



**PENGGUNAAN ASAP CAIR BERBAHAN DASAR TONGKOL JAGUNG  
DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN *Xanthomonas oryzae*  
SECARA *IN VITRO***

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana  
pada program studi Proteksi tanaman*

**SKRIPSI**

**Oleh**  
**Indina Sarah Firmanda**  
**NIM 201510701030**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS PERTANIAN  
PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN  
JEMBER  
2025**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, dengan memanjatkan puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah-Nya dan segala nikmat sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam senantiasa tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini dipersembahkan kepada:

1. Segenap keluarga penulis, terutama Ibu Bern Rien Astuti, A.Md dan Alm. Drs. Bapak Dedi Winarno atas kasih sayang dan doa yang diberikan, terimakasih selalu berjuang dan tidak pernah kehilangan semangat untuk mendukung mimpi penulis baik secara moril maupun materil setiap harinya. Terimakasih telah menjadi motivasi dan tujuan terbesar dalam hidup penulis.
2. Kakak saya Muhammad Rizqi Firmansyah yang selalu mendukung tanpa henti dan menjadi penyemangat dalam menulis.
3. Partner in crime Melviana Nanda Citra Puspita yang senantiasa mendampingi, memotivasi serta menjadi sumber kekuatan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak ibu guru penulis sejak TK hingga SMA yang senantiasa berperan penting bagi penulis untuk menggapai cita-cita.
5. Sahabat-sahabat terbaik dan rekan seperjuangan Deli, Irbah, Berlian dkk yang menjadi bagian dari perjalanan akademik ini dengan semangat, canda dan kerjasama yang luar biasa.
6. Dosen Pembimbing dan seluruh dosen di Fakultas Pertanian Universitas Jember atas ilmu, bimbingan dan inspirasinya selama masa studi.
7. Diri sendiri, terima kasih atas keteguhan hati, kerja keras serta kesabaran yang telah ditumbuhkan dalam menghadapi setiap proses dan tantangan.

## MOTTO

مَا وَدَّعَكَ رَبُّكَ وَمَا قَلَىٰ

“Tuhanmu tiada meninggalkan kamu dan tiada (pula) benci kepadamu “

( Q. S. Ad-Dhuha : 3)

今度は今度 今は今

“Nanti ya nanti, sekarang ya sekarang”

(Perfect Days)

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Indina Sarah Firmanda

NIM 201510701030

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “**Penggunaan Asap Cair Berbahan Dasar Tongkol Jagung Dalam Menghambat *Xanthomonas oryzae* Secara *In vitro***” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya tulis plagiasi. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21 Juli 2025

Yang Menyatakan

Indina Sarah Firmanda

NIM. 201510701030

**SKRIPSI**

**PENGGUNAAN ASAP CAIR BERBAHAN DASAR TONGKOL JAGUNG  
DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN *Xanthomonas oryzae*  
SECARA *IN VITRO***

**Oleh :**

**Indina Sarah Firmanda  
NIM. 201510701030**

**Pembimbing**

**Dosen Pembimbing Skripsi : Dr. Suhartiningsih Dwi Nurcahyanti, S.P., M.Sc.  
NIP. 197303252003122002**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi ini berjudul “*Penggunaan Asap Cair Berbahan Dasar Tongkol Jagung Dalam Menghambat Xanthomonas oryzae Secara In vitro*” telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Pertanian Universitas Jember pada:

Hari : Senin

Tanggal : 21 Juli 2025

Tempat : Fakultas Pertanian

Pembimbing	Tanda Tangan
1. Pembimbing Utama	
Nama : Dr. Suhartiningsih Dwi Nurchahyanti, S.P., M.Sc	
NIP : 197303252003122002	(.....)
Penguji	
2. Penguji Utama	
Nama : Ali Wafa,S.P., M.Si.	
NIP : 199001222019031017	(.....)
3. Penguji Anggota 1	
Nama : Ir. Saifuddin Hasjim, MP.	
NIP : 196208251989021001	(.....)

## ABSTRAK

Pemanfaatan asap air berbahan dasar tongkol jagung sebagai biopestisida dalam menghambat pertumbuhan *X. oryzae* penyebab penyakit hawar daun padi Asap cair merupakan salah satu produk kondensasi berasal dari pembakaran bahan baku yang memiliki kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa. Senyawa yang terkandung dalam bahan baku akan terdegradasi menjadi senyawa penyusun utama seperti fenol, asam asetat dan karbonil menggunakan metode pirolisis dan dianalisis kandungannya menggunakan metode GC-MS. Hasil analisis kandungan diperoleh 37 senyawa, di antaranya fenol (41,63%), asam (27,87%), dan karbonil (18,35%) yang bersifat antimikroba dan antioksidan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Organisme Pengganggu Tanaman Terpadu Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember dengan RAL (6 perlakuan x 6 ulangan), Parameter yang diamati meliputi rendemen asap cair, karakteristik asap cair, zona hambat, perhitungan populasi dan daya perkeambahan dan dianalisis menggunakan ANOVA. Pemberian asap cair dengan konsentrasi 1-5% mampu menghambat pertumbuhan bakteri dibuktikan dengan menurunnya populasi dan meningkatnya zona bening yang dihasilkan. Hasil terbaik pada pengujian populasi dan daya hambat diperoleh pada konsentrasi 5% dengan penurunan tingkat populasi mencapai  $1,6 \times 10^{14}$  Cfu/ml dan peningkatan zona hambat mencapai 11,8 cm. Pengujian daya kecambah menggunakan asap cair tidak menghambat pertumbuhan benih padi, bahkan pada beberapa konsentrasi meningkatkan panjang plumula namun menurunkan panjang radikula. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asap cair tongkol jagung berpotensi sebagai biopestisida alami yang efektif dalam mengendalikan pertumbuhan *X. oryzae*.  
**Kata kunci :** asap cair, tongkol jagung, *X. oryzae*, biopestisida, daya kecambah

## ***ABSTRACT***

Utilization of corncob-based liquid smoke as a biopesticide in inhibiting the growth of *X. oryzae*, the cause of rice leaf blight disease. Liquid smoke is one of the condensation products derived from the combustion of raw materials containing lignin, cellulose and hemicellulose. The compounds contained in the raw materials will be degraded into main constituent compounds such as phenol, acetic acid and carbonyl using the pyrolysis method and analyzed their content using the GC-MS method. The results of the content analysis obtained 37 compounds, including phenol (41.63%), acid (27.87%), and carbonyl (18.35%) which are antimicrobial and antioxidant. The study was conducted at the Integrated Plant Pest Organism Laboratory of the Plant Protection Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember with Completely Randomized Design (6 treatments x 6 replications). The parameters observed included liquid smoke yield, liquid smoke characteristics, inhibition zones, population calculations and germination data and were analyzed using ANOVA. Liquid smoke application at a concentration of 1-5% can inhibit bacterial growth, as evidenced by a decrease in the population and an increase in the resulting clear zone. The best results in population and inhibition tests were obtained at a concentration of 5%, with a decrease in the population level reaching  $1,6 \times 10^{14}$  and an increase in the inhibition zone reaching 11.8 cm. Germination testing using liquid smoke did not inhibit rice seed growth; at some concentrations, it even increased plumule length but decreased radicle length. The results of this study indicate that liquid smoke from corncobs has the potential to be an effective natural biopesticide in controlling the growth of *X. oryzae*.

**Keywords:** *liquid smoke, corncobs, X. oryzae, biopesticide, germination*

## RINGKASAN

### **Penggunaan Asap Cair Berbahan Dasar Tongkol Jagung Dalam Menghambat Pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* Secara *In vitro***

Indina Sarah Firmanda, 201510701030; Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember

Asap cair merupakan salah satu produk kondensasi berasal dari pembakaran bahan baku yang memiliki kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa. Senyawa yang terkandung dalam bahan baku tersebut terdegradasi menjadi senyawa penyusun utama seperti fenol, asam asetat dan karbonil, kandungan senyawa tersebut dapat mempengaruhi karakteristik dari asap cair seperti aroma dan warna. Salah satu bahan baku yang dapat digunakan adalah tongkol jagung. Bahan dasar tongkol jagung dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan asap cair bertujuan untuk mengurangi permasalahan limbah pertanian yang kurang dimanfaatkan secara optimal sehingga dapat mengganggu pencemaran lingkungan, meningkatkan nilai ekonomis yang rendah dan kandungan lignoselulosik yang berpotensi sebagai bahan utama pembuatan asap cair. Penggunaan asap cair berbahan dasar tongkol jagung merupakan salah satu upaya pemanfaatan alternatif ramah lingkungan sebagai biopestisida alami untuk mengendalikan infeksi patogen *X.oryzae*. Infeksi yang diakibatkan oleh patogen ini ditandai dengan adanya hawar daun padi. Penyakit ini dapat menimbulkan kerugian baik secara kualitas maupun kuantitas padi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi asap cair berbahan dasar tongkol jagung sebagai agen penghambat pertumbuhan bakteri *X.oryzae* penyebab penyakit hawar daun padi, serta pengaruhnya terhadap daya perkecambahan benih padi secara *in vitro*. Asap cair dibuat melalui proses pirolisis dan dianalisis kandungannya menggunakan GC-MS. Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan konsentrasi asap cair 1% hingga 5% hasil menunjukkan bahwa asap cair tongkol jagung mengandung senyawa aktif seperti fenol, asam asetat, dan karbonil, dengan total 37 senyawa terdeteksi. Konsentrasi 5% menunjukkan daya hambat terbesar

terhadap pertumbuhan *X. oryzae*, dengan zona hambat hingga 11,8 mm dan penurunan populasi bakteri secara signifikan. Asap cair tidak memberikan efek negatif pada daya kecambah benih padi, bahkan meningkatkan pertumbuhan plumula, namun menurunkan radikula. Penelitian ini menyimpulkan bahwa asap cair tongkol jagung memiliki potensi sebagai biopestisida alami yang efektif dan ramah lingkungan, serta mendukung pertumbuhan awal benih padi.

## SUMMARY

### **The Use of Corn Cob-Based Liquid Smoke to Inhibit the Growth of *Xanthomonas oryzae* In vitro**

Indina Sarah Firmanda, 201510701030; Plant Protection Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember

Liquid smoke is one of the condensation products derived from the combustion of raw materials that contain lignin, cellulose and hemicellulose. The compounds contained in the raw materials are degraded into the main constituent compounds such as phenol, acetic acid and carbonyl, the content of these compounds can affect the characteristics of liquid smoke such as aroma and color. One of the raw materials that can be used is corn cobs. The basic material of corn cobs is used as a material for making liquid smoke with the aim of reducing the problem of agricultural waste that is not optimally utilized so that it can interfere with environmental pollution, increasing low economic value and lignocellulosic content that has the potential as the main ingredient for making liquid smoke. The use of corn cob-based liquid smoke is one of the efforts to utilize environmentally friendly alternatives as natural biopesticides to control *X.oryzae* pathogen infections. Infection caused by this pathogen is characterized by the presence of rice leaf blight. This disease can cause losses in both quality and quantity of rice. This study aims to evaluate the potential of corncob-based liquid smoke as an inhibitory agent for the growth of *X.oryzae* bacteria that cause rice leaf blight disease, as well as its effect on the germination of rice seeds in vitro. Liquid smoke is made through a pyrolysis process and its compound content is analyzed using GC-MS. The study was conducted with a Completely Randomized Design (CRD) using a liquid smoke concentration of 1% to 5%, the results showed that corncob liquid smoke contains active compounds such as phenol, acetic acid, and carbonyl, with a total of 37 compounds detected. The 5% concentration showed the greatest inhibitory effect on the growth of *X. oryzae*, with an inhibition zone of up to 13 mm and a significant decrease in the bacterial population. Liquid smoke had no negative effect on rice seed germination, even increasing plumule growth but reducing radicle growth. This study concluded that corncob liquid smoke has the potential to be an effective and environmentally friendly natural biopesticide, supporting the early growth of rice seedlings

## PRAKATA

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penggunaan Asap Cair Berbahan Dasar Tongkol Jagung Dalam Menghambat *X.oryzae* Secara *In vitro*”, sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember. Penulis menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan studi serta tugas akhir, dengan kerendahan hati dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. M. Rondhi, S.P., M.P., Ph.D Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember beserta jajarannya
2. Ir. Saifuddin Hasjim, M.P. selaku Ketua Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Dosen pembimbing skripsi saya, Dr. Suhartiningsih Dwi Nurcahyanti, S.P., M.Sc. yang telah memberikan segala ilmu, dukungan, arahan, nasihat serta kesabaran selama membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Ali wafa, S.P., M.Si selaku Dosen penguji I dan Ir. Saifuddin Hasjim, M.P. selaku penguji II yang telah memberikan saran dan masukan untuk menyempurnakan penulisan skripsi ini.
5. Segenap dosen Program Studi Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember yang telah memberi penulis ilmu, pengalaman, kesempatan dan senantiasa sabar mengajar semasa penulis menempuh pendidikan di Proteksi Tanaman.
6. Kedua orang tua saya, Ibu Bern Rien Astuti, A.Md dan Alm. Drs.Dedi Winarno yang telah memberikan semangat, nasihat, kasih sayang, doa dan selalu mengusahakan segala hal untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi.

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Asap Cair .....	4
2.2 Proses Pembuatan Asap Cair.....	5
2.3 Kandungan Asap Cair.....	5
2.4 Potensi Asap Cair Sebagai Biopestisida.....	6
2.5 Mekanisme Asap Cair Dalam Menghambat Bakteri.....	7
2.6 Penyakit hawar daun bakteri padi .....	7
2.7 Pengaruh Asap Cair Terhadap <i>Xanthomonas oryzae</i> Penyebab Penyakit Hawar Daun Padi dan Daya Perkecambahan Benih Padi.....	10
2.8 Hipotesis.....	10
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Tempat dan Waktu.....	11
3.2 Alat dan Bahan.....	11
3.3 Rancangan Percobaan.....	11
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	12
3.4.1 Prosedur Persiapan .....	12
3.4.2 <i>Xanthomonas oryzae</i> .....	13
3.4.3 Prosedur Penelitian.....	14
3.4.4 Variabel Pengamatan .....	15
3.5 Daya Hambat Bakteri <i>X.oryzae</i> .....	16
3.6 Perhitungan Populasi <i>Xanthomonas oryzae</i> .....	17
3.7 Daya Berkecambah.....	17

3.8 Analisis data.....	18
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	19
4.1 Karakteristik <i>Xanthomonas oryzae</i> .....	19
4.2 Karakteristik Asap Cair Asal Tongkol Jagung.....	19
4.3 Kandungan Senyawa Dalam Asap Cair Berbahan Tongkol Jagung .....	21
4.4 Pengaruh Konsentrasi Asap Cair Berbahan Tongkol Jagung Terhadap <i>Xanthomonas oryzae</i> .....	24
4.5 Daya Hambat asap cair terhadap <i>X. oryzae</i> .....	25
4.6 Pengaruh Asap Cair Terhadap Daya Kecambah Benih Padi .....	27
4.7 Pembahasan .....	30
BAB 5. PENUTUP.....	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA .....	35
LAMPIRAN .....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Produksi Asap Cair Berbahan Tongkol Jagung .....	20
Tabel 4.2 Karakteristik Asap Cair Berbahan Tongkol Jagung.....	21
Tabel 4.3 Jenis senyawa asap cair tongkol jagung dari hasil analisis GCMS.....	22
Tabel 4.4 Penggolongan senyawa fenol, asam, dan karbonil .....	23
Tabel 4.5 Pengaruh Asap Cair Tongkol Jagung Terhadap Pertumbuhan <i>X. oryzae</i> .....	25
Tabel 4.6 Daya Hambat Asap Cair Tongkol Jagung Terhadap <i>X. oryzae</i> .....	26
Tabel 4.7 Pengaruh Asap Cair Tongkol Jagung Terhadap Daya Kecambah.....	27
Tabel 4.8 Pengaruh Asap Cair Tongkol Jagung Terhadap Pertumbuhan Bibit Padi .....	29
Tabel 4.9 Pengaruh Asap Cair Terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi.....	30

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Koloni Bakteri <i>X. oryzae</i> pada media agar, Sel bakteri berbentuk batang .....	8
Gambar 2.2 Gejala serangan <i>X. oryzae</i> pada tanaman padi.....	8
Gambar 3.1 Pengukuran diameter zona hambat .....	16
Gambar 4.1 Karakteristik Isolat <i>X. oryzae</i> . a). Koloni isolat <i>X. oryzae</i> , b). Uji gram, c). Uji hipersensitif, d). Uji patogenesitas .....	19
Gambar 4.2 Warna asap cair .....	20
Gambar 4.3 Hasil Pengujian GCMS asap cair tongkol jagung .....	21
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Populasi a) Kontrol, b) Konsentrasi 1%, c) Konsentrasi 2%, d) Konsentrasi 3%, e) Konsentrasi 4%, f) Konsentrasi 5%.....	24
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Daya Hambat Bakteri, a) Kontrol, b) Pemberian asap cair .....	26
Gambar 4.6 Pertumbuhan Kecambah Padi Setelah Direndam Menggunakan Asap Cair Berbagai Konsentrasi a) konsentrasi 1% asap cair, b) 2% asap cair, c) 3% asap cair, d) 4% asap cair, e) 5% asap cair, f) konsentrasi 1% asap cair <i>X. oryzae</i> , g) 2% asap cair + <i>X. oryzae</i> , h) 3% asap cair + <i>X. oryzae</i> , i) 4% asap cair + <i>X. oryzae</i> , j) 5% asap cair + <i>X. oryzae</i> .....	28
Gambar 4.7 Pertumbuhan Bibit Padi, a) Bibit Padi Setelah Direndam Menggunakan Asap Cair Sesuai Konsentrasi Tanpa <i>X. oryzae</i> , b) Bibit Padi Setelah Direndam Asap Cair Sesuai Konsentrasi dan Suspensi Bakteri	29

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Asap cair merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari kondensasi yang berasal dari pembakaran baik secara langsung maupun tidak langsung dari bahan baku yang memiliki kandungan lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya (Frida *et al.*, 2018). Senyawa yang terkandung dalam bahan baku tersebut terdegradasi menjadi senyawa penyusun utama seperti fenol, asam asetat dan karbonil, kandungan senyawa tersebut dapat mempengaruhi karakteristik dari asap cair seperti aroma dan warna. Asap cair berpotensi sebagai biopestisida, antioksidan serta antimikroba (Azmi *et al.*, 2021). Bahan baku pembuatan asap cair yang umum digunakan adalah ampas hasil gergaji kayu, bonggol kelapa sawit, sekam padi dan lain-lain (Elssy *et al.*, 2018). Salah satu bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan asap cair adalah tongkol jagung.

Tongkol jagung termasuk kedalam limbah pertanian yang umumnya dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan sisanya hanya dibakar begitu saja sehingga dapat mencemari lingkungan. Salah satu alternatif yang dapat diupayakan untuk menangani permasalahan tersebut yakni memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan baku asap cair karena termasuk kedalam limbah pertanian yang bersifat lignoselulosik (Frida *et al.*, 2018). Kandungan bahan tersebut mampu terdekomposisi melalui proses pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan kondisi oksigen yang terbatas atau bahkan tanpa adanya oksigen dengan suhu 150-300°C (Pratama & Sa'diyah, 2022). Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis diantaranya produk cair yang terdiri dari asap cair dan tar, padatan dan gas yang tidak terkondensasi (Rusydi, 2019).

Penelitian Iskandar & Fitri (2018) menunjukkan hasil asap cair berpotensi sebagai bahan baku untuk campuran produksi pupuk organik yang dapat meningkatkan laju pertumbuhan tumbuhan serta manfaat lain seperti pengendali gulma (herbisida), bersifat antibakteri (pestisida) serta antifungal (fungisida) dan dapat digunakan sebagai pengusir serangga (insektisida) sehingga sangat

bermanfaat dalam bidang pertanian. Kandungan asap cair seperti fenol, asam, dan karbonil dapat digunakan sebagai biopestisida untuk mengatasi gangguan berbagai macam patogen pada benih dengan cara mengeliminasi inokulum yang terkandung didalamnya.

*X. oryzae* merupakan patogen penyebab penyakit hawar daun padi yang dapat bertahan di dalam benih. Bakteri ini dapat menginfeksi padi pada beberapa fase mulai dari tahap persemaian hingga menjelang panen. Bakteri menginfeksi tanaman padi pada bagian daun masuk melalui luka pada daun atau lubang alami berupa stomata serta merusak bagian klorofil daun. Gangguan tersebut menyebabkan berkurangnya kemampuan dari tanaman untuk melakukan proses fotosintesis sehingga dapat mengakibatkan tanaman muda akan mati sedangkan pada tanaman generatif dapat menyebabkan pengisian gabah kurang sempurna (Litaay, 2018).

Pengendalian penyakit ini masih mengandalkan pestisida sintetis, penggunaan yang tidak tepat dan secara terus-menerus dapat meninggalkan residu yang sukar terurai sehingga mengakibatkan berbagai permasalahan seperti menyebabkan berbagai dampak negatif seperti resistensi hama, munculnya hama baru, akumulasi residu kimia dalam hasil panen, kematian musuh alami, pencemaran lingkungan oleh residu kimia, risiko kecelakaan bagi pengguna, dan biaya yang tinggi (Puspasari *et al*, 2023). Salah satu alternatif ramah lingkungan dapat diperoleh dari pemanfaatan limbah pertanian tongkol jagung sebagai bahan dasar pembuatan biopestisida alami (asap cair) untuk mengendalikan infeksi dari *X. oryzae*. Infeksi yang disebabkan oleh *X. oryzae* ditandai dengan adanya hawar daun.

Hasil penelitian Syamsiah & Nurlailah (2018) asap cair berbahan dasar suren pada konsentrasi 50% dan 100% membentuk zona hambat. Zona hambat dapat terbentuk disebabkan oleh kandungan fenol, asam asetat dan asam-asam organik yang berfungsi menghambat aktivitas bakteri baik sebagai bakterisidal atau bbakteristatik Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui potensi dari asap cair berbahan dasar tongkol jagung untuk menghambat pertumbuhan patogen *X. oryzae*. Penelitian ini penting untuk

dilakukan mengingat penyakit hawar daun padi yang disebabkan oleh bakteri tersebut menimbulkan kerugian baik kuantitas maupun kualitas. Penggunaan asap cair menjadi alternatif pengendalian yang aman dan ramah lingkungan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apakah asap cair berbahan dasar tongkol jagung dapat menghambat pertumbuhan *X. oryzae* penyebab penyakit hawar daun padi secara *in vitro* ?
2. Bagaimana pengaruh asap cair terhadap daya perkecambahan benih padi ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui potensi asap cair berbahan dasar tongkol jagung dapat menghambat pertumbuhan *X. oryzae* penyebab penyakit hawar daun padi secara *in vitro*.
2. Mengetahui pengaruh asap cair terhadap daya perkecambahan benih padi.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Bagi Akademis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan dalam pengembangan pengetahuan terkait pemanfaatan limbah tongkol jagung sebagai bahan dasar pembuatan asap cair yang berpotensi sebagai biopestisida guna mengendalikan penyakit *X. oryzae* penyebab hawar daun bakteri.

2. Bagi Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengalaman langsung bagi peneliti tentang bagaimana potensi asap cair dalam mengendalikan penyakit *X. oryzae* penyebab hawar daun padi serta menjadi bahan acuan dalam menggali lebih dalam potensi dari asap cair bagi peneliti yang ingin melanjutkan penelitian sejenis agar dapat dikembangkan menjadi lebih sempurna.

3. Bagi Petani

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu atau memberikan informasi bagi petani dalam mengendalikan penyakit *X. oryzae* penyebab hawar daun padi secara alami, murah dan ramah lingkungan sehingga dapat meningkatkan hasil panen dan pendapatan.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Asap Cair

Tongkol jagung atau janggol merupakan bagian dalam organ betina tempat melekatnya biji. Pertumbuhan biji jagung bervariasi berkisar 8-42 cm, dan memiliki garis tengah 3-5 cm namun, terdapat garis tengah tongkol jagung yang mencapai 7,5cm (Kanani *et al.*, 2018). Tongkol jagung terbungkus oleh kelobot (kulit buah jagung) dengan bagian tangkai utama malai yang termodifikasi. Malai organ jantan pada jagung dapat memunculkan bulir pada saat kondisi tertentu. Tongkol jagung muda umumnya disebut sebagai *babycorn* dan dapat dikonsumsi sebagai sayuran, sedangkan yang tua dan ringan dapat digunakan sebagai sumber senyawa yang terbentuk dari bagian hemiselulosa sejenis monosakarida dengan lima atom karbon (Hidayah *et al.*, 2020)

Limbah tongkol jagung memiliki massa sekitar 15-18% dari hasil produksi jagung kering, apabila produksi jagung mencapai 28,9 juta ton maka limbah tongkol jagung yang tidak dimanfaatkan mencapai 5,2 juta ton (Gunawan *et al.*, 2020). Umumnya tongkol jagung telah dimanfaatkan sebagai pakan ternak oleh masyarakat, namun penggunaan limbah satu ini belum begitu maksimal sehingga dapat menyebabkan masalah baru seperti pencemaran lingkungan akibat bau busuk dari penguraian protein oleh mikroba (Suwasono *et al.*, 2022)

Permasalahan lain dari limbah tongkol jagung yakni masih memiliki nilai ekonomis yang rendah. Limbah ini merupakan salah satu limbah lignoselulosik yang banyak tersedia di Indonesia. Limbah lignoselulosik merupakan limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin (Kanani *et al.*, 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suherman *et al.*, (2022) terdapat kandungan lignin sekitar 23,3%, selulosa 44% serta kadar hemiselulosa 31,8%. Kandungan senyawa yang berlimpah didalam tongkol jagung berpotensi dimanfaatkan sebagai salah produk-produk yang memiliki manfaat dan bernilai ekonomis tinggi.

## 2.2 Proses Pembuatan Asap Cair

Asap cair merupakan salah satu hasil kondensasi (pengembunan) dari uap hasil pembakaran baik secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang mengandung senyawa lignin, selulosa, hemiselulosa dan karbon lainnya (Sulhatun, 2023). Bahan baku yang umum digunakan untuk pembuatan asap cair selama ini diantaranya serbuk kayu, tempurung kelapa dan sekam padi (Hasjim *et al.*, 2024)

Proses pembuatan asap cair dapat menggunakan metode pirolisis yaitu proses dekomposisi atau pemecahan bahan baku asap cair dengan adanya panas dari hasil pembakaran, oksigen yang terbatas sehingga menghasilkan gas, cairan dan arang dengan jumlah yang berbeda tergantung pada jenis bahan, metode, dan kondisi pirolisis. Proses pirolisis energi panas memicu terjadinya oksidasi yang mengakibatkan molekul karbon tersusun kompleks mampu terurai sehingga sebagian besar menjadi karbon dan arang. Pengertian lain dari metode pirolisis adalah *destructive distillation* atau destilasi kering karena proses penguraian yang terjadi tidak teratur dari bahan-bahan organik disebabkan oleh pemanasan tanpa berhubungan langsung dengan udara luar (Frida *et al.*, 2018).

Hasil dari proses pirolisis mengandung senyawa utama seperti fenol, asam asetat serta karbonil sebagai hasil degradasi dari komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin (Triawan *et.*, 2022).

## 2.3 Kandungan Asap Cair

Senyawa selulosa merupakan salah satu senyawa golongan homopolisakarida yang tersusun dari beberapa unit  $\beta$ -D-glukopiranososa dan saling terikat satu sama lain dengan ikatan-ikatan glikosida. Selulosa terdiri dari 100-1000 unit glukosa. Senyawa selulosa mampu terdekomposisi pada temperature 280°C dan berakhir pada 300-350°C, Girad (1992) dalam Rusydi (2019) menyatakan bahwa proses pirolisis selulosa terjadi dalam dua tahapan yakni, tahap pertama adalah reaksi hidrolisis yang menghasilkan glukosa sedangkan pada tahap kedua menghasilkan asam asetat beserta homolognya bersamaan dengan air dan sebagian kecil furan serta fenol. Senyawa hemiselulosa didalam sel tumbuhan mengisi ruang seratselat selulosa tepatnya pada dinding sel. Senyawa ini tergolong polisakarida yang dapat

diekstraksi dalam larutan basa (alkalis). Kandungan hemiselulosa pada kayu lunak adalah 10-15% dan pada kayu keras 18-23% (Rusydi, 2019).

Perbedaan selulosa dan hemiselulosa adalah ikatan hemiselulosa tidak membentuk kristal dan komponen gula yang terkandung lebih cepat terhidrolisis oleh asam. Xilan merupakan komponen penyusun terbesar dari hemiselulosa yang memiliki ikatan  $\beta$ -1,4 xilosida dan umumnya tersusun atas 150-200 monomer xilosa. Dekomposisi xilan terjadi pada kisaran 220-315°C. Hasil degradasi dari xilan adalah gas, tar, air dan char. Xilan terdapat hampir diseluruh tanaman, seperti limbah tanaman tongkol jagung, jerami padi, dedak gandum dan lain-lain (Rusydi, 2019). Senyawa lignin merupakan komponen kimia yang umumnya terdapat dibagian lamella tengah atau antar sel serta didalam dinding sel sebagai penguat polisakarida. Senyawa lignin merupakan hasil polimerasi dari koniferil, sinapil dan para-kumaril alkohol oleh bantuan enzim sebagai katalisnya (Maysarah & Herlina, 2015). Lignin mulai mengalami penguraian pada temperature 300-350°C dan berakhir pada 400-450°C (Hidayat & Pramuga, 2024). Lignin memiliki kandungan energi lebih besar dibandingkan dengan selulosa sehingga berpotensi sebagai bahan baku untuk memproduksi senyawa aromatik seperti fenol dalam pembuatan biopestisida atau bioproduk (Rahayu *et al.*, 2019).

#### **2.4 Potensi Asap Cair Sebagai Biopestisida**

Hasil dekomposisi senyawa yang dihasilkan asap cair berpotensi dimanfaatkan sebagai salah satu pengendalian mikroba baik jamur maupun bakteri, hal ini diperkuat oleh penelitian Oramahi *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa kemampuan asap cair sebagai antimikroba disebabkan adanya sinergis antara asam organik dan kandungan fenolik. Senyawa fenolik merupakan salah satu zat aktif yang mampu memberikan efek antimikroba dan menghambat aktivitas enzim, semakin tinggi kadar fenol dalam bahan maka aktivitas antimikrobanya akan meningkat.

Asap cair dengan tingkat konsentrasi tertentu dapat berpotensi untuk menghambat pertumbuhan dan perkembangan bakteri. Hasil penelitian Nurfadillah *et al.*, (2022) menunjukkan hasil bahwa pada konsentrasi 2% asap cair mampu menghambat pertumbuhan *Bulkholderia glumae*. Penelitian lain terkait potensi asap

cair juga ditunjukkan oleh ( Tobing *et al.*, 2021) bahwa dengan konsentrasi asap cair sebesar 5% dapat menghambat bakteri *Escherichia coli* walaupun daya hambatnya masih tergolong lemah. Hasil penelitian yang dilakukan (Wardoyo & Kurniatuhadi, 2023) juga menunjukkan bahwa asap cair dengan konsentrasi 2% sudah dapat menghambat pertumbuhan *Aspergillus niger* dan *Aspergillus fumigatus*, sedangkan pada konsentrasi 3% dikatakan bahwa asap cair memiliki daya hambat yang efektif bagi pertumbuhan *Aspergillus niger* dan *Aspergillus fumigatus*.

## **2.5 Mekanisme Asap Cair Dalam Menghambat Bakteri**

Proses mekanisme asap cair dalam menghambat bakteri menurut penelitian Mahmudi *et al.*, (2021) yaitu Fenol dan asam organik akan mengganggu membran patogen sehingga menimbulkan terganggunya proses metabolisme sel serta beberapa enzim yang terkandung didalamnya, hal tersebut didukung oleh kemampuan fenol untuk mendenaturasi protein didalam patogen. Senyawa fenol merupakan senyawa yang memiliki peranan penting terhadap kualitas asap cair karena memiliki peran krusial untuk mengganggu transportasi ion-ion organik yang berperan penting kedalam sel sehingga dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bahkan berakibat pada kematian sel, kadungan asam pada asap cair merupakan golongan asam lemah yang terdisosiasi menghasilkan H<sup>+</sup> dan anion yang dapat menurunkan pH lingkungan dan dapat kontak dengan dinding bakteri, membran sel, permukaan luar sitoplasma sehingga menyebabkan kerusakan pada sel bakteri (Purnama *et al.*, 2018).

## **2.6 Penyakit hawar daun bakteri padi**

### **2.6.1 Karakteristik *Xanthomonas oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri padi**

Sifat biokimia menurut (Maisaroh & Masnilah, 2019) bentuk isolat koloni bakteri berwarna kuning dengan permukaan mengkilap, berbentuk cembung, bulat dan berlendir, warna kuning pada koloni bakteri disebabkan oleh kandungan Xanthomodin. Patogen ini memiliki bentuk batang pendek berukuran 0.45-0.75 x 0,65-2.1µM serta memiliki satu flagella polar pada salah satu ujungnya (Sri wahyuni, 2021). Ciri lain yang dimiliki oleh patogen secara mikroskopis tidak

membentuk spora, mampu bergerak (motil) dengan panjang  $0,7\ \mu\text{m}$ - $2,0\ \mu\text{m}$  dengan lebar  $0,4\ \mu\text{m}$ - $0,7\ \mu\text{m}$  (Syamsiah & Nurlailah, 2018).

Sifat fisiologis bakteri *X. oryzae* bersifat gram negatif,. Bakteri *X.oryzae* mampu bertahan didalam tanah cukup lama yakni 1-3 bulan tergantung kondisi kelembaban serta tingkat kemasaman tanah. Patogen ini dapat bertahan didalam biji hingga beberapa saat, sehingga dapat menjadi sumber penularan (tular benih).



Gambar 2.1 Koloni Bakteri *X. oryzae* pada media agar (Ranjani *et.al*, 2018).

#### 2.6.2 Gejala penyakit *Xanthomonas oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri padi

Penyakit ini umumnya terjadi pada tanaman mulai masa pembibitan sampai tanaman berumur <30 hari ditandai dengan daun berwarna hijau kelabu, melipat, menggulung, layu dan mati seperti terinfeksi hama penggerek batang dan terkena air panas. Infeksi berlanjut ditandai dengan daun menguning hingga mirip jerami sampai bibit mati. Perkembangan serta penyebaran penyakit ini didukung oleh suhu tinggi, kelembaban tinggi, curah hujan dan penggunaan pupuk nitrogen berlebihan (Purwadi & Nasyuha, 2022).



Gambar 2.2 Gejala serangan *X. oryzae* pada tanaman padi (Laraswati, 2021).

### 2.6.3 Proses Infeksi Dan Epidemiologi Penyakit *Xanthomonas oryzae* Penyebab Penyakit Hawar Daun Bakteri Padi

Proses infeksi penyakit hawar daun bakteri terjadi karena gesekan antar daun, terbawa angin, air (genangan lahan), percikan air hujan serta saluran irigasi (Fadillah *et al.*, 2022). Penyakit ini disebabkan oleh patogen *X. oryzae*. Bakteri menginfeksi melalui hidatoda pada bagian ujung serta tepi daun kemudian berkembangbiak didalam jaringan epidermis lalu masuk kedalam pembuluh darah dan menyebar ke beberapa jaringan lain sehingga menyebabkan munculnya gejala. Cara infeksi lainnya yakni masuk melalui luka pada saat memotong bagian tanaman (Kurniawati *et al.*, 2021). Umumnya infeksi berhasil terjadi melalui luka yang masih kondusif bagi patogen dibandingkan dengan luka yang telah lama.

Penyebaran penyakit dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, kelembaban udara yang cukup tinggi sehingga meningkatkan pertumbuhan penyakit hawar daun dan dapat meningkatkan virulensi penyakit tersebut. Hasil penelitian Nikko *et al.*, (2023) suhu untuk pertumbuhan patogen tersebut berada di suhu sekitar 24,3°C-34°C. *X.oryzae* juga dapat terbawa oleh benih sehingga padi dapat terinfeksi mulai dari pembibitan (Purnama *et al.*, 2018). Benih yang terinfeksi patogen dapat menurunkan viabilitas benih sebesar 30% (Ramdan & Kulsum, 2017). Pengendalian Penyakit *Xanthomonas oryzae* Penyebab Penyakit Hawar Daun Bakteri Padi

Pengendalian *X. oryzae* dilakukan dengan berbagai cara seperti melakukan penanaman varietas tahan, sanitasi lahan, pergiliran tumbuhan yang bukan inang patogen dan pestisida sintetik. (Yanti *et al.*, 2018). Umumnya pengendalian *X. oryzae* dengan menggunakan pestisida sintetik, namun terdapat salah satu alternatif yang lebih ramah lingkungan dapat dilakukan dengan penggunaan asap cair berbahan dasar tongkol jagung. Asap cair berbahan dasar tongkol jagung diproses dengan metode pirolisis yang mengandung senyawa utama seperti fenol, asam asetat serta karbonil sebagai hasil degradasi dari komponen selulosa, hemiselulosa dan lignin. Kandungan dari beberapa senyawa tersebut bersifat antimikroba yang berpotensi menghambat pertumbuhan patogen (Komarayati *et al.*, 2011). Upaya untuk menghindari adanya infeksi patogen terbawa benih ke lapangan juga dapat

dilakukan dengan mengeliminasi patogen secara fisik seperti elektroterapi, perlakuan panas kering, maupun secara kimia dengan pestisida sintetis maupun dari bahan alam seperti asap cair (Ramdan *et al.*, 2021; Purnama *et al.*, 2018). Hasil penelitian Swastawati *et al.*, (2014) menunjukkan hasil bahwa penggunaan asap cair tongkol jagung dapat menghambat pertumbuhan patogen *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio harveyi* dan *Vibrio parahaemolyticus*.

### **2.7 Pengaruh Asap Cair Terhadap *Xanthomonas oryzae* Penyebab Penyakit Hawar Daun Padi dan Daya Perkecambahan Benih Padi**

Pemberian asap cair berpengaruh positif terhadap daya perkecambahan benih padi, hal tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh (Gunawan *et. al*, 2018), rata-rata daya perkecambah benih padi setelah perendaman selama 30 menit berkisar antara 91% dan 98%. Populasi bakteri berkurang seiring bertambahnya konsentrasi asap cair yang diaplikasikan. Asap cair dengan konsentrasi 1, 5 dan 10% mampu mengeliminasi *X.oryzae* hingga 100% secara *in vitro*. Pemberian asap cair dengan konsentrasi 0,5, 1, 3, dan 5% selama 30 menit tidak mengakibatkan efek negatif terhadap daya berkecambah benih padi dan vigor benih dapat mencapai 89.67 – 95.00%.

### **2.8 Hipotesis**

1. Asap cair berbahan dasar tongkol jagung berpotensi menghambat pertumbuhan *X. oryzae* penyebab penyakit hawar daun pada padi secara *In vitro*.
2. Asap cair berbahan dasar tongkol jagung berpengaruh positif terhadap daya perkecambahan benih padi.

## **BAB 3 METODE PENELITIAN**

### **3.1 Tempat dan Waktu**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada November sampai dengan Desember 2024. Lokasi pembuatan asap cair terletak di Desa Sukogidri Kecamatan Ledokombo Kabupaten Jember. Analisis pengujian dilakukan di Laboratorium Organisme Pengganggu Tanaman Terpadu Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember. Pengujian kandungan senyawa menggunakan metode GCMS dilakukan di Politeknik Negeri Jember

### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi reaktor pirolisis, tabung reaksi, cawan petri, timbangan analitik, LAF, ATK, *autoclave*, jarum ose, *object glass*, kamera, tabung erlenmeyer, gelas ukur, *plastic wrap*, bunsen, spidol, kertas pH, incubator, kulkas, label, *aluminum foil*, *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GCMS), *coloni counter*, batang pengaduk, botol kaca, korek api, kayu bakar.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah tongkol jagung p27, benih padi inpari 32, bakteri *Xanthomonas oryzae*, *Nutrien Agar* (NA) himedia, *aquadest*, air steril, *choloramphenicol*, alkohol 70%, alkohol 96%, tisu, spirtus, solar, NaOH, KOH 3%, kertas cakram himedia 6 mm.

### **3.3 Rancangan Percobaan**

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk menguji daya hambat asap cair terhadap *X.oryzae*. Pengujian dilakukan dengan 6 perlakuan 6 ulangan, adapun dosis aplikasinya sebagai berikut :

- a. K0 : Asap cair 0% (tanpa perlakuan)
- b. K1 : Asap cair 1%
- c. K2 : Asap cair 2%
- d. K3 : Asap cair 3%

- e. K4 : Asap cair 4%
- f. K5 : Asap cair 5%

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan berbagai tahapan, dimulai dari persiapan alat dan bahan, pembuatan asap cair, analisis kandungan senyawa asap cair, pembuatan media, peremajaan bakteri, pengujian, pengamatan dan analisis data.

#### 3.4.1 Prosedur Persiapan

##### 1. Proses Pembuatan Asap Cair

Limbah tongkol jagung diperoleh dari beberapa tempat di Kabupaten Jember. Pembuatan asap cair ini diproses menggunakan metode pirolisis. Peralatan yang digunakan dalam kegiatan pembuatan asap cair berupa rangkaian yang terdiri dari pirolisator, tabung kondesor, pipa distribusi asap, pemanas dan wadah penampungan asap cair. Bahan baku tongkol jagung dikeringkan dibawah sinar matahari secara langsung selama 3 hari sehingga kadar air didalam bahan baku tergolong rendah. Tongkol jagung dicacah menjadi beberapa bagian dengan ukuran 5-10 cm yang bertujuan untuk meperkecil luas permukaan sampel sehingga mempermudah pada saat proses pembakaran. Bahan baku ditimbang sebanyak 18 kg dimasukkan dalam tungku pemanas (pirolisator), tungku ditutup rapat guna mencegah kebocoran dan pasang saluran pipa-pipa. Tungku yang berfungsi sebagai pendingin diisi dengan air. Pembakaran dalam tungku pemanas dibantu menggunakan bahan bakar berupa kayu dan solar.

Proses pembakaran berlangsung pada suhu kisaran 150-300°C dengan kurun waktu 6 jam. Asap hasil pembakaran akan mengalir melalui pipa yang terpasang menuju kondesor yang akan mengalami kondensasi menjadi asap cair yang akan ditampung kedalam wadah penampungan yang telah disediakan (Triawan *et al.*, 2022). 18 kg bahan baku tongkol jagung setelah melalui proses pirolisis menghasilkan asap cair sebanyak 2.400 ml. Pemberian konsentrasi 1% ditentukan melalui 0,1 ml asap cair ditambahkan pada media NB 9,9 ml. Konsentrasi yang diberikan terus meningkat hingga 5% dengan perbandingan seperti sebelumnya

yakni 2% didapatkan dari 0,2 ml asap cair ditambahkan pada media NB 9,8 ml dan seterusnya sampai dengan konsentrasi 5%.

## 2. Analisis Senyawa Asap Cair Berbahan Dasar Tongkol Jagung

Analisis senyawa yang dilakukan dapat meliputi pengujian kadar fenol, asam dan karbonil yang menggunakan alat *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GCMS) (Nufus, 2020). Instrumen GC-MS yang digunakan adalah GCMS-QP2010 Plus Shimadzu yang dilengkapi dengan split-splitless injektor yang diatur pada suhu 250°C. Sampel diinjeksikan dengan metode split. Suhu detektor MS 280°C. Kolom yang digunakan kolom Restek Rtx®-50 (Crossbond® 5% phenyl-50% methyl polysiloxane) dengan diameter dalam 0.25 mm, panjang 30 m dan ketebalan 0.25 µm. Gas pembawa yang digunakan adalah helium dengan tekanan 64,1 kPa, Program temperature oven 80°C, holding time 2 menit dan temperature final 280°C holding time 3 menit. Total Flow 4,9 mL/min, column flow 0,99 ml/min, linear velocity 36,6 cm/sec, purge flow 3,0 ml/min. Spektrum massa dari masing-masing puncak senyawa yang terdeteksi pada kromatogram dibandingkan dengan senyawa yang telah diketahui pada bank data dari Wiley9.LIB.

## 3. Pembuatan Media NA (*Nutrien Agar*)

Bubuk Nutrient Agar (NA) 15g dimasukkan kedalam tabung erlenmeyer larutkan dalam *aquadest* sebanyak 750 ml, medium didihkan dan diaduk diatas *hot plate*, sterilisasi medium dengan cara tutup bagian mulut tabung menggunakan kapas steril dan dilapisi menggunakan *aluminium foil*, proses sterilisasi didalam *autoclave* berlangsung selama 15 menit dengan suhu 121°C, tunggu proses hingga selesai dan media NA dapat dikeluarkan serta dibiarkan hingga dingin. Media yang telah dingin dituang kedalam cawan petri tunggu hingga memadat (Sholeha & Masnilah, 2022).

### 3.4.2 *Xanthomonas oryzae*

#### 1. Peremajaan Bakteri *X. oryzae*

Isolat merupakan koleksi dari Laboratorium Organisme Pengganggu Tanaman Terpadu. Isolat diremajakan menggunakan media NA. Bakteri *X. oryzae* diambil sebanyak satu jarum ose steril lalu pindahkan kedalam permukaan media NA yang baru gores secara zigzag lalu inkubasikan selama 48 jam (Jannah, *et al.*, 2023).

## 2. Konfirmasi *X. oryzae*

Identifikasi bakteri dilakukan dengan cara makroskopik dengan mengamati secara langsung morfologi yang tampak di media (cawan petri) pengamatan meliputi bentuk dan warna koloni serta melakukan identifikasi lanjutan menggunakan uji fisiologis yang dilakukan menggunakan uji gram (Eryah, *et al.*, 2020).

### a. Uji Gram

Pengujian gram memiliki tujuan untuk menentukan karakteristik bakteri. Uji gram dilakukan dengan KOH 3% apabila berlendir maka bakteri tersebut bersifat gram negatif (Fauziyah *et al.*, 2022).

### b. Uji Hipersensitif

Uji hipersensitif dilakukan guna mengetahui patogenesis dari patogen atau kemampuan patogen dalam menimbulkan penyakit. Uji HR umumnya menggunakan tanaman tembakau sebagai indikatornya. Bakteri *X. oryzae* yang disuntikkan pada tanaman dapat menginduksi reaksi hipersensitif. Daun tembakau akan berubah warna menjadi kecokelatan pada area masuknya bakteri. Reaksi muncul akan jelas teramati pada 48 jam setelah penyuntikan. Sebagai kontrol negatif yang disuntik dengan *aquadest* tidak menunjukkan reaksi serupa (Hadianto *et al.*, 2015).

### c. Uji Patogenesis

Uji patogenesis dilakukan untuk mengetahui tingkat virulensi patogen serta perkembangan keparahan penyakit yang disebabkan oleh *X. oryzae*. uji patogenesis dilakukan dengan cara melukai daun padi dengan gunting kemudian dicelupkan kedalam suspensi bakteri dengan kerapatan ( $\pm 10^8$  cfu/ ml) selama  $\pm 10$  detik (Wahyudi *et al.*, 2011 ). Pengamatan dari gejala penyakit dapat diamati pada 3 dan 14 hari setelah inokulasi.

## 3.4.3 Prosedur Penelitian

### 1. Pengujian Asap Cair Terhadap *X. oryzae*

Pengujian dilakukan secara *in vitro* menggunakan metode difusi cakram kertas yang mengacu pada penelitian (Nurhayati *et al.*, 2020). Cakram kertas

himedia berbentuk lingkaran dengan diameter 6 mm disterilkan terlebih dahulu dalam oven. Kemudian kertas cakram dicelupkan pada asap cair dengan konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, sebagai kontrol positif kertas cakram ditetesi *chloramphenicol* sedangkan sebagai kontrol negatif kertas cakram ditetesi air steril. Pengamatan penghambatan pertumbuhan *X. oryzae* dilakukan 24 jam setelah perlakuan dengan mengukur lebar zona bening yang terbentuk disekitar kertas saring (cakram).

## 2. Pengujian asap cair terhadap populasi *X. oryzae*

Media NB sebanyak 10mL dengan kandungan asap cair sesuai perlakuan dan kontrol tanpa asap cair diinokulasi dengan 100uL suspensi *X. oryzae* dengan kerapatan  $10^8$  cfu/mL dan dishaker selama 72 jam. Bakteri yang telah dishaker setiap 24 jam dibuat seri pengenceran dan diambil 0,1mL untuk ditumbuhkan pada media NA dan diinkubasikan selama 48 jam pada suhu ruang (Hudaya, 2014).

## 3. Pengujian daya kecambah benih padi dengan penambahan asap cair

Pengujian ini terdiri dari dua seri percobaan Percobaan 1: Benih padi sebanyak 25 benih /perlakuan direndam 24 jam pada air steril yang mengandung asap cair sesuai perlakuan. Benih selanjutnya ditumbuhkan pada kertas saring yang dilembabkan dan diinkubasikan selama 7 hari. Percobaan 2: Benih padi sebanyak 25 benih /perlakuan direndam 24 jam pada air steril yang mengandung *X. oryzae* ( $10^8$  cfu/ml) dan asap cair sesuai perlakuan. Benih ditumbuhkan pada kertas saring lembab selama 7 hari (Purnama *et al.*, 2018).

### 3.4.4 Variabel Pengamatan

#### 1. Rendemen Asap Cair

Rendemen merupakan presentase dari jumlah asap cair yang dihasilkan pada proses pirolisis yang didapatkan dengan cara membandingkan hasil produk akhir (asap cair) yang dihasilkan per berat bahan baku (tongkol jagung).

Menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Volume asap cair yang diperoleh (ml)}}{\text{Massa bahan baku sebelum diolah (gram)}} \times 100\%$$

(Jaya *et al.*, 2019)

## 2. Karakteristik Asap Cair

### a. Pengujian Nilai pH Asap Cair

Penentuan nilai pH dilakukan dengan cara mencelupkan elektroda dari pH meter kedalam sampel dan skala data dibaca setelah jarum penunjuk (Diatmika *et al.*, 2019)

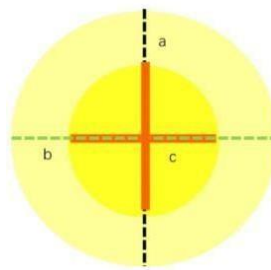
### b. Pengujian Bau Asap Cair

Pengujian bau asap cair dilakukan secara manual yaitu dengan cara mencium bau dari asap cair melalui indra penciuman (hidung). (Jannah *et al.*, 2020).

### c. Pengujian Warna Asap Cair

Pengujian warna dilakukan dengan cara melihat langsung bagaimana warna dari asap cair melalui indra penglihatan atau mata telanjang (Jannah *et al.*, 2020).

## 3.5 Daya Hambat Bakteri *X.oryzae*



Gambar 3.1 Pengukuran diameter zona hambat

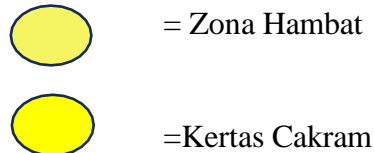
Pengukuran zona hambat dapat dihitung dengan rumus : 
$$\frac{(a-b)+(b-c)}{2}$$

(Hasanah, 2020)

a. mm : Diameter panjang

b. mm : Diameter lebar

### Keterangan



----- = Diameter Vertikal

----- = Diameter Horizontal

----- = Diameter Kertas Cakram

### 3.6 Perhitungan Populasi *Xanthomonas oryzae*

Perhitungan populasi *X. oryzae* digunakan untuk dapat mengetahui jumlah populasi bakteri *X. oryzae*, adapun perhitungan populasi bakteri *X.oryzae* dilakukan dengan melakukan pengamatan populasi terhadap koloni yang tumbuh menggunakan rumus :

$$CFU/ml = \frac{\text{Jumlah total koloni}}{\text{Volume yang disebar di cawan petri X Faktor pengenceran}}$$

(Soesetyaningsih & Azizah, 2020).

### 3.7 Daya Berkecambah

Pengamatan daya berkecambah dapat dilakukan terhadap pengukuran panjang radikula, plumula dan daya kecambah dengan rumus:

$$\text{Daya berkecambah (DB)} : \frac{\text{Benih yang berkecambah normal}}{\sum \text{Benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

Pengamatan panjang terhadap radikula dan plumula dilakukan pada hari ke-14 setelah benih dikecambahkan dan dihitung menggunakan penggaris (Prabawa *et al*, 2020).

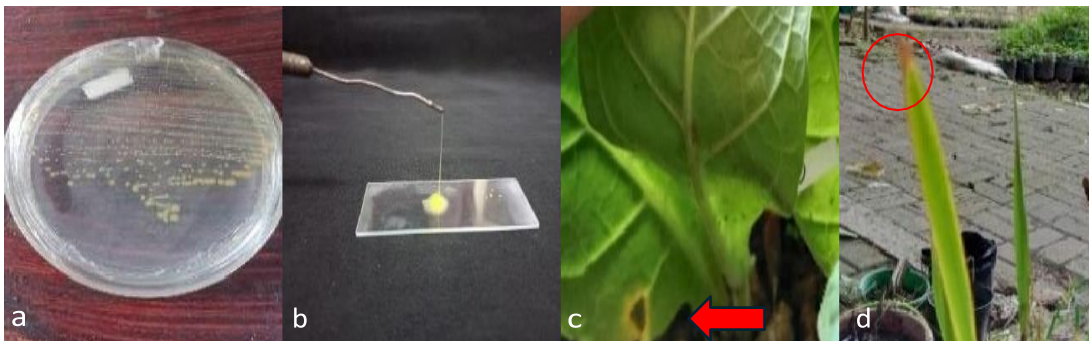
### **3.8 Analisis data**

Hasil data pengamatan yang didapatkan dianalisis keragamannya dengan ANOVA. Jika ada beda nyata, maka hasil analisis keragaman diuji lanjut dengan menggunakan uji DMRT dengan taraf 95%.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Karakteristik *Xanthomonas oryzae*

Karakteristik *X. oryzae* ditandai dengan ciri morfologi koloni berwarna kuning pucat hingga kekuningan, berbentuk bulat, tepian rata, mukoid, serta permukaan timbul seperti pada (gambar 4.1a). Hasil uji gram (gambar 4.1b) dengan penambahan KOH 3% menunjukkan tekstur lengket dan berlendir pada saat jarum ose diangkat, sehingga dapat dikategorikan bahwa bakteri *X. oryzae* bersifat gram negatif. *X. oryzae* termasuk kedalam salah satu bakteri patogenik ditunjukkan dengan uji hipersensitif pada daun tembakau yang berubah warna menjadi kecoklatan (nekrosis) pada daerah penetrasi bakteri. Reaksi dapat diamati pada 48 jam setelah proses infeksi bakteri kedalam jaringan daun tembakau muda. Pengamatan uji patogenesis ditunjukkan dengan gejala penyakit yang memanjang diseluruh helai tepi daun dan ditandai dengan daun menguning hingga mirip jerami.



Gambar 4.1 Karakteristik Isolat *X. oryzae*. a). Koloni isolat *X. oryzae*, b). Uji gram, c). Uji hipersensitif d). Uji patogenesis (Dokumentasi pribadi)

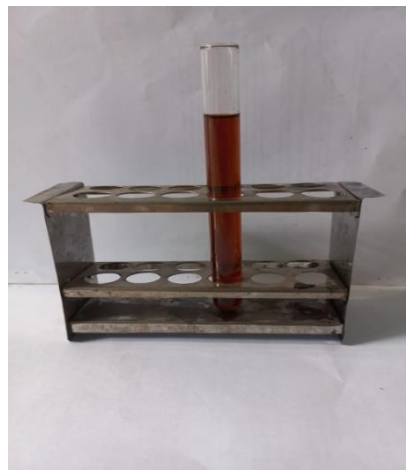
### 4.2 Karakteristik Asap Cair Asal Tongkol Jagung

Pembuatan asap cair dilakukan melalui proses pembakaran bahan baku awal tongkol jagung 18 kg yang diproses melalui metode pirolisis sehingga menghasilkan asap cair sebanyak 2,4 L dengan rendemen sebanyak 13,3% dan sisa dari proses pembakaran berupa arang sebanyak 1,5 kg. Karakteristik asap cair dari tongkol jagung memiliki warna yang cukup pekat dengan aroma khas pembakaran dari tongkol jagung yang sangat kuat. Penyimpanan asap cair dalam jangka waktu lama akan menghasilkan sebuah endapan berwarna hitam pekat yang sering disebut dengan kandungan tar.

Tabel 4.1 Produksi Asap Cair Berbahan Tongkol Jagung  
Produksi Asap Cair Berbahan Tongkol Jagung

Proses	Hasil
Bahan Baku	18,0 kg
Sisa Pembakaran	1,5 kg
Hasil Pembakaran (Asap Cair)	2,4 L
Rendemen	13,3 %

Berdasarkan Gambar 4.2 diketahui bahwa asap cair yang diperoleh menunjukkan warna kuning kecoklatan.



Gambar 4.2 Warna asap cair (Dokumentasi pribadi)

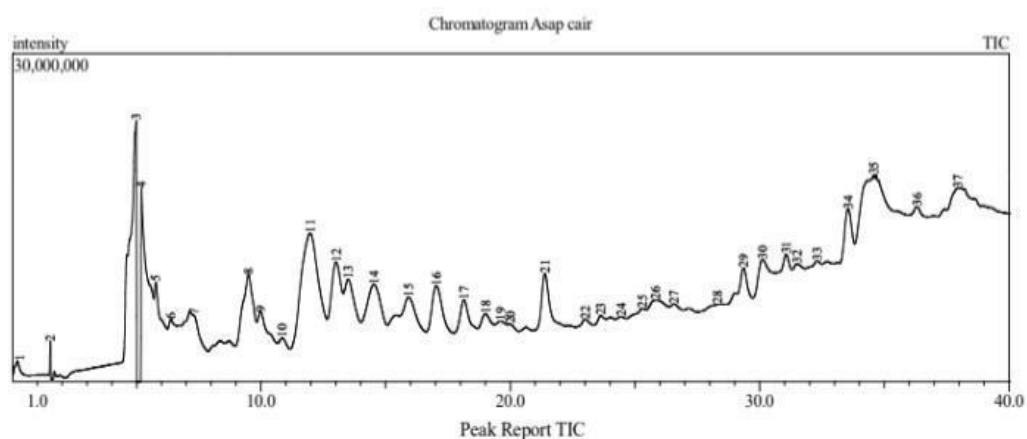
Pengujian organoleptik warna asap cair dilakukan dengan metode survey melalui kuisisioner yang melibatkan sampel penelitian dengan menggolongkan warna asap cair. Perolehan survey didapati sebanyak 70% sampel menyatakan bahwa asap cair berwarna kuning kecoklatan, hal serupa juga dilakukan pada pengujian bau asap cair yang diperoleh dari hasil uji organoleptik bau asap cair dengan metode survey melalui kuisisioner yang melibatkan sampel dengan penggolongan bau yang telah diklasifikasikan. Berdasarkan jumlah data kuisisioner yang tersebar didapati hasil sebanyak 100% sampel menyatakan bahwa asap cair memiliki aroma yang menyengat.

Tabel 4. 2 Karakteristik Asap Cair Berbahan Tongkol Jagung

Karakteristik Asap Cair	
Indikator	Karakteristik Fisik
Warna	Kuning kecoklatan
Bau	Menyengat
Ph	4

### 4.3 Kandungan Senyawa Dalam Asap Cair Berbahan Tongkol Jagung

Asap cair memiliki beberapa kandungan senyawa antara lain yaitu fenol, asam, karbonil dan senyawa lainnya yang bersifat antimikroba. Senyawa-senyawa yang terdapat dalam asap cair tongkol jagung dapat dianalisis melalui hasil uji GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*).



Gambar 4.3 Hasil Pengujian GCMS asap cair tongkol jagung

Hasil pengujian pada gambar 4.3 menunjukkan terdapat 37 senyawa pada asap cair berbahan dasar tongkol jagung. Beberapa senyawa yang terkandung dalam asap cair tongkol jagung memiliki luas area yang beragam. Berikut ini merupakan daftar senyawa yang terkandung pada asap cair tongkol jagung dari area terluas hingga terkecil.

Tabel 4.3 Jenis senyawa asap cair tongkol jagung dari hasil analisis GCMS

Senyawa dalam asap cair berdasarkan uji GCMS				
NO	Peak	R.Time	Area%	Name
1	11	11.985	12.83	Phenol (CAS)
2	35	34.586	10.79	Dodecanamide, N,N-bis(2-hydroxyethyl)-
3	3	4.984	8.36	Acetic acid (CAS)
4	4	5.192	7.56	Acetic acid (CAS)
5	12	13.024	5.63	Phenol, 4-methoxy- (CAS)
6	14	14.537	5.67	Phenol, 4-methyl- (CAS)
7	8	9.504	4.73	Butanoic acid, 4-hydroxy-
8	13	13.503	4.38	Phenol, 2-methyl- (CAS)
9	15	15.923	3.72	2-Methoxy-4-methylphenol
10	16	17.041	3.69	Phenol, 3-ethyl- (CAS)
11	10	10.857	0.44	2,3-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one
12	37	37.963	2.96	OCTADEC-9-ENOIC ACID
13	21	21.398	2.89	Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS)
14	5	5.770	2.82	Pyridine (CAS)
15	30	30.129	2.56	Tetradecanoic acid (CAS)
16	34	33.562	2.26	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl- (CAS)
17	9	9.992	2.16	2,4-Dimethyl-2-oxazoline-4-methanol
18	17	18.152	2.17	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy- (CAS)
19	31	31.079	1.84	Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS)
20	29	29.370	1.62	Hexadecane (CAS)
21	18	19.017	1.3	2-Propenoic acid, 2-methyl-, ethyl ester (CAS)
22	32	31.516	0.98	Hexadecane (CAS)
23	36	36.330	0.99	Octadecanoic acid, ethyl ester (CAS)
24	33	32.329	0.83	Hexadecanoic acid, ethyl ester (CAS)
25	19	19.611	0.71	1H-Inden-1-one, 2,3-dihydro- (CAS)
26	25	25.300	0.72	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-methyl- (CAS)
27	7	7.320	0.68	2-Furanmethanol (CAS)
28	27	26.572	0.64	2-Propanone, 1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)- (CAS)
29	6	6.381	0.42	Pyridine, 2-methyl- (CAS)
30	26	25.830	1.7	Dodecanoic acid (CAS)
31	22	23.019	0.28	Octanoic acid, cyclobutyl ester
32	24	24.468	0.28	1-TETRADECENE, 14-BROMO-
33	28	28.313	0.24	Hexadecenitrile
34	1	0.197	0.34	Z-7-Hexadecenal
35	23	23.644	0.34	4-methyl-syringol
36	20	20.020	0.31	2-Methoxy-4-vinylphenol
37	2	1.523	0.16	I-Alanine ethylamide, (S)-

Berdasarkan hasil pada tabel 4.3 dapat diketahui bahwa senyawa-senyawa yang terdapat pada asap cair tongkol jagung tidak seluruhnya mengandung antibakteri. Berikut ini merupakan senyawa-senyawa yang merupakan golongan asam, fenol, dan karbonil.

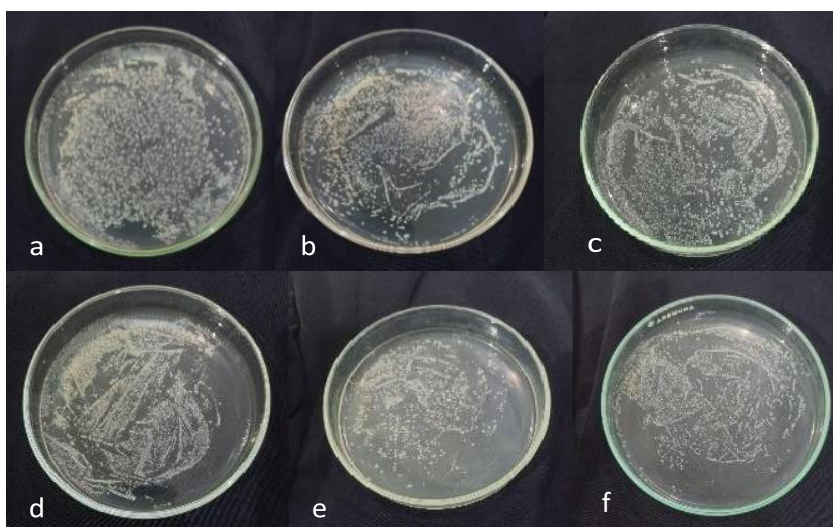
Tabel 4.4 Penggolongan senyawa fenol, asam, dan karbonil

Penggolongan Senyawa Asap Cair	
Golongan	Nama Senyawa
Fenol	Phenol (CAS)
	Phenol, 4-methoxy- (CAS)
	Phenol, 2-methyl- (CAS)
	Phenol, 4-methyl- (CAS)
	2-Methoxy-4-methylphenol
	Phenol, 3-ethyl- (CAS)
	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy- (CAS)
	Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS)
	2-Methoxy-4-vinylphenol
	4-methyl-syringol
	Asam
Acetic acid (CAS)	
Butanoic acid, 4-hydroxy	
Dodecanoic acid (CAS)	
Tetradecanoic acid (CAS)	
Octadec-9-Enoic Acid	
Karbonil	Octanoic acid, cyclobutyl ester
	2,3-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one
	1H-Inden-1-one, 2,3-dihydro- (CAS)
	Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS)
	Octadecanoic acid, ethyl ester (CAS)
	I-Alanine ethylamide, (S)-
	2-Propenoic acid, 2-methyl-, ethyl ester (CAS)
	2-Propanone, 1-(4-hydroxy-3 methoxyphenyl)- (CAS)
	Z-7-Hexadecenal
	Dodecanamide, N,N-bis(2-hydroxyethyl)-

Berdasarkan tabel 4.4 diketahui bahwa jumlah kandungan fenol terdapat pada 10 jenis senyawa dengan jumlah kadar sebesar 41,63%, asam 6 jenis senyawa dengan kadar senyawa 27,87%, dan senyawa karbonil dengan total kandungan 10 senyawa sebesar 18,346%. Melalui hasil analisis didapatkan sebesar 12,154% kandungan bersumber dari senyawa hidrokarbon dengan total 11 jenis senyawa.

#### 4.4 Pengaruh Konsentrasi Asap Cair Berbahan Tongkol Jagung Terhadap *Xanthomonas oryzae*

Berdasarkan perolehan tabel 4.5 hasil uji DMRT, asap cair konsentrasi 1-5% mampu menurunkan populasi *X. oryzae*. Perlakuan masing-masing konsentrasi asap cair berpengaruh nyata menurunkan jumlah populasi dibandingkan kontrol (tanpa perlakuan). Penurunan jumlah koloni bakteri lebih signifikan pada konsentrasi yang lebih tinggi yakni pada konsentrasi 4% dan 5%. Konsentrasi asap cair yang semakin tinggi menghasilkan kemampuan menghambat yang semakin besar pula, kecuali pada konsentrasi 2% dan 3% menunjukkan hasil penurunan yang sama. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan menambahkan asap cair sesuai konsentrasi mampu menghambat pertumbuhan *X.oryzae* secara nyata. Populasi tertinggi diperoleh pada kontrol dengan jumlah populasi mencapai  $5,5 \times 10^{14}$  cfu/ml, sedangkan hasil terendah terdapat pada konsentrasi 5% dengan populasi sebesar  $1,6 \times 10^{14}$  cfu/ml.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Populasi a) Kontrol, b) Konsentrasi 1%, c) Konsentrasi 2%, d) Konsentrasi 3%, e) Konsentrasi 4%, f) Konsentrasi 5% (Dokumentasi Pribadi)

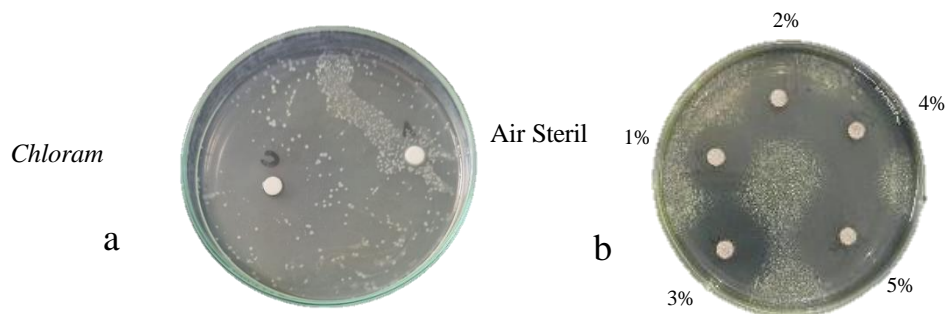
Tabel 4.5 Pengaruh Asap Cair Tongkol Jagung Terhadap Pertumbuhan *X. oryzae*  
 Pengaruh Asap Cair Tongkol Jagung Terhadap Pertumbuhan *X. oryzae*

Konsentrasi Asap Cair (Persen)	Jumlah Populasi (Cfu/ml)	Selisih Jumlah Populasi (Cfu/ml)
0 (Kontrol)	$5,5 \pm 0.31 \times 10^{14}$ a	0
1	$4,6 \pm 0.50 \times 10^{14}$ b	$0,9 \times 10^{14}$
2	$3,5 \pm 0.21 \times 10^{14}$ c	$0,7 \times 10^{14}$
3	$3,4 \pm 0.23 \times 10^{14}$ c	$0,1 \times 10^{14}$
4	$2,7 \pm 0.14 \times 10^{14}$ d	$0,7 \times 10^{14}$
5	$1,6 \pm 0.26 \times 10^{14}$ e	$1,1 \times 10^{14}$

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang berbeda nyata dalam uji DMRT taraf kepercayaan 95%

#### 4.5 Daya Hambat asap cair terhadap *X. oryzae*

Berdasarkan pengamatan uji daya hambat asap cair terhadap *X. oryzae* pada 24 jam awal pengamatan dengan berbagai konsentrasi tidak membentuk zona hambat, zona hambat mulai terbentuk 48 jam setelah pengamatan dilakukan. Hasil tersebut menunjukkan konsentrasi asap cair masing-masing berpengaruh terhadap terbentuknya diameter zona hambat. Asap cair dengan konsentrasi terendah sudah mampu menekan pertumbuhan koloni bakteri *X. oryzae*. Pengaruh tersebut dikarenakan adanya sinergis senyawa yang terkandung dalam asap cair seperti fenol, asam asetat dan karbonil. Pengamatan daya hambat dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengamatan perlakuan kontrol negatif menggunakan *chlorampenichol* yang hanya mampu membentuk zona hambat pada 24 jam awal, kemudian untuk 48 jam berikutnya diketahui bahwa zona hambat pada kontrol negatif sudah tidak tampak. Hasil berbeda diperoleh kontrol positif menggunakan air steril yang tidak membentuk zona hambat baik pada 24 jam awal maupun 48 jam setelah pengamatan.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Daya Hambat Bakteri, a) Kontrol, b) Pemberian asap cair berbagai konsentrasi (Dokumentasi pribadi)

Berdasarkan Tabel 4.6 hasil pengujian daya hambat menggunakan uji DMRT menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi menunjukkan zona hambat terhadap bakteri *X. oryzae*. Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa seluruh konsentrasi asap cair tongkol jagung mampu menghambat pertumbuhan bakteri. Semakin tinggi asap cair yang diberikan maka akan menunjukkan zona hambat yang semakin besar pula, kecuali pada konsentrasi 2%, 3%, dan 4% menunjukkan hasil peningkatan zona hambat yang sama dengan nilai luas zona hambat 8,5 cm, 9,7 cm, dan 9,9 cm. Zona hambat tertinggi diperoleh pada konsentrasi 5% dengan luas mencapai 11,8 cm, sedangkan hasil terendah terdapat pada kontrol negatif yang tidak membentuk zona hambat dengan luas 0 cm. Kontrol positif pada penelitian dengan menggunakan *chloram* menunjukkan hasil pada pengamatan 24 jam membentuk zona hambat dengan luas mencapai 6 mm.

Tabel 4.6 Daya Hambat Asap Cair Tongkol Jagung Terhadap *X. oryzae*

Daya Hambat Asap Cair Tongkol Jagung Terhadap <i>X. oryzae</i>	
Konsentrasi Asap Cair (%)	Daya Hambat (mm)
0 (Kontrol negatif)	0,0 ± 0,00a
1	8,5 ± 1,90b
2	9,7 ± 0,93bc
3	9,9 ± 1,35bc
4	10,8 ± 2,48cd
5	11,8 ± 2,29d

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang berbeda nyata dalam uji DMRT 95%

#### 4.6 Pengaruh Asap Cair Terhadap Daya Kecambah Benih Padi

Berdasarkan hasil uji DMRT pada tabel 4.7 diketahui bahwa secara umum pemberian asap cair dengan menambahkan inokulasi *X.oryzae* pada konsentrasi 1-4% menunjukkan pengaruh nyata dalam peningkatan daya kecambah jika dibandingkan dengan kontrol. Hasil berbeda ditunjukkan pada konsentrasi 5% yang menghasilkan penurunan daya kecambah dan tidak berpengaruh nyata dengan kontrol. Hasil perbandingan pada kontrol dan perlakuan seluruh konsentrasi asap cair tanpa penambahan inokulasi *X. oryzae* menunjukkan hasil pengaruh secara nyata dalam peningkatan daya kecambah benih. Pengaruh tersebut juga ditunjukkan pada konsentrasi 3% dan 5%, sedangkan pada konsentrasi 1%, 2% dan 4% menunjukkan hasil yang sama atau tidak berpengaruh nyata.

Perendaman benih pada asap cair baik yang telah ditambahkan maupun tidak ditambahkan *X. oryzae* menunjukkan peningkatan daya kecambah. Dibuktikan dengan seluruh konsentrasi yang menunjukkan hasil lebih tinggi dibandingkan kontrol. Benih yang terinfeksi *X. oryzae* dengan penambahan asap cair mampu meningkatkan daya kecambah benih kecuali pada konsentrasi 5% yang mengalami penurunan jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya dengan daya kecambah yang hanya mencapai 81,3%. Hasil terbaik terdapat pada konsentrasi 3% dengan daya kecambah mencapai 96% dan 98%.

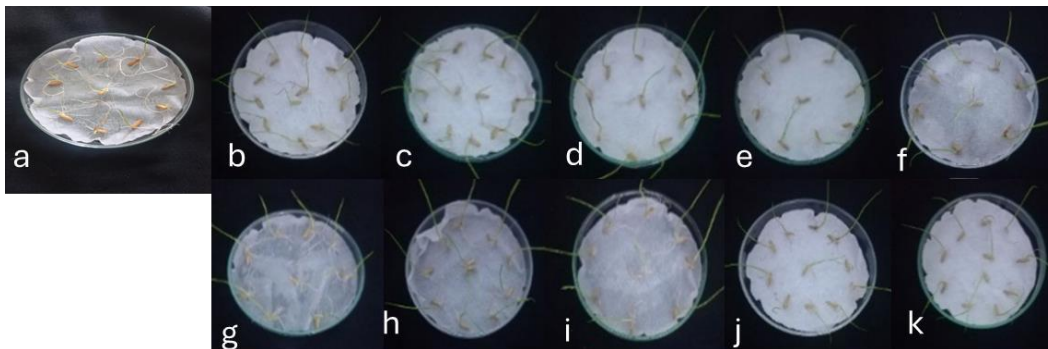
Tabel 4.7 Pengaruh Asap Cair Tongkol Jagung Terhadap Daya Kecambah Benih Padi Secara *In vitro*

Konsentrasi (%)	Pengaruh Asap Cair Terhadap Daya Kecambah Benih Padi ( <i>In vitro</i> )	
	Inokulasi <i>X. oryzae</i>	Tanpa <i>X. oryzae</i>
0 (Kontrol)	78,6 ± 2,30a	78,6 ± 2,30a
1	90,6 ± 2,30b	96,0 ± 4,00bc
2	94,6 ± 2,30b	93,3 ± 2,30bc
3	96,0 ± 0,00b	98,6 ± 2,30c
4	94,6 ± 2,30b	97,3 ± 2,30bc
5	81,3 ± 2,30a	92,0 ± 4,00b

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang berbeda nyata dalam uji DMRT 95%.

Berdasarkan Tabel 4.6 menunjukkan hasil bahwa benih yang telah direndam menggunakan asap cair sesuai konsentrasi selama 24 jam dapat tumbuh dan berkembang serta tidak mengalami gangguan pada proses pertumbuhannya. Hasil

tersebut ditunjukkan pada gambar pertumbuhan benih pada hari ke-7 dengan pemberian asap cair baik menambahkan inokulasi *X. oryzae* atau tanpa menambahkan *X. oryzae* menunjukkan benih dapat berkecambah secara normal.



Gambar 4.6 Pertumbuhan Kecambah Padi Setelah Direndam Menggunakan Asap Cair Berbagai Konsentrasi a) konsentrasi 0% (tanpa asap cair), b) 1% asap cair, c) 2% asap cair, d) 3% asap cair, e) 4% asap cair, f) asap cair 5%, g) 1% asap cair + *X. oryzae*, h) 2% asap cair + *X. oryzae*, i) 3% asap cair + *X. oryzae*, j) 4% asap cair + *X. oryzae* k) 5% asap cair + *X. oryzae*. (Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan tabel 4.8 hasil uji DMRT panjang plumula dan radikula benih yang direndam asap cair dengan inokulasi *X. oryzae* menunjukkan seluruh konsentrasi berpengaruh nyata terhadap kontrol, sedangkan pada panjang plumula di beberapa konsentrasi menunjukkan hasil yang sama. Hasil berbeda ditunjukkan pada perbandingan panjang radikula pada setiap konsentrasi yang terdapat satu konsentrasi menunjukkan hasil tidak berpengaruh nyata yaitu pada konsentrasi 1%. Perlakuan terbaik pada panjang plumula terdapat pada konsentrasi 5% dengan panjang plumula mencapai 3,8 cm, sedangkan pada radikula perlakuan terbaik pada konsentrasi 2% dengan panjang 3,2 cm lebih pendek dibandingkan kontrol.

Perendaman benih dengan asap cair tanpa penambahan inokulasi *X. oryzae* menunjukkan perbandingan kontrol dengan setiap konsentrasi pada pengujian panjang plumula berpengaruh nyata. Seluruh konsentrasi juga menunjukkan pengaruh yang nyata kecuali pada konsentrasi 1% dan 4%. Berbeda dengan plumula, panjang radikula pada setiap konsentrasi dibandingkan dengan kontrol menunjukkan pengaruh secara nyata kecuali pada konsentrasi 3% dan 5%. Inokulasi *X. oryzae* tidak mempengaruhi panjang plumula namun menurunkan panjang radikula. Asap cair mampu meningkatkan panjang plumula namun

menurunkan panjang radikula pada padi yang terinfeksi *X. oryzae* maupun yang tidak terinfeksi. Perolehan data benih padi yang terinfeksi *X. oryzae*, 4% dan 5% merupakan konsentrasi terbaik dalam meningkatkan panjang plumula yaitu 3,8 cm. Plumula benih padi yang sehat tanpa *X. oryzae* ditunjukkan pada 2% yang merupakan konsentrasi terbaik dalam peningkatan panjang plumula sebesar 3,7 cm.

Tabel 4.8 Pengaruh Asap Cair Tongkol Jagung Terhadap Pertumbuhan Bibit Padi

Konsentrasi (%)	Pengaruh Asap Cair Terhadap Pertumbuhan Bibit Padi			
	Inokulasi <i>X.oryzae</i>		Tanpa <i>X.oryzae</i>	
	Panjang Plumula (cm)	Panjang Radikula (cm)	Panjang Plumula (cm)	Panjang Radikula (cm)
0 (Kontrol)	1,5 ± 0,00a	4,1 ± 0,25e	1,5 ± 0,00a	3,9 ± 0,45b
1	3,1 ± 0,57c	2,5 ± 0,11bc	3,2 ± 0,57c	2,5 ± 0,15a
2	2,8 ± 0,11b	3,2 ± 0,00 d	3,7 ± 0,57e	2,4 ± 0,57a
3	2,9 ± 0,57b	2,7 ± 0,00c	2,6 ± 0,57b	3,5 ± 0,11b
4	3,8 ± 0,00d	1,6 ± 0,00a	3,2 ± 0,57c	2,6 ± 0,52a
5	3,8 ± 0,00d	2,4 ± 0,00b	3,4 ± 0,57d	3,1 ± 0,87ab

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang berbeda nyata dalam uji DMRT 95%



Gambar 4.7 Pertumbuhan Bibit Padi, a) Bibit Padi Setelah Direndam Menggunakan Asap Cair Sesuai Konsentrasi Tanpa *X. oryzae*, b) Bibit Padi Setelah Direndam Asap Cair Sesuai Konsentrasi dan Suspensi Bakteri (Dokumentasi pribadi)

Berdasarkan hasil uji DMRT pada tabel 4.9 tinggi tanaman yang telah diberikan perlakuan asap cair konsentrasi 1-5% baik dengan menambahkan *X.oryzae* atau tanpa *X.oryzae* menunjukkan hasil berpengaruh nyata jika dibandingkan dengan kontrol. Tinggi tanaman tanpa pemberian inokulasi *X.oryzae* menunjukkan bahwa pada konsentrasi 1%, 3%, dan 4% menunjukkan hasil tidak adanya pengaruh secara nyata pada konsentrasi tersebut. Hasil terbaik ditunjukkan pada konsentrasi 5% tanpa penambahan inokulasi *X.oryzae* dengan

tinggi tanaman yang mencapai 15,1 cm. Inokulasi *X. oryzae* tidak mempengaruhi tinggi bibit padi. Pada konsentrasi 3 dan 4% asap cair memberikan pengaruh yang baik dalam mempertahankan tinggi tanaman dengan adanya infeksi *X. oryzae*.

Tabel 4.9 Pengaruh Asap Cair Terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi

Konsentrasi (%)	Pengaruh Asap Cair Terhadap Tinggi Tanaman Padi (cm)	
	Inokulasi <i>X.oryzae</i>	Tanpa <i>X.oryzae</i>
0 (Kontrol)	6,0 ± 0,00a	6,0 ± 0,00a
1	7,4 ± 0,05b	10,1 ± 0,57b
2	7,7 ± 0,05c	10,4 ± 0,57c
3	10,2 ± 0,05d	10,1 ± 0,57b
4	10,3 ± 0,05e	10,2 ± 0,11b
5	10,4 ± 0,05 f	15,1 ± 0,10d

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang berbeda nyata dalam uji DMRT 95%

#### 4.7 Pembahasan

Produksi asap cair berbahan dasar tongkol jagung varietas jagung hibrida P27 sebanyak 18 kg menghasilkan 2,4 L asap cair dengan masa pembakaran selama 6 jam. Asap cair pada penelitian ini menghasilkan rendemen sebesar 13,3% yang artinya hampir dari seluruh bahan baku dapat terbakar secara sempurna. Hasil Rendemen asap cair pada penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian Srihati *et al.*, (2020) dengan perolehan rendemen sebesar 28,37%. Presentase rendemen asap cair dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kadar air yang terkandung pada bahan baku yang digunakan, jenis tanaman serta metode yang digunakan (Ridolf *et al.*,2018). Proses pembakaran menggunakan metode pirolisis dengan cara membakar bahan baku sampai semua bahan dapat terbakar sempurna dan tidak mengeluarkan tetesan asap cair lagi. Melalui proses tersebut didapatkan asap cair *grade 3* yang dapat dimanfaatkan secara umum sebagai pengawetan kayu dan bambu serta pestisida nabati untuk keperluan dibidang pertanian.

Pengamatan secara fisik asap cair berbahan dasar tongkol jagung *grade 3* didapati bahwa asap cair hasil pirolisis berwarna kuning kecoklatan. Berdasarkan hasil survey uji organoleptik didapati hasil 3 responden menyatakan berwarna kuning sedangkan 7 lainnya menyatakan bahwa warna asap cair berwarna kuning

kecoklatan. Warna asap cair seiring waktu akan berubah menjadi lebih pekat ketika disimpan lama hal tersebut disebabkan oleh teroksidasinya kandungan senyawa fenol (Farizi & Sa'diyah, 2016). Warna asap cair dipengaruhi oleh senyawa karbonil yang terurai pada suhu 280-320°C (Elssy, 2018).

Asap cair tongkol jagung *grade* 3 masih mengandung tar hasil dari dekomposisi tongkol jagung pada proses pirolisis berupa endapan hitam (cairan kental) dan berbau. Kadar tar dipengaruhi oleh kadar lignin yang dihidrolisis sehingga semakin besar kandungan ligninnya maka kandungan tar yang dihasilkan juga semakin banyak (Srihati *et al.*, 2020). Analisis bau asap cair berbahan tongkol jagung hasil pirolisis memiliki aroma khas asap dan menyengat. Berdasarkan hasil survey uji aroma didapatkan data 10 responden menyatakan bahwa bau asap cair berbahan dasar tongkol jagung menyengat dan berbau asap. Bau terbentuk dipengaruhi oleh senyawa fenol, karbonil dan sebagian kecil asam yang memiliki sifat volatil yakni sedikit larut didalam air dan lemak (Amrullah *et al.*, 2023).

Hasil pengukuran pH dari perolehan asap cair berbahan dasar tongkol jagung berada pada angka 4, hal tersebut menunjukkan bahwa asap cair memiliki sifat asam. Nilai pH dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan mutu atau kualitas asap cair yang dihasilkan. Hasil nilai pH menunjukkan suatu proses penguraian tongkol jagung yang terjadi sehingga menghasilkan senyawa asam-asam organik dalam asap cair. Menurut (Handayani & Sa'diyah, 2022) tingginya temperatur yang digunakan serta waktu pirolisis berpengaruh terhadap penurunan nilai pH. Rendahnya nilai pH merupakan parameter bahwa kualitas asap cair yang dihasilkan tinggi. Asap cair dengan tingkat pH yang rendah berpotensi dalam menghambat pertumbuhan mikroba. Lingkungan yang asam tidak akan menjadi tempat hidup dan berkembangbiak dari mikroba (Ridolf *et al.*, 2018). Nilai pH yang rendah juga menentukan daya simpan produk asap cair atau organoleptiknya (Elssy, 2018).

Berdasarkan pengujian Pengujian GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) asap cair tongkol jagung memiliki 37 senyawa yang terkandung didalamnya. Beberapa senyawa yang terkandung merupakan senyawa fenol, asam, dan karbonil. Senyawa fenol asam organik dan karbonil merupakan senyawa penting dalam menentukan warna, cita rasa pada asap cair serta memiliki fungsi lain seperti

antibakteri, antioksidan dan antikoagulan hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Wagiu *et al.*,2022). Senyawa fenol phenol (CAS) memiliki keunggulan melindungi sel tanaman dari kerusakan oksidatif fase perkecambahan dan dapat mengatur pertahanan tanaman terhadap stres biotik dan abiotik, serta bersifat antibakteri dan antioksidan. Senyawa fenol yang berhasil masuk kedalam sel bakteri akan mengakibatkan disrupsi membran sel seperti kebocoran ion penting dan meningkatkan permeabilitas membran sehingga mengakibatkan kematian sel (Srihati *et al.*,2020). Senyawa Phenol 4-methoxy dan Phenol, 2-ethyl dilaporkan mengganggu integritas membran sel bakteri melalui cekaman oksidatif yang disebabkan oleh pelepasan reactive oxygen species dan ion K<sup>+</sup> dari membran sel bakteri, destabilisasi membran sel, dan kebocoran kandungan sitoplasma (Nurrahmawan *et al*, 2021) . Kandungan senyawa asam seperti acetid acid (CAS) membantu menurunkan pH media atau lingkungan sel sehingga menghambat pertumbuhan sel secara langsung melalui pengikatan molekul ion pada lapisan fosfolipid membran sel dengan cara masuk mengganggu interaksi van der Waals antar rantai lipid asil (Nurrahmawan *et al*, 2021). Senyawa karbonil 2,3-dimethyl-2cyclopenten-1-one, 2-furanmethanol (furfury alcohol) dan 1H-Inden-1-one,2,3-dihydro memiliki sifat volatil sehingga memungkinkan perlindungan yang cepat dan efektif (Srihati *et al.*,2020).

Asap cair memiliki kandungan yang bersifat *toxic* bagi pertumbuhan bakteri sehingga mampu menekan jumlah populasi *X. oryzae*. Kandungan fenol pada kadar tinggi dapat menyebabkan sel-sel bakteri akan mengalami kondisi lisis yaitu suatu kondisi pemecahan atau perusakan membran sel yang berdampak pada kematian sel. Proses penghambatan bakteri terjadi karena adanya kandungan senyawa metabolit sekunder yaitu seperti fenol dan asam asetat yang dapat mengganggu komponen penyusun peptidoglikan sel bakteri sehingga lapisan sel yang terbentuk tidak utuh (Sari *et al*, 2019). Semakin tinggi konsentrasi asap cair yang diberikan maka pengaruhnya juga semakin besar, dibuktikan dengan populasi *X. oryzae* semakin rendah dan berkorelasi dengan terbentunya zona hambat. Hasil zona hambat dapat diketahui setelah 48 jam pengujian dilakukan. Pembentukan zona hambat membutuhkan waktu agar bakteri dapat tumbuh dan bereaksi terhadap

senyawa yang diujikan. Pernyataan tersebut didukung dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Datta *et al* (2019) yang menyatakan bahwa pertumbuhan bakteri dapat mencapai puncak aktivitas enzim setelah 48 jam dari proses inkubasi. Hasil pengujian tersebut juga didukung oleh Penelitian yang dilakukan oleh Septiani *et al* (2017) yang menyatakan bahwa aktivitas pertumbuhan bakteri lebih efektif setelah 48 jam inkubasi karena aktivitas antibakteri yang bersifat bakteristatik dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Tingkat keasaman dalam asap cair merupakan salah satu peranan yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Berdasarkan penelitian Darmadji (2017) menyatakan bahwa asap cair memiliki peran penting dalam menghambat pertumbuhan mikroba, asap cair dengan pH 4 sudah mampu menghambat pertumbuhan bakteri yang diujikan. Hasil penelitian juga menyebutkan bahwa pada tingkat pengenceran hingga 10 kali asap cair tetap dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Senyawa asam menjadi salah satu faktor yang dapat menghambat bakteri, namun berdasarkan penelitian Fajar *et al.*, (2022) menyatakan bahwa bakteri tetap dapat hidup dan berkembang dengan baik pada pH 5 sampai dengan 7. Menurut Reynol (1993) dalam Shinta & Hartono (2017) menyatakan bahwa tingkat konsentrasi fenol 1% dapat menyebabkan bakteristatik yaitu penghambatan pertumbuhan bakteri sehingga jumlah populasi bakteri dapat ditekan, namun pada tingkat konsentrasi yang lebih tinggi fenol dapat berubah menjadi bakterisidal yang mampu membunuh bakteri.

Pemberian asap cair berpotensi dalam meningkatkan daya kecambah, tinggi tanaman dan panjang plumula namun menurunkan panjang radikula baik pada bibit padi yang diinokulasi *X. oryzae* maupun yang sehat. Hal tersebut dibuktikan dengan semakin tinggi presentase asap cair maka semakin tinggi presentase daya kecambah yang didapatkan jika dibandingkan dengan kontrol.

Pertumbuhan kecambah menunjukkan panjang plumula lebih baik dibandingkan dengan kontrol, plumula (tunas embrionik) tidak secara langsung terdampak kandungan senyawa toksik asap cair karena letaknya jauh dari permukaan media dan pada fase awal pertumbuhan plumula masih bergantung pada cadangan makanan didalam endosperma sehingga tidak melalui penyerapan akar

(Ramdhini *et al*, 2021). Menurut penelitian Hidayat *et al* (2020) asap cair mampu mengeluarkan hormon auksin dan giberelin . Produksi hormon auksin dan giberelin dapat berperan dalam pemanjangan tunas atau batang pada masa perkecambahan (Andianingsih, 2021).

Radikula pada daya kecambah menunjukkan hasil berbanding terbalik dengan plumula. Kandungan beberapa senyawa seperti alkohol, aldehid, keton, asam asetat justru memberikan efek penghambatan jika diaplikasikan dalam jumlah yang besar sehingga mengganggu aktivitas benih menyebabkan kerusakan sel akar, penghambatan pemanjangan sel dan penurunan laju pertumbuhan (Nurfadillah *et al.*, 2022). Radikula merupakan bagian pertama dari benih yang tumbuh selama masa perkecambahan sehingga lebih rentan terhadap senyawa asap air yang bersifat toksik (Ramdhini *et al*, 2021).

Asap cair mengandung senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan *X. oryzae* sehingga populasi menurun. Asap cair juga mempunyai kemampuan dalam meningkatkan daya kecambah, panjang plumula, tinggi tanaman padi, namun menurunkan panjang radikula. Konsentrasi 5% memberikan pengaruh yang paling tinggi dibandingkan dengan konsentrasi lainnya.

## **BAB 5. PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Asap cair mampu menghambat pertumbuhan *X. oryzae* di seluruh konsentrasi. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi 5% dengan zona hambat mencapai 11,8 cm.
2. Asap cair mampu meningkatkan daya kecambah benih, tinggi tanaman padi, dan plumula tapi menurunkan radikula. Perolehan daya kecambah tertinggi terdapat pada konsentrasi 3% pada benih yang direndam asap cair baik yang telah ditambahkan maupun tanpa penambahan inokulasi *X. oryzae* dengan daya kecambah mencapai 96% dan 98%.

### **5.2 Saran**

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar penelitian dilakukan dalam skala lapangan yang lebih besar untuk memperoleh hasil yang lebih representatif terkait manfaat asap cair bagi tanaman dan dapat digeneralisasi dengan lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andianingsih, N., Rosmala, A., & Mubarok, S. 2021. Pengaruh Pemberian Hormon Auksin dan Giberelin terhadap Pertumbuhan Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Var. Aichi First. *Agroscript: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 3(1), 48-56.
- Amrullah, S., Urin, B.A., & Faisal, M., 2023. Karakteristik Asap Cair Tempurung Kelapa, Cangkang Kemiri dan Bonggol Jagung. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo*. 8(2), 48- 54.
- Azmi, W., K., Ihak, S., & Yoyo., S, 20221. Karakterisasi Asap Cair Distilasi dan Terdistilasi Vakum dari Limbah Serasah Pinus. *Jurnal Selulosa*, Vol (11), 103 – 114.
- Bande, L.O.S., Atte, A., Rahman, A., Taufik, M., Mariadi, S., Botek, M., 2022. Studi Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) Pada Kecamatan Konda Kabupaten Konawe Selatan. *Journal of Agricultural Science*, 02 (01), 236-240 .
- Darmadji, P. 2022. Aktivitas Antibakteri Asap Cair Yang Diproduksi Dari Berbagai Macam Limbah Pertanian. *Agritech* ,16 (4),19-22.
- Datta, F. U., Daki, A. N., Benu, I., Detha, A. I. R., Foeh, N. D., & Ndaong, N. A. 2019. Uji Aktivitas Antimikroba Bakteri Asam Laktat Cairan Rumen Terhadap Pertumbuhan *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* Dan *Staphylococcus aureus* Menggunakan Metode Difusi Sumur Agar. *Jurnal Kajian Veteriner*, 66-85.
- Diatmika, I. G. N. A. Y. A., Kencana, P. K. D., & Arda, G., 2019. Karakteristik Asap Cair Batang Bambu Tanah (*Gigantochloa nigrociliata*) yang dipirolisis pada suhu yang berbeda. *Jurnal Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 7(2), 278-284.
- Elsy, E., Anggraini, SP. A., & Yuniningsih, S. 2018. Pemanfaatan Tongkol Jagung dan Sekam Padi Menjadi Asap Cair Menggunakan Proses Pirolisis. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur*, Vol (1), 88.1-88.6.
- Eryah, H. P., Telnoni, S. P., & Costa, Y. D. 2023. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penyakit Hawar Daun di Desa Naibonat Kecamatan Kupang Timur Kabupaten Kupang Nusa Tenggara Timur. *Flobamora Biological Journal* , 2(1), 8-17.
- Fadlilah, D. M., Setiawan, A. W., & Handoko, A. J. 2022. Isolasi Karakterisasi dan Uji Stabilitas pH Bakteriofag *Xanthomonas oryzae* dari Area Persawahan. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19(2), 118-125.

- Fajar, I., Perwira, I. Y., & Ernawati, N. M., 2022. Pengaruh Derajat Keasaman (pH) terhadap Pertumbuhan Bakteri Toleran Kromium Heksavalen dari Sedimen Mangrove di Muara Tukad Mati, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, (1), 1-6.
- Farizi, N. A., & Sa'diyah, K., 2021. Pengaruh Jenis Dan Rasio Penambahan Adsorben Pada Pemurnian Asap Cair. *Jurnal Teknologi Separasi*, 8 (1), 18-27
- Fauziah, Q., Ramdan, E. P., & Yukti, A. M. 2022. Deteksi Bakteri Patogen Terbawa Benih Kedelai Dengan Metode *Liquid Assay*. *Jurnal Agronida* , 6(1), 10-14
- Fitriyana, F., Kurnyawaty, N., Khotimah, F. K., & Salsabila, A. P. 2025. Formulasi Ekstrak Kulit Bawang Merah Dan Asap Cair Tempurung Kelapa Sebagai Pupuk Organik Cair Pada Tanaman Bayam. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 24(1), 55-62.
- Frida, E., Darnianti, & Noviyunida. 2018. Pembuatan Asap Cair dari Limbah Tongkol Jagung dengan Metode Pirolisis yang Digunakan Sebagai Pengawet pada Ikan. *Juitech*, 2(1), 35-41 .
- Gunawan, S., Hasan, H., & Lubis, R. D. W. 2020. Pemanfaatan Absorben Dari Tongkol Jagung Sebagai Karbon Aktif Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal rekayasa material , manufaktur dan energi* ,3(1), 38-47.
- Hadianto, W., Hakim, L., & Bakhtiar. 2015. Ketahanan Beberapa Genotipe Padi Terhadap Hawar Daun Bakteri . *Jurnal HPT Tropika*, 15(2), 152-163.
- Handayani, I., & Sa'diyah, K. 2022 Pengaruh Waktu Pirolisis Serbuk Gergaji Kayu Terhadap Hasil Asap Cair. *Jurnal Teknologi Separasi*, 8(1), 28-35.
- Hasjim, S., Wardania, N. E., Winarto, A. A., Salsabila, H., Iksana, L. K., Wulandari, T., Lestari, L. S. H., Jaelani, M. F., Alfia, N., Ngirvan. N., & Prayoga, G. H. 2024. Pemanfaatan Limbah Pertanian Sebagai *Biochar* dan *Liquid Smoke* Untuk Pakan Aditif Ternak Warga Desa Sukogidri Kabupaten Jember. *Jurnal Abdidas*, 5(1), 47-52.
- Hasanah, N., & Dede., R.N. 2020. Daya Hambat Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L) Terhadap Bakteri Penyebab Jerawat (*Propionibacterium acnes*). *Ejournal poltekpel*, Vol. 9 (1) 46-53
- Hidayah, N., Istiani, A. N., & Septiani, A. 2020. Pemanfaatan Jagung (*Zea mays*) Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Keripik Jagung Untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Di Desa Panca Tunggal. *Jurnal pengabdian kepada masyarakat*, 1(1), 42-48.
- Hidaya, B., & Pramuga, A., 2024. Technique of Biochar Production Teknik Produksi Biochar. *Jurnal agroteknologi*, 12(3),1–11.

- Hudaya, A., Radistuti, R., Sukandar, D., & Djajanegara, R. 2014. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Air Bunga Kecombrang Terhadap Bakteri E. Coli Dan S. Aureus Sebagai Bahan Pangan Fungsional. *Jurnal biologi*, 7(1) , 9-15
- Imas. A., Giyanto, G., Sinaga, M. S., Nawangsih, A. A., & Pari, G. 2018. Uji *in vitro* Asap Cair terhadap *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* Penyebab Penyakit Darah pada Pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* , 14(4), 145151.
- Irwanto, S., & Muhlison, W., 2023. Efektivitas Pestisida Nabati *Azadirachta indica*, Media *azedarach* dan *Piper betel* Terhadap Patogen Tanaman Padi *Xanthomonas oryzae* pv *oryzae*. *Jurnal Penelitian Ipteks* , 8(2), 141-149.
- Iskandar, T., & Fitri, A. C. K. 2018. Asap Cair Biochar Hasil Proses Pirolisis Sekam Padi dan Biomasa Lainnya Sebagai *Income Generating Unit* di Universitas Tribhuwana Tungadewi. *Jurnal Aplikasi Sains dan Teknologi*, 2(2), 81-87.
- Jannah, M., Marlina, M., & Hakim, L. 2023. Potensi Bakteri Endofit *Paenibacillus polymixa* Dalam Menghambat Beberapa Patogen Tanaman Padi (*Oryza sativa* L) *in vitro* . *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(4), 953-963.
- Jaya, J., D., Sandri, D., & Setiawan, A. 2019. Pembuatan Asap Cair dari Cangkang Biji Karet dan Aplikasinya Sebagai Koagulan Lateks. *Jurnal Teknologi AgroIndustri*, 6(2) 100-107.
- Kanani, N., Rahmayetty, R., & Whardono, E. Y. 2018. Pengaruh penambahan FeCl<sub>3</sub> dan AL<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Terhadap Kadar Lignin pada Delignifikasi Tongkol Jagung dengan Pelarut NaOH Menggunakan Bantuan Gelombang Ultrasonik. *Jurnal Seminar Nasional Sains dan Teknologi* , 1-10
- Kanani, N., Saputro, A. B. A., Puspawati, I., & Pratama, A. A. 2019. Preparasi Selulosa dari Limbah Tongkol Jagung dengan Bantuan Gelombang Iradiasi Ultrasonik. *Jurnal Polban*, 10(1), 20-27.
- Kurniawati, S., Astuti, Y., Hidayat, Y. S., & Susanti, E. Y. 2021. *Implementation Of Eco-Friendly Technologies To Control Bacterial Leaf Blight Of Rice Disease (Xanthomonas oryzae pv.oryzae)*. *IOP Conference Series Eart and Environmental Service*, 1-6.
- Komarayati, S., Gusmailina, & Pari, S., 2011. Produksi Cuka Kayu Hasil Modifikasi Tungku Arang Terpadu. *Jurnal Penltian Hasil Hutan*, 29(3), 234-247.
- Litaay, G. W., 2018. Keragaman Genetik *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* yang Diperoleh dari Berbagai Lokasi Pertanaman Padi. *Jurnal Universitas Gajah Mada* , 1-14.
- Laraswati, R., Ramdan, E. P., & Kulsum, U. 2021. Identifikasi penyebab penyakit hawar daun bakteri pada kombinasi pola tanam System of Rice Intensification (SRI) dan jajar legowo. *Prosiding Peningkatan Produktivitas Pertanian Era Society*, 5.

- Mahmudi, Y., Pulungan, M. S. Z., & Zam, S. I., 2022. Uji Efektivitas Asap Cair Pelepeh Kelapa Sawit untuk Mengendalikan *Curvularia* sp. *Cercospora* sp. Secara *in vitro*. *Jurnal Agroteknologi Tropika*,11(1), 9-20.
- Maisaroh, S., & Masnilah, R., 2022. Pengaruh Asam Salisilat untuk Mengendalikan Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) pada Tiga Varietas Padi. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 5(3), 134-139.
- Maysarah, S., & Herlina, N., 2015. Pembuatan Perekat Lignin Resorsinol Formaldehid Dari Natrium Lignosulfonat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara*, 4(4), 58-63
- Nikko., Evan, P. R., Risnawati., Herik, S., 2023. Penekanan Infeksi *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Pada Benih Padi : Investigasi Suhu Dan Kondisi Pengemasan Optimal Untuk Peningkatan Pengendalian Patogen Dan Kualitas Benih. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. Vol. 20 (2) 109 - 117
- Nufus, N. H., 2020. Analisis Fitokimia dan Uji Potensi Buah Renggak (*Amomum dealbatum*) Sebagai Pestisida Nabati Terhadap Jamur *Pyricularia oryzae* dan Bakteri *Xanthomonas oryzae*. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 8(1), 115-125.
- Nurhayati, L. S.,Yahdiyani, N., & Hidayatullo A. Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt Dengan Metode Difusi Sumuran Dan Metode Difusi Cakram. *Jurnal teknologi hasil peternakan*, 1(2), 41-46.
- Nurfadillah, Giyanto, Mutaqin, K.,H., & Damayanti, T., A, 2022. Asap Cair Untuk Pengendalian *Bulkhoderia Glumae* dan Pemacu Pertumbuhan Benih Padi. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*,18(3), 134-144.
- Nurrahmawan, M. E., Giyanto, Nawangsih, A. A., & Sulistiani, E., 2021. Asap Cair Sebagai Pemacu Pertumbuhan dan Ketahanan Tanaman Pisang terhadap *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 17(5), 183-194.
- Oramahi, H. A., Elvi, R., & Kustiati, 2021. Penggunaan Asap Cair Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Pengendalian Jamur *Phytophthora citrophthora* Secara *In vitro*. *A Scientific Journal*, Vol 38 (1) 34-38.
- Prabawa, P. S., Parmila, I. P., & Suarsana, M. 2020. Invigorasi benih sawi pagoda (*Brassica narinosa*) kadaluarsa dengan berbagai konsentrasi zat pengatur tumbuh alami. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 3(1), 91-97.
- Pratama, A. S. C. & Sa'diyah, K. 2022. Pengaruh Jenis Biomassa Terhadap Karakteristik Asap Cair Melalui Metode Pirolisis. *Jurnal Teknologi Separasi*, 8(1), 336-44.
- Purwadi & Nasyuha, A. H., 2022. Implementasi Teorema Bayes Untuk Diagnosa Penyakit Hawar Daun Bakteri (Kresak) dan Penyakit Blas Tanaman Padi . *Jurnal Riset Komputer*, 9(4), 777-783.

- Purnama, R. G. S., Mutaqin, K. H., & Tondok, E. T., 2018. Keefektifan Asap Cair dan Elektroterapi untuk Mengeleminasi Infeksi *Xanthomonas oryzae pv.oryzae* pada Benih Padi. *Jurnal Fitopatologi*, 4(2), 54-62.
- Puspasari LT, Meliansyah R, Hartati S, & Kurniawan W. 2023. Pendampingan Petani dalam Upaya Meningkatkan Strategi Pengelolaan Hama Ramah Lingkungan dengan Menggunakan Pestisida Hayati (Bio-Pestisida) di Desa Sukamukti dan Mekarmukti Kecamatan Cilawu Kabupaten Garut. *Jurnal Agrimasta*, 1(1): 36-41.
- Rahayu, F., Murianingrum, M., & Nurindah., 2019. Pemanfaatan Lignin dari Biomassa Rami, Kenaf, dan Agave Untuk Sumber Bioenergi. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, Vol. 11 (2), 73-85.
- Ramdhini, R. N., Manalu, A. I., Ruwaida, I. P., Isrianto, P. L., Panggabean, N. H., Wilujeng, S., & Surjaningsih, D. R. 2021. *Anatomi tumbuhan*. Yayasan Kita Menulis.
- Ramdan, E. P., & Kulsum, U. (2017). Inventarisasi cendawan terbawa benih padi, kedelai, dan cabai. *Jurnal Pertanian Presisi*, 1(1), 48-58.
- Ranjani, P., Yaram G., Samuel., S. Gnanamanickam., & Perumal. P. 2018. Bacteriophages: A New Weapon for the Control of Bacterial Blight Disease in Rice Caused by *Xanthomonas oryzae*. *Microbiology and Biotechnology Letters (MBL)*. 46 (4), 346-359. e-ISSN : 2234-7305.
- Rusydi, S. M., 2019. Prinsip Dasar Teknologi Pirolisa Biomassa. Lhokseumawe Aceh: Unimal Press.
- Ridolf, L. D., Anggraini. S. P. A., Gani. M. O., & Noviadi. T., 2018. Pemanfaatan Limbah Bambu Menjadi Asap Cair sebagai Pengawet Alami pada Struktur Kayu. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 3(2), 73-79.
- Sari, L.R., Sumpomo., & Elvinawati. 2019. Uji Efektivitas Asap Cair Cangkang Buah Karet (*Hevea braziliensis*) Sebagai Antibakteri *Bassilus subtilis*. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, Vol. 3(1), 34-40.
- Septiani, Dewi, E. N., & Wijayanti, 2017. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Lamun (*Cymodocea Rotundata*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia coli* (Antibacterial Activities Of Seagrass Extracts (*Cymodocea rotundata*) Against *Staphylococcus aureus* And *Escherichia coli*). *Journal of Fisheries Science and Technology (IJFST)*.13 (1),1-6.
- Shinta, D.Y., & Hartono, A. 2017. Identifikasi senyawa hidrokarbon polisiklis aromatis (HPA) dan aktivitas antimikrobanya pada ikan yang diawetkan dengan asap cair. *Chempublish Journal*. 2(1): 44-53.
- Sholeha, N. H., & Masnilah, R., 2022. Pemanfaatan *Bacillus* Sp. dan Pupuk Organik Untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Pelepah (*Rhizoctonia solani*) pada Tanaman Jagung. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 5(2), 215-221.

- Soesetyaningsih, E., & Azizah, A. 2020. Akurasi perhitungan bakteri pada daging sapi menggunakan metode hitung cawan. *Berkala sainstek*, 8(3), 75-79.
- Sriharti., Indriati. A., & Saparita. R., 2020. Pemanfaatan Asap Cair Tongkol Jagung Untuk Perkecambahan Tomat Biji (*Solanum Lycopersicum*). *Ilmu Bumi dan Lingkungan*. 1-9.
- Suherman, M., Hidayanti, N. S., Utami, L. N., Firdaus, F. R., & Rabbani, M. H. A., 2022. Pemanfaatan Olahan Limbah Bonggol Jagung Sebagai Salah Satu Solusi Peningkatan Perekonomian Di Desa Tambaksari. *Jurnal kreativitas pengabdian masyarakat (PKM)*, 5(12), 4353-4361.
- Sulhatun, Bahri, S., Ibrahim, I., , Khalsiah, Taufiq, Sylvia, N., 2023. Sosialisasi Asap Cair sebagai Bahan Koagulasi Getah Karet di Kecamatan Nisam Antara Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia (JAMSI)*, 3(4), 1125-1130.
- Suwasono, S., Jayus, J., Rosyady, M. G., & Erawantini, F., 2022. Produksi Pakan Ternak Dari Limbah Tongkol Jagung Guna Pemberdayaan Masyarakat Di Desa Curahnongko– Jember Jawa Timur. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(3), 409-414.
- Swastawati, F; Boesono, Herry; Wijayanto, Dian. 2014. Antimicrobial Activity of Corncob Liquid Smoke and its Application to Smoked Milkfish (*Chanos chanos* Forsk) Using Electric and Mechanical Oven. *International Proceeding of International Conference on Food Security and Nutrition IPCBEE*, 67-109.
- Syamsiah, M., & Nurlailah, L., 2018. Aplikasi Asap Cair Suren Terhadap Bakteri *Xanthomonas oryzae pv.oryzae* Penyebab Hawar Daun Bakteri pada Padi Secara *in vitro* . *Jurnal Agroscience*, 8(7), 198-210.
- Tobing, R., D., D., M., L., Deflani, M., R., & Parwanayoni, N., M., S., 2021. Uji Daya Hambat Asap Cair Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera L.*) Terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli* Secara *in vitro*. *Jurnal Simbiosis*, 9(2),8193.
- Triawan, D. A., Banon, C., Saputra, H. E., Nurwidiyani, R., Adfa, M., & Andina, K. F., 2022. Pendampingan Pembuatan Asap Cair Dari Sekam dan Jerami Padi Pada Kelompok Tani Akur Kabupaten Rejang Lebong. *JPM Wikrama Parahita*, 6(1), 68-72.
- Wagiu, S., Tooy, D., & Rantung, R., 2022. Kajian Perbandingan Produksi Asap Cair Dari Tempurung Sabut Kelapa Dan Tongkol Jagung. 14 (4).
- Wahyudi, A., T., Meliah, S., & Nawangsih, A., A., 2011. *Xanthomonas oryzae pv. oryzae* Bakteri Penyebab Hawar Daun Pada Padi : Isolasi, Karakteristik, dan Telaah Mutagenesis Dengan Transposon. *Jurnal Makara Sains*, 15(1), 89-96.

- Wardoyo, E., R., P., & Kurniaturhadi, R 2023. Efikasi Asap Cair Dari Kayu Mundu (*Garcinia dulcis*) Terhadap Penghambatan Jamur *Aspergillus niger* dan *Aspergillus fumigatus*. *Jurnal Biologi*, 17(2),316-323
- Wati, H. D., 2022. Penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) Dalam Meningkatkan Pendapatan Petani Padi di Desa Sindir Kecamatan Lenteng Kabupaten Sumenep. *Jurnal Cemara*, 19(2), 33-46.
- Yanti, S., Marlina, & Fikrinda. 2018. Pengendalian Penyakit Hawar Daun Bakteri pada Padi Sawah Menggunakan Fungi Mikoriza. *Jurnal Agroecotania*. 1 (2): 14-21.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Hasil Pengujian Organoleptik Warna dan Bau Asap Cair

Tabel Pengujian Warna Asap Cair

Pengujian Warna Asap Cair	
Warna Asap Cair	Perolehan Survey
Kekuningan	0
Kuning	3
Kuning kecoklatan	7
Coklat	0
Hitam	0

Tabel Pengujian Bau Asap Cair

Pengujian Bau Asap Cair	
Bau	Perolehan Survey
Tidak berbau	0
Kurang berbau	0
Kurang menyengat	0
Menyengat	0
Sangat menyengat	10

## LAMPIRAN

