh Stratifikasi Suhu Pirolisis pada Senyawa Kimia Asap Cair	42
4.2 Aplikasi Asap Cair pada Tanaman Kumis Kucing (<i>Orthosiphon aristatus</i> (Blume) Miq	53
4.3 Aktivitas Antimikroba Asap Cair terhadap Bakteri <i>Xanthomonas oryzae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , dan Cendawan <i>Fusarium oxysporum</i>	66
4.4 Aktivitas Antivirus Asap Cair Tanaman terhadap <i>Bean Common Mosaic Virus</i> (BCMV)	74
V SIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Simpulan	78
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	96
RIWAYAT HIDUP	120

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 TABEL

1	Penelitian produksi asap cair	14
2	<i>State of the art</i> pemanfaatan asap cair	16
3	Komponen kimia kayu jati, kayu pinus, dan bambu	43
4	Hasil rendemen pirolisis asap cair dan tar kayu jati, pinus, dan bambu	44
5	Karakteristik asap cair kayu jati, kayu pinus, dan bambu	45
6	Evaluasi pengaruh fitotoksisitas asap cair terhadap tanaman kumis kucing	54
7	Hasil pertumbuhan tanaman kumis kucing	56
8	Kadar pH, fenol, dan asam asetat pada pengenceran asap cair	57
9	Kandungan hara pada daun kumis kucing.	62
10	Kadar sinensetin daun kumis kucing	66
11	Diameter zona hambat asap cair terhadap <i>Xanthomonas oryzae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , dan <i>Fusarium oxysporum</i>	73
12	Pengaruh perlakuan asap cair terhadap jumlah lesio lokal nekrotik (LLN) dan tingkat hambatan relatif (THR) pada <i>C. amaranticolor</i>	75

DAFTAR GAMBAR

1	Alur pikir penelitian	7
2	Diagram alir penelitian	8
3	FTIR asap cair jati (a), pinus (b), dan bambu (c)	47
4	Profil senyawa kimia asap cair hasil analisis Py-GCMS	49
5	Gejala fitotoksisitas pada tanaman kumis kucing. a. Kontrol, b. Daun layu, c. Daun klorosis, d. Tanaman mati	54
6	Serangan kutu putih pada batang (a), Kutu putih pada daun (b)	64
7	Membran sel Gram-positif dan Gram-negatif	69
8	Aktivitas antimikroba asap cair; Jati, Pinus, dan Bambu; A = 200 °C; B = 400 °C; C = Redestilasi asap cair dari konsentrasi 5, 10, 15, 20 dan 30%.	73
9	Tanaman uji <i>Chenopodium amaranticolor</i>	75
10	Gejala LLN serangan BCMV pada daun tanaman uji <i>C. amaranticolor</i>	76

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 LAMPIRAN

1	Jenis fenol asap cair jati, pinus dan bambu	97
2	Rendemen cairan pirolisis, tar dan asap cair	98
3	Rendemen, bobot jenis, pH, kadar asam asetat, dan fenol asap cair	99
4	Komponen kimia asap cair jati 200 °C	100
5	Komponen kimia asap cair jati suhu 300 °C	100
6	Komponen kimia asap cair jati 400 °C	101
7	Komponen kimia asap cair jati suhu 500 °C	102
8	Komponen kimia asap cair pinus 200 °C	103
9	Komponen kimia asap cair pinus 300 °C	104
10	Komponen kimia asap cair pinus 400 °C	105
11	Komponen kimia asap cair pinus 500 °C	105
12	Komponen kimia asap cair bambu 200 °C	106
13	Komponen kimia asap cair bambu 300 °C	107
14	Komponen kimia asap cair bambu 400 °C	108
15	Komponen kimia asap cair bambu 500 °C	109
16	Analisis ragam pengaruh jenis bahan baku dan suhu pirolisis terhadap rendemen crude asap cair kayu jati, kayu pinus, dan bambu	110
17	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan suhu redestilasi terhadap rendemen asap cair kayu jati, kayu pinus, dan bambu	110
18	Analisis ragam pengaruh jenis bahan baku dan suhu pirolisis terhadap bobot jenis crude asap cair kayu jati, kayu pinus, dan bambu	110
19	Analisis ragam pengaruh jenis bahan baku dan suhu pirolisis terhadap crude asap cair kayu jati, pinus, dan bambu	111
20	Analisis ragam pengaruh jenis bahan baku dan suhu pirolisis terhadap asam asetat crude asap cair kayu jati, pinus, dan bambu	111
21	Analisis ragam pengaruh jenis bahan baku dan suhu pirolisis terhadap kadar fenol crude asap cair kayu jati, pinus, dan bambu	111
22	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan suhu destilasi terhadap rendemen asap cair kayu jati, pinus, dan bambu	111
23	Analisis ragam pengaruh jenis bahan baku dan suhu pirolisis terhadap kadar asam asetat asap cair redestilasi	112
24	Analisis ragam pengaruh jenis bahan baku dan suhu pirolisis terhadap kadar fenol asap cair redestilasi kayu jati, pinus, dan bambu	112
25	Analisis ragam pengaruh jenis bahan baku dan suhu pirolisis terhadap bobot jenis asap cair redestilasi kayu jati, pinus, dan bambu	112
26	Analisis ragam pengaruh jenis bahan baku dan suhu pirolisis terhadap pH asap cair redestilasi kayu jati, pinus, dan bambu	112
27	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap fitotoksik tanaman kumis kucing	113
28	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap berat daun tanaman kumis kucing	113

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 LAMPIRAN (*lanjutan*)

29	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap berat batang basah tanaman kumis kucing	113
30	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap berat akar basah tanaman kumis kucing	113
31	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap pertambahan berat total biomassa	114
32	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap tinggi tanaman kumis kucing	114
33	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap panjang akar tanaman kumis kucing	114
34	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap pertambahan diameter batang tanaman kumis kucing	114
35	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap serangan kutu putih	115
36	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap daya hambat bakteri <i>Xanthomonas oryzae</i>	115
37	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap daya hambat bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	115
38	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap daya hambat cendawan <i>Fusarium oxysporum</i>	115
39	Analisis ragam pengaruh jenis asap cair dan konsentrasi terhadap daya hambat virus BCMV	116
40	Asam asetat dan fenol pada pengenceran asap cair untuk antimikroba	116
41	Unsur hara asap cair dari jati, pinus, dan bambu	117
42	Dokumentasi penelitian	118

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.