



**PENGARUH ISOLAT *Fusarium* sp. DAN *Rhizopus* sp. PADA BERBAGAI  
TEKNIK INOKULASI TERHADAP PEMBENTUKAN  
KEMEDANGAN PADA TANAMAN GAHARU  
(*Gyrinops versteegii*)**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Ilham Roby Haryanto**  
**NIM 111510501139**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2016**



**PENGARUH ISOLAT *Fusarium* sp. DAN *Rhizopus* sp. PADA BERBAGAI  
TEKNIK INOKULASI TERHADAP PEMBENTUKAN  
KEMEDANGAN PADA TANAMAN GAHARU  
(*Gyrinops versteegii*)**

**SKRIPSI**

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan  
Program Sarjana pada Program Studi Agroteknologi (S1)  
Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh

**Ilham Roby Haryanto**

**NIM 111510501139**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**

### PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Tatik Waqiah Nur Aisyah dan Ayahanda Sugiantoro, kuhaturkan terimakasih tak terhingga atas segala pengorbanan, kasih sayang, serta do'a yang selalu dipanjatkan yang mungkin tidak dapat terbalaskan dengan apapun;
2. Kakakku Fifi Hayatun Nufus dan Firdaus, terima kasih atas bantuan dan dukungannya yang telah diberikan selama ini;
3. Semua Guru-guruku sejak Taman Kanak-kanak sampai dengan Perguruan Tinggi;
4. Pihak Koperasi Agrobisnis Tarutama Nusantara Jember Bapak Abdul Kahar Muzakir dan Bapak Iryono;
5. Teman-teman, sahabat serta saudara-saudariku seperjuangan;
6. Almamater Tercinta Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

**MOTTO**

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”*

(Q.S. Al-insyirah : 5-8)

*“Raihlah Ilmu. Dan untuk meraih ilmu belajarlah untuk tenang dan sabar”*

(Umar Bin Khatab)

*“Banyak hal yang bisa menjatuhkanmu. Tapi satu-satunya hal yang benar-benar dapat menjatuhkanmu adalah sikapmu sendiri”*

(R.A. Kartini)

*“Sesuatu akan terlihat tidak mungkin sampai semuanya selesai”*

(Nelson Mandela)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ilham Roby Haryanto

NIM : 111510501139

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: **“Pengaruh Isolat *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. Pada Berbagai Teknik Inokulasi Terhadap Pembentukan Kemedangan Pada Tanaman Gaharu (*Gyrinops versteegii*)”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakkan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 Desember 2016

Yang menyatakan

Ilham Roby Haryanto  
NIM. 111510501139

**SKRIPSI**

**PENGARUH ISOLAT *Fusarium* sp. DAN *Rhizopus* sp. PADA BERBAGAI  
TEKNIK INOKULASI TERHADAP PEMBENTUKAN  
KEMEDANGAN PADA TANAMAN GAHARU  
(*Gyrinops versteegii*)**

Oleh

**Ilham Roby Haryanto**  
**NIM 111510501139**

**Pembimbing:**

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP  
NIP. 196111101988021001

Pembimbing Anggota : Dr. Suhartiningsih Dwi N., SP., M.Sc.  
NIP. 197303252003122002

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “**Pengaruh Isolat *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. Pada Berbagai Teknik Inokulasi Terhadap Pembentukan Kemedangan Pada Tanaman Gaharu (*Gyrinops versteegii*)**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 06 Desember 2016

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP  
NIP. 196111101988021001

Dosen Penguji Utama,

Ir. Abdul Majid, MP  
NIP. 196709061992031004

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Suhartiningsih D.N. S.P., M.Sc.  
NIP. 197303252003122002

Dosen Penguji Anggota,

Dr. Ir. Josi Ali Arifandi, MS  
NIP. 195511131983031001

Mengesahkan

Dekan,

Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph. D.  
NIP. 196005061987021001

## RINGKASAN

**Pengaruh Isolat *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. Pada Berbagai Teknik Inokulasi Terhadap Pembentukan Kemedangan Pada Tanaman Gaharu (*Gyriopsis versteegii*);** Ilham Roby Haryanto; 111510501139; 2016: Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Tanaman gaharu memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi dan hampir semua bagian tanaman dapat dijadikan sebagai bahan baku produk. Gaharu dapat terbentuk secara alami dan buatan yang disebabkan karena adanya infeksi oleh penyakit atau gangguan secara fisik maupun kimia pada jaringan tanaman. Pembentukan gaharu selain faktor lingkungan juga dapat dipengaruhi oleh faktor jenis isolat dan teknik inokulasi. Jenis isolat yang sering digunakan adalah *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. baik dalam bentuk tunggal maupun campuran. Sementara itu, teknik inokulasi dengan teknik suntik merupakan cara yang sering digunakan untuk inokulasi.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh antara jenis isolat *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. dengan teknik inokulasi jamur pembentuk kemedangan tanaman penghasil gubal gaharu. Penelitian dibagi menjadi 2 kegiatan yaitu isolasi dan perbanyakan inokulum *Fusarium* dan *Rhizopus* di Laboratorium Penyakit Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Jember dan Inokulasi buatan di kebun gaharu yang berlokasi di Taman Botani Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember, Jawa Timur pada bulan November 2015 sampai bulan Mei 2016.

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari dua faktor, faktor pertama (A) adalah jenis inokulan pembentuk kemedangan gaharu yang terdiri dari tiga taraf, A1 = *Fusarium* sp. dalam media cair, A2 = *Rhizopus* sp. dalam media cair, A3 = Kombinasi *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. dalam media cair. Faktor kedua (B) adalah teknik inokulasi yang terdiri dari tiga taraf, B1 = Suntik (injeksi), B2 = Infus, B3 = Tusuk bambu sehingga diperoleh 9 kombinasi percobaan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 27 perlakuan. Variabel penelitian yang digunakan adalah warna jaringan terinfeksi (dalam skoring), luas jaringan terinfeksi (cm<sup>2</sup>), tingkat

aroma kemedangan (dalam skoring) dan analisis kadar atsiri. Data hasil pengamatan diolah menggunakan sidik ragam (ANOVA) dan apabila terjadi significant dilanjutkan dengan Uji DMRT pada taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jamur *Fusarium* sp. dengan teknik suntik dapat membentuk kemedangan gaharu yang paling tinggi berdasarkan variabel warna jaringan terinfeksi, luas jaringan terinfeksi dan tingkat aroma kemedangan gaharu.



## SUMMARY

**The Effect of Isolat *Fusarium* sp. and *Rhizopus* sp. in Inoculation Techniques to The Form of Kemendangan in Agarwood (*Gyrinops versteegii*);** Ilham Roby Haryanto; 111510501139; 2016: Agrotechnology Department, Faculty of Agriculture, Jember University.

Agarwood has a very high economic value and almost all part of the plant can be used as raw material products. Agarwood can be formed naturally and artificial caused by infection of a disease or disorder physically and chemically in the plant tissue. The formation of agarwood not only affected by the environmental factors but also affected by factor of isolates and inoculation technique. Isolates that frequently used are *Fusarium* sp. and *Rhizopus* sp. either in the single form or mixed. Meanwhile, inoculation technique with injection is a way that often used for inoculation.

This research aimed to distinguish the effect between *Fusarium* sp. and *Rhizopus* sp. and various fungus inoculation technique in producing clump agarwood. This research was divided into two activities, they were isolating and evolving inoculum *Fusarium* and *Rhizopus* in Pest and Plant Disease Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Jember and synthetic inoculation in Agarwood land that located in Botani Park, Sukorambi, Jember, East Java from November 2015 until May 2016.

This research was done by using factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) which consists of two factors, first factor (A) was a type of inoculant that composed of three level, A1 = *Fusarium* sp. in liquid media, A2 = *Rhizopus* sp. in liquid media, A3 = Isolat *Fusarium* sp. and *Rhizopus* sp. in liquid media. Second factor (B) was inoculation technique that composed of three level, B1 = Injection B2 = Infusion, B3 = Bamboo stick so there were 9 experiment combinations. Every treatment is repeated by three times, so it will be 27 treatment. The research variable used were color of infected cell (scoring), infected tissues quantity (cm<sup>2</sup>), and infected aroma (scoring) and aetheric level analysis. The data was processed using analysis of variance (ANOVA), when it is significant, it was continued with DMRT on confidence level 95%. The result

showed that fungus *Fusarium* sp. Combined with injection technique were able to form the highest clumb Agarwood, based on color of infected cell, infected tissues quantity, and level of aroma.



## PRAKATA

Puji syukur kehadiran ALLAH S.W.T. yang senantiasa melimpahkan rahmat dan maghfirah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah yang berjudul “Pengaruh Inokulan Campuran Jamur *Fusarium* Sp. dan *Rhizopus* Sp. dan Berbagai Teknik Inokulasi Terhadap Pembentukan Kemedangan Gaharu pada Tanaman *Gyneros versteegii* Di Jember”. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyusunan karya ilmiah tertulis ini, yaitu:

1. Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph. D. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Jember.
2. Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP dan Dr. Suhartiningsih Dwi Nurcahyanti, SP., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan arahan dan motivasi dalam penyusunan karya tulis ini.
3. Ir. Abdul Majid, MP dan Dr. Ir. Josi Ali Arifandi, MS. selaku Dosen Penguji Utama dan Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan evaluasi dan masukan demi kesempurnaan karya tulis ini.
4. Ir. Saifuddin Hasjim, MP. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah bersedia membimbing penulis selama kegiatan perkuliahan dari awal hingga akhir dan juga memberikan arahan serta motivasi pada penulis.
5. Ir. Sigit Prastowo, MP. selaku Ketua Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan.
6. Ir. Hari Purnomo, M.Si.,Ph.D.,DIC selaku ketua program studi Agroteknologi.
7. Ir. Paniman Ashna Mihardjo, MP yang juga bersedia memberikan arahan dan motivasi pada penulis.
8. Orang tua tercinta Ayah Sugiantoro dan Ibu Tatik Nur Aisyah yang selalu memberikan dukungan dan doa demi kelancaran penyusunan karya tulis ini.
9. Kakakku Fifi Hayatun Nufus dan Firdaus, Adekku Dimas dan Vika, Nenekku Siti Aisyah dan Kakekku Alm Asyari Anwar, Om Agus dan Tante Yusi, Om

Adiratno dan Tante Suci terima kasih karena sudah memberikan dukungan dan doa pada penulis.

10. Bapak Abdul Kahar Muzakir, Bapak Iryono, Bapak Edi dan Mas Nanda (Koppa TTN) serta seluruh karyawan Taman Botani Sukorambi Jember yang selalu mendampingi dan memberikan arahan serta fasilitas selama pelaksanaan penelitian.
11. Sahabatku Faishal Irfandi, Achmad Nidom F, Alan Yanuar, Beny Setiawan, Budi Rezky N, Fariz Agazali, Edy darmawan, wahyu F, Ngida, Mas Resa, Dea, Riza, Jamaludin dan Tio yang selalu membantu dan memberi masukan.
12. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Agroteknologi 2011 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga diharapkan adanya kritik dan saran untuk perbaikan selanjutnya. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 19 Desember 2016

**Penulis**

**DAFTAR ISI**

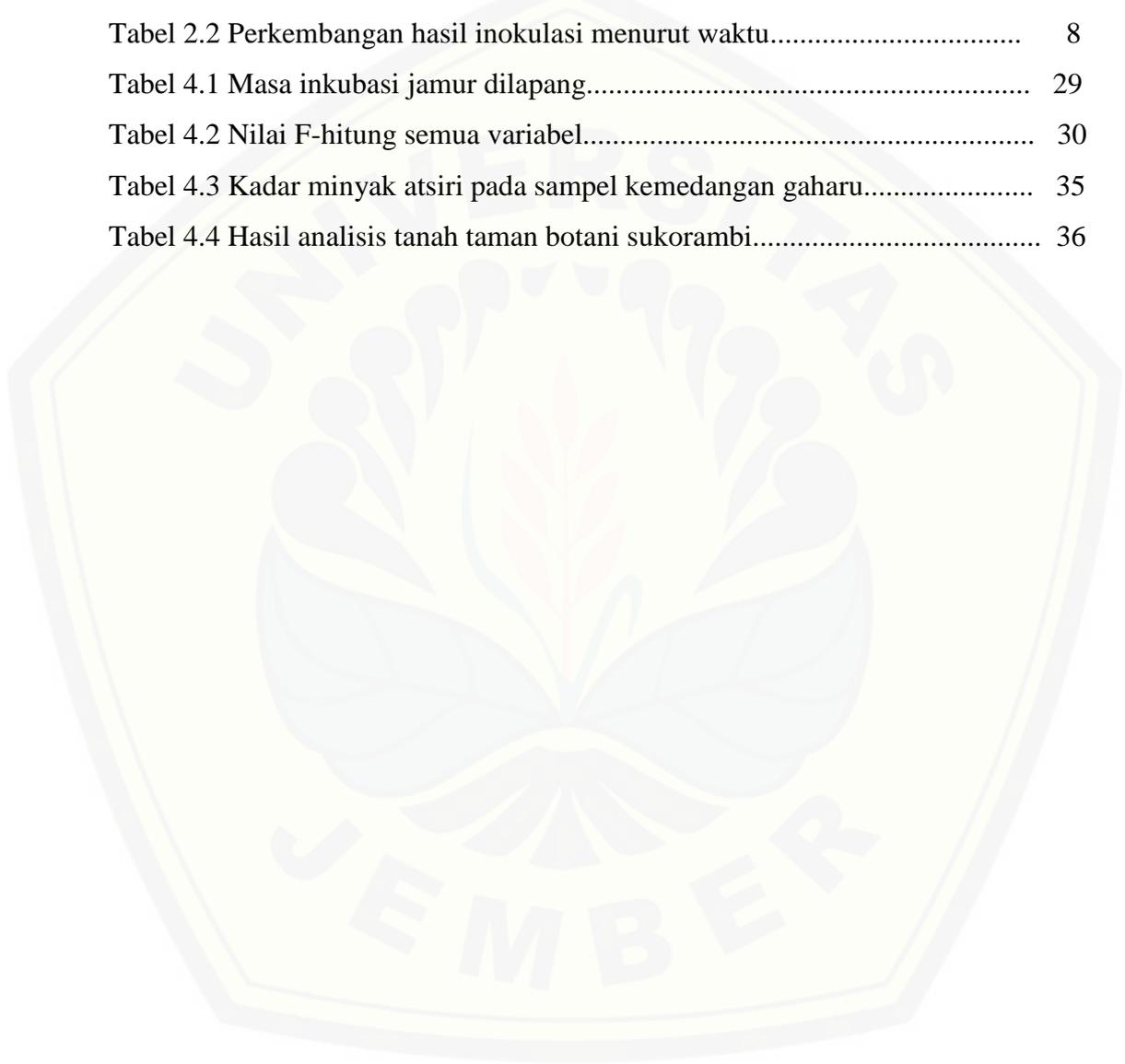
	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Rumusan masalah .....	4
1.3 Tujuan dan Manfaat .....	4
1.3.1 Tujuan Penelitian .....	4
1.3.2 Manfaat .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Tanaman Penghasil Gaharu .....	6
2.2 Jamur <i>Fusarium</i> sp .....	9
2.3 Jamur <i>Rhizopus</i> sp .....	11
2.4 Inokulan Campuran <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp .....	12
2.5 Teknik Inokulasi Gaharu .....	13
2.6 Mekanisme <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp. Terhadap Pembentukan Gubal Gaharu .....	15
2.7 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Gubal Gaharu .....	15

2.8 Hipotesis .....	17
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	18
3.2 Bahan dan Alat .....	18
3.3 Metode Penelitian .....	18
3.4 Persiapan Penelitian .....	19
3.4.1 Isolasi Jamur <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp. ....	19
3.4.2 Penyiapan Suspensi <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp. ....	20
3.4.3 Menghitung Kerapatan Spora	
<i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp. ....	20
3.4.4 Uji Kompatibilitas Jamur <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp. ....	21
3.4.5 Uji Patogenesitas Jamur <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp. ....	22
3.4.6 Perbanyakkan <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp.	
pada Media Cair Air Kelapa Muda .....	22
3.5 Pelaksanaan Penelitian .....	22
3.5.1 Inokulasi Jamur <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp.	
pada Tanaman <i>G. versteegii</i> .....	22
3.5.2 Masa Inkubasi Patogen Di Lapang .....	23
3.6 Variabel Pengamatan .....	23
3.6.1 Perubahan Warna Jaringan Terinfeksi (melalui skoring) .....	23
3.6.2 Luas Jaringan Terinfeksi (cm <sup>2</sup> ) .....	23
3.6.3 Tingkat Aroma (melalui skoring) .....	24
3.6.4 Analisis Senyawa Kandungan Resin .....	24
3.7 Analisis Data .....	24
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Hasil .....	25
4.1.1 Karakteristik <i>Fusarium</i> sp .....	25
4.1.2 Karakteristik <i>Rhizopus</i> sp .....	26
4.1.3 Kompatibilitas <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp .....	27
4.1.4 Patogenesitas <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp.	
Terhadap Bibit Gaharu .....	28

4.1.5 Masa Inkubasi <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp. Di Lapang .....	28
4.1.6 Warna Jaringan Terinfeksi .....	31
4.1.7 Luas Jaringan Terinfeksi .....	32
4.1.8 Tingkat Aroma Kemedangan Gaharu .....	33
4.1.9 Analisis Minyak Atsiri Kemedangan Gaharu .....	34
4.1.10 Faktor Lingkungan di Lahan Penelitian .....	35
4.2 Pembahasan .....	37
4.2.1 Karakteristik <i>Fusarium</i> sp .....	37
4.2.2 Karakteristik <i>Rhizopus</i> sp .....	38
4.2.3 Kompatibilitas <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp .....	39
4.2.4 Patogenesitas <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp. Terhadap Bibit Gaharu .....	39
4.2.5 Masa Inkubasi <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Rhizopus</i> sp. dilapang .....	41
4.2.6 Warna Jaringan Terinfeksi .....	43
4.2.7 Luas Jaringan Terinfeksi .....	44
4.2.8 Tingkat Aroma Kemedangan Gaharu .....	47
4.2.9 Analisis Minyak Atsiri Kemedangan Gaharu .....	48
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan .....	50
5.2 Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>56</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi mutu produk gaharu berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI).....	7
Tabel 2.2 Perkembangan hasil inokulasi menurut waktu.....	8
Tabel 4.1 Masa inkubasi jamur dilapang.....	29
Tabel 4.2 Nilai F-hitung semua variabel.....	30
Tabel 4.3 Kadar minyak atsiri pada sampel kemedangan gaharu.....	35
Tabel 4.4 Hasil analisis tanah taman botani sukorambi.....	36



**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 3.1 Media agar miring <i>Rhizopus</i> sp. dan <i>Fusarium</i> sp.....	20
Gambar 3.2 Kerapatan spora.....	21
Gambar 3.3 Rangkaian alat FSS.....	22
Gambar 4.1 Morfologi <i>Fusarium</i> sp.....	25
Gambar 4.2 Morfologi <i>Rhizopus</i> sp.....	26
Gambar 4.3 Uji kompatibilitas.....	27
Gambar 4.4 Gejala infeksi pada bibit gaharu.....	28
Gambar 4.5 Gejala penyakit pada batang gaharu.....	29
Gambar 4.6 Warna jaringan terinfeksi pada pembentukan kemedangan gaharu.....	31
Gambar 4.7 Luas jaringan terinfeksi pada pembentukan kemedangan gaharu.....	32
Gambar 4.8 Luas infeksi pada batang gaharu.....	32
Gambar 4.9 Teknik inokulasi terhadap aroma kemedangan gaharu.....	34
Gambar 4.10 Perkembangan suhu dan kelembapan udara saat penelitian.....	35
Gambar 4.11 Curah hujan kecamatan sukorambi .....	36

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 : Data Penelitian .....	57
Lampiran 2 : Dokumentasi Penelitian .....	60
Lampiran 3 : Curah Hujan Kecamatan Sukorambi Tahun 2000 sampai 2015 .....	67
Lampiran 4 : Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah .....	68
Lampiran 5 : Kuisisioner Uji Organoleptik Warna Jaringan dan Tingkat Aroma .....	69



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanaman Penghasil gaharu atau gubal gaharu (*agarwood, eaglewood*) merupakan tanaman yang mempunyai nilai ekonomi sangat tinggi dan hampir semua bagian pohon gaharu dapat dimanfaatkan untuk bahan baku produk. Menurut Setyaningrum dan Saporinto (2014), produk hasil olahan gaharu yang telah diperdagangkan antara lain sabun, teh daun gaharu, balsem, campuran jamu tradisional dan bahan mandi sauna atau aroma terapi. Kayu gaharu yang terinfeksi atau disebut gubal mempunyai nilai jual sangat tinggi, sementara gubal gaharu kualitas rendah dapat disuling untuk produksi minyak (parfum) dengan harga yang sangat menjanjikan. Oleh sebab itu, gaharu sangat efektif apabila dikembangkan untuk meningkatkan pendapatan masyarakat Indonesia.

Indonesia adalah salah satu produsen gaharu terbesar di dunia dan menjadi tempat tumbuh endemik beberapa spesies gaharu komersial dari marga *Aquilaria* sp. seperti *A. malaccensis*, *A. microcarpa*, *A. hirta*, *A. beccariana*, *A. filaria* dan *Gyrinops versteegii*. Menurut Burkill (dalam Murdan, 2008) perdagangan gaharu Indonesia sudah dikenal oleh pemerintah Hindia Belanda dan Portugis sejak 600 tahun lalu. Gaharu dari Indonesia banyak yang dikirim ke negara Cina, Taiwan dan Saudi Arabia.

Selama periode lima tahun (2006-2010), total ekspor gaharu Indonesia berkisar antara 170-573 ton dengan perkiraan perolehan devisa pada tahun 2006 sebesar 26.086.350 dolar dan meningkat menjadi 85.987.500 dolar tahun 2010. Total ekspor ini membuktikan bahwa pasar gaharu terus meningkat tetapi karena dieksploitasi secara berlebihan sehingga gaharu yang terbentuk secara alami berkurang dengan cepat (Iskandar dan Suhendra, 2012).

Gubal gaharu yang banyak diperdagangkan adalah gubal yang terbentuk secara alami, sehingga untuk mendapatkannya para pemburu menebang pohon gaharu yang tumbuh di hutan dan berakibat pada penurunan populasi. Beberapa tahun ke belakang sudah banyak para petani yang membudidayakan tanaman gaharu, tetapi proses pembentukan gubal secara alami membutuhkan waktu yang

lama dengan berbagai faktor pembatas seperti jenis jamur penginfeksi yang spesifik dalam menghasilkan gubal. Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknologi inokulasi buatan dengan jamur potensial yang dapat menginduksi pembentukan gubal yang lebih cepat (Susmianto dkk., 2014).

Menurut Oldfield dkk. (dalam Suhendra dkk., 2012) menyatakan bahwa, pembentukan gubal gaharu dihasilkan sebagai respon dari masuknya mikroba kedalam jaringan yang terluka. Luka pada tanaman berkayu dapat disebabkan secara alami karena adanya cabang dan dahan yang patah atau kulit terkelupas, maupun secara sengaja dengan pengeboran dan penggergajian. Masuknya mikroba kedalam jaringan tanaman dianggap sebagai benda asing sehingga sel tanaman akan menghasilkan suatu senyawa fitoaleksin yang berfungsi sebagai pertahanan terhadap penyakit atau patogen. Senyawa fitoaleksin tersebut dapat berupa resin berwarna coklat dan beraroma harum, serta menumpuk pada pembuluh *xylem* dan *floem* untuk mencegah meluasnya luka ke jaringan lain. Namun, apabila mikroba yang menginfeksi tanaman dapat mengalahkan sistem pertahanan tanaman maka gaharu tidak terbentuk dan bagian tanaman yang luka dapat membusuk (Shimada dkk. dalam Suhendra dkk., 2012).

Jamur atau inokulan berperan penting terhadap proses pembentukan gubal gaharu, terutama pada gaharu budidaya atau dengan sengaja diinokulasi jamur patogen untuk mempercepat pembentukan gubal. Jenis jamur yang dapat diaplikasikan sebagai inokulan terhadap tanaman penghasil gaharu yaitu jamur *Fusarium* sp. (Iskandar dan Suhendra, 2012). Jamur *Fusarium* sp. dianggap sangat merugikan karena dapat menginfeksi tumbuhan dan menghasilkan senyawa mikotoksin sebagai racun yang dapat menyebabkan tumbuhan mengalami layu patologis dan menyebabkan kematian (Ngittu dkk., 2014).

Menurut Mega dan Phabiola (dalam Mega, 2012) mengatakan bahwa spesies jamur *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. menyebabkan terjadinya pembentukan gubal gaharu pada tanaman *Gyneros versteegii*. Sedangkan menurut Mucharromah (dalam Gusmailina, 2010) menunjukkan *Fusarium cylindriscorpum* dan *Fusarium oxysporum* menyebabkan pembentukan gubal pada tanaman *Aquilaria malacensis*. Jamur *Rhizopus* sp. merupakan parasit

fakultatif dan pertumbuhan koloni dari jamur ini sangat cepat (Masniawati dkk., 2013).

Gubal gaharu adalah bagian dari pohon yang terinfeksi patogen, berwarna coklat kehitaman dan harum baunya bila dibakar. Santoso dkk. (dalam Suhendra dkk., 2012) menyatakan bahwa terbentuknya gaharu berkaitan dengan gejala patologis. Sedangkan menurut Burkill (dalam Suhendra dkk., 2012) gubal gaharu terbentuk sebagai reaksi pohon gaharu terhadap serangan patogen. Serangan patogen menyebabkan terbentuknya resin yang terdeposit pada jaringan kayu, akibatnya jaringan kayu mengeras, berwarna kehitaman dan berbau wangi.

Tanaman penghasil gaharu seperti tanaman lainnya yaitu sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor untuk tumbuh dan berkembang dengan baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman penghasil gaharu lebih banyak berasal dari alam seperti intensitas sinar matahari, kelembapan, curah hujan dan pH tanah (Setyaningrum dan Saparinto, 2014). Selain faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman gaharu, juga terdapat faktor yang berpengaruh terhadap pembentukan gubal gaharu seperti faktor patologis dan nonpatologis serta teknik inokulasi. Teknik inokulasi sendiri terdiri dari berbagai macam metode seperti metode suntik, metode infus dan metode stik bambu atau tusuk sate (Setyaningrum dan Saparinto, 2014).

Menurut Mega dkk., (2012), formulasi inokulan *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. dalam campuran media padat dan cair berpengaruh nyata terhadap pembentukan gubal gaharu berdasarkan variabel warna, tingkat keharuman dan kandungan senyawa resin gubal gaharu. Jenis isolat *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. sangat berpengaruh terhadap pembentukan gubal atau kemedangan gaharu. Keterkaitan antara kedua jenis jamur tersebut dengan teknik inokulasi masih belum pernah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh antara jenis isolat *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. dengan teknik inokulasi jamur pembentuk kemedangan tanaman penghasil gubal gaharu.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Apakah ada perbedaan pengaruh antara inokulan campuran *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. serta inokulan tunggal *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. terhadap pembentukan kemedangan gaharu ditinjau dari warna, tingkat keharuman, luas infeksi dan analisis kandungan senyawa resin kemedangan gaharu?
2. Apakah ada perbedaan pengaruh antara berbagai teknik inokulasi terhadap pembentukan kemedangan gaharu?
3. Apakah ada interaksi antara jenis isolat dan teknik inokulasi terhadap pembentukan kemedangan gaharu?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh inokulan campuran *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. serta inokulan tunggal *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. terhadap pembentukan kemedangan gaharu ditinjau dari warna, tingkat keharuman, luas infeksi dan analisis kandungan senyawa resin kemedangan gaharu.
2. Untuk mengetahui pengaruh teknik inokulasi terhadap pembentukan kemedangan gaharu.
3. Untuk mengetahui adanya interaksi antara jenis isolat dan teknik inokulasi terhadap pembentukan kemedangan gaharu.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Dapat digunakan sebagai bahan informasi mengenai inokulan campuran *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. serta inokulan tunggal *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. yang berpengaruh terhadap pembentukan kemedangan ditinjau dari warna, tingkat keharuman, luas infeksi dan analisis kandungan senyawa resin kemedangan gaharu.

2. Dapat digunakan sebagai sumber informasi dan pengetahuan dalam menerapkan teknik inokulasi jamur terhadap pembentukan kemedangan gaharu.
3. Dapat digunakan sebagai informasi mengenai jenis isolat dan teknik inokulasi yang dapat membentuk kemedangan gaharu.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Penghasil Gaharu

Gaharu merupakan komoditas hasil hutan bukan kayu (HHBK) yang bernilai ekonomi tinggi. Gaharu dikenal sebagai *agarwood* atau *eaglewood* yang mengandung damar wangi (*aromatic resin* dan *sesquiterpen*). Menurut Sidiyasa dan Suharti (dalam Suhendra dkk., 2012) ada beberapa jenis pohon gaharu yang berpotensi untuk memproduksi gubal dan sudah banyak dieksploitasi. Jenis pohon gaharu tersebut antara lain *Aquilaria* sp, *Aetoxylon sympetallum*, *Gyrinops*, dan *Gonsystylus* yang tersebar di Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, Nusa Tenggara, dan Papua. Pohon gaharu dapat tumbuh di dataran rendah hingga dataran tinggi dan hampir pada semua jenis tanah.

Secara fisik, gaharu merupakan jaringan dari pohon penghasil gaharu dengan kandungan resin *sesquiterpenoid volatile* beraroma harum yang khas dan tahan lama. Secara alami tidak semua pohon penghasil gaharu membentuk gaharu. Jumlah gaharu yang dihasilkan per pohon di hutan alam bervariasi dari 0,3 hingga 14 Kg dan umumnya semakin besar diameter pohon maka kandungan gaharu juga semakin meningkat. Faktor ini membuat harga jual gaharu alam menjadi mahal (Winarsih dkk., 2011).

Menurut Sutrisno (2011), perburuan gaharu alami dilakukan secara agresif dan tidak bijaksana. Pohon penghasil gaharu ditunjukkan dengan adanya lubang kecil yang disebut lubang semut. Pembentukan gaharu secara alami dimulai dengan terjadinya luka akibat patah cabang atau terlukanya batang. Luka ini mengakibatkan pohon terjangkit penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme diantaranya *Fusarium* sp. Penyakit menular pada bagian batang pohon yang ditandai dengan adanya bercak warna coklat kehitaman pada jaringan kayu terjadi karena infeksi jamur. Semakin luas bidang infeksi pada jaringan kayu, semakin banyak rendemen gaharu yang dihasilkan. Pembentukan gaharu secara alami, rendemennya sangat rendah yaitu sekitar 30% dan waktu terbentuknya gubal gaharu relatif lebih lama yaitu dapat mencapai sekitar 15 tahun (Mulyaningsih dalam Sutrisno, 2011).

Kegiatan budidaya pohon penghasil gaharu tidak terlepas dari penyediaan bibit yang berkualitas tinggi, perawatan seperti pemupukan dan pengendalian hama penyakit serta tahap inokulasi jamur pembentuk gubal gaharu. Sumarna (2012) menyatakan bahwa, sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang ditetapkan oleh Dewan Standardisasi Nasional (DSN), masing-masing kelompok produk gaharu masih dibagi menjadi beberapa kelas yaitu gubal gaharu, kemedangan dan abu.

Tabel 2.1 Klasifikasi mutu produk gaharu berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)

No	Klasifikasi dan kelas mutu	Warna	Kandungan damar wangi	Aroma
A	Gubal			
A1	Mutu Utama (U),	Hitam merata	Tinggi	Kuat
A2	Mutu Pertama (I),	Hitam cokelat	Cukup	Kuat
A3	Mutu Kedua (II),	Hitam cokelatan	Sedang	Agak kuat
B	Kemedangan			
B1	Mutu I, setara TG-A (Tanggung A)	Cokelat kehitaman	Tinggi	Agak kuat
B2	Mutu II, setara SB1	Cokelat bergaris hitam	Cukup	Agak kuat
B3	Mutu III, setara TAB (Tanggung AB)	Cokelat bergaris putih	Sedang	Agak kuat
B4	Mutu IV, setara TG-C (Tanggung C)	Cokelat bergaris putih tipis	Sedang	Agak kuat
B5	Mutu V, setara mutu M1(kemedangan 1)	Kecokelatan bergaris putih lebar	Kurang	Kurang kuat
B6	Mutu VI, setara mutu M2 (kemedangan 2)	Kecokelatan bergaris hitam tipis	Kurang	Kurang kuat
B7	Mutu VII, setara mutu M3 (kemedangan 3)	Putih keabuan	Kurang	Kurang kuat
C	Abu			
C1	Mutu Utama (U)	Hitam	Tinggi	Kuat
C2	Mutu pertama (I)	Cokelat	Tinggi	Kuat
C3	Mutu kedua (II)	Putih kecokelatan	Sedang	Sedang

Sumber : Sumarna (2012).

Menurut Tarigan (dalam Setyaningrum dan Saparinto, 2014) pengkelasan produk gaharu adalah syarat untuk penentuan kualitas dan harga jual. Kualitas gaharu dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu:

- a. Gubal adalah kayu yang berasal dari pohon atau bagian pohon penghasil gaharu, memiliki kandungan damar wangi dan aroma yang agak kuat, ditandai oleh warnanya yang hitam atau kehitaman berseling coklat.
- b. Kemedangan adalah kayu yang berasal dari pohon atau bagian pohon penghasil gaharu, memiliki kandungan damar wangi dengan aroma yang lemah, ditandai oleh warnanya yang putih ke abu-abuan sampai kecoklat-coklatan, berserat kasar dan kayunya yang lunak.
- c. Abu (bubuk) adalah serbuk kayu gaharu yang dihasilkan dari proses penggilingan atau penghancuran kayu gaharu sisa pembersihan atau pengerokan.

Kualitas gaharu alam ditentukan oleh kadar resin yang terkandung di dalamnya, semakin tinggi kadar resinnya maka semakin bagus kualitasnya. Seperti telah diketahui bahwa secara umum gaharu alam dikelompokkan dalam 3 grup yaitu gubal, kemedangan dan abu. Gubal gaharu terdiri dari kualitas double super, super A, super B, kacang teri A, kacang teri B dan sabah tenggelam. Kelompok kemedangan terdiri dari kemedangan kualitas A sampai dengan C, kualitas BC, kemedangan putih dan teri terapung. Kelompok abu merupakan campuran dari hasil pembersihan gaharu kualitas gubal dan kemedangan serta dibagi kedalam 4 kualitas yang meliputi abu gaharu super, abu gaharu kemedangan A, abu gaharu kemedangan dan Tanggung kualitas C (Mashur dkk. dalam Pasaribu dkk, 2013).

Tabel 2.2 Perkembangan hasil inokulasi menurut waktu

Umur setelah inokulasi	Kualitas
3 bulan	Kemedangan
6 bulan	Kemedangan B
9 bulan	Kemedangan A
1 tahun	Teri
2 tahun	Kacangan
3 tahun	Tanggung

Sumber : Setyaningrum dan Saparinto (2014).

Perkembangan keberhasilan teknik prospektif untuk mendukung pengembangan produksi gaharu telah banyak dibudidayakan. Kuantitas produksi gaharu budidaya sangat ditentukan oleh jumlah lubang atau luka yang diinokulasi. Kualitasnya tergantung pada lama inokulasi hingga panen, semakin lama inokulasi tentu akan banyak resin wangi yang terakumulasi sehingga kualitas gaharu yang dihasilkan semakin tinggi. Pengembangan gaharu hasil budidaya dan inokulasi dapat jauh lebih efisien dibandingkan dengan produksi gaharu bentukan alam atau alami (Setyaningrum dan Saparinto, 2014).

Gubal gaharu terakumulasi di jaringan yang terdapat pada xylem sekunder dan floem sekunder pada batang. Jaringan pengakumulasi akan terbentuk pada tanaman gaharu yang berumur 4 bulan. Penemuan ini mendasari inokulasi pada umur muda walaupun jaringan yang terbentuk masih sangat tipis. Gubal kulit merupakan bukti bahwa resin gaharu terdeposit pada jaringan floem. Anatomi kulit bagian dalam tersusun dari jaringan floem yang berfungsi sebagai transport hasil asimilat dari daun ke seluruh bagian tanaman. Jaringan ini merupakan tempat terakumulasinya resin gaharu (Rawana dalam Winarsih dkk., 2011).

Gaharu merupakan gumpalan resin wangi disebabkan oleh adanya serangan infeksi jamur penyakit yang membantu pembentukan gaharu. Resin wangi tersebut dihasilkan oleh jenis-jenis pohon penghasil gaharu dari keluarga *Thymeleaceae*. Terdapat 26 jenis pohon penghasil gaharu dari genera *Aquilaria*, *Gyrinops*, *Aetoxylon* dan *Wikstroemia*. Produk gaharu sudah dikenal sejak abad ke 3 yang digunakan sebagai bahan ritual keagamaan di china, bahan pengikat parfum, industri kosmetik, aroma terapi dan obat untuk kesehatan manusia. Produk hilir yang sekarang berkembang adalah sabun, sampo dan teh gaharu (Turjaman, 2004).

## **2.2 Jamur *Fusarium* sp.**

*Fusarium* sp. adalah patogen tular tanah yang termasuk *Hyphomycetes* (sub divisio *Deuteromycotina*). Jamur ini menghasilkan makrokonidia, mikrokonidia, dan klamidiospora. Sebagian besar dari genus ini merupakan jamur saprofit yang umumnya terdapat di dalam tanah dan juga ada yang bersifat parasit. *Fusarium* sp.

yang menyebabkan penyakit pembuluh dikelompokkan kedalam spesies *Fusarium oxysporum*. Jenis ini dibagi lagi menjadi forma-forma spesialis (f.s.p) yang menyesuaikan diri pada tumbuhan inang tertentu (Nugraheni, 2010).

Jamur *F. oxysporum* memiliki lebih dari 120 forma spesialis (f.sp.) (Agrios dalam Nugraheni, 2010). Patogen *F. oxysporum. capsici* (FOC) merupakan strain yang menyebabkan penyakit layu *Fusarium* pada cabai merah. Forma spesialis merupakan strain fisiologi yang tidak dapat dibedakan dari strain saprofit pada spesies yang sama tetapi menunjukkan ciri-ciri fisiologi yang berbeda dari segi kemampuannya untuk memparasit inang yang khusus (Booth dalam Nugraheni, 2010).

Jamur *F. oxysporum* adalah salah satu jenis patogen yang mematikan karena strain patogen dari jamur ini dapat dorman selama 30 tahun sebelum melanjutkan virulensi dan menginfeksi tanaman. Jamur *F. oxysporum* terkenal karena menyebabkan gejala layu *Fusarium* yang mematikan bagi tanaman. Pada saat tanaman menunjukkan tanda-tanda gejala penyakit dari infeksi patogen, maka untuk pengendaliannya sudah terlambat dan tanaman akan mati. Selain itu, *F. oxysporum* tidak diskriminatif karena dapat menyebabkan penyakit di hampir setiap tanaman pertanian penting (Mukarlina dkk, 2010).

Spesies *Fusarium* menghasilkan tiga macam spora yaitu mikrokonidia bersel tunggal, spora berbentuk bola yang panjangnya 6 - 15  $\mu\text{m}$  dan diameternya 3 - 5  $\mu\text{m}$ . Makrokonidia berbentuk sabit, mempunyai 3 - 5 septa, berdinding tipis dan rata-rata panjangnya 30 - 50  $\mu\text{m}$  dengan diameter 2 - 5  $\mu\text{m}$ . Klamidospora memiliki dinding halus berbentuk bola dan bersel tunggal yang dihasilkan pada miselium tua dengan diameter 10  $\mu\text{m}$ . Ketiga spora tersebut diproduksi didalam tanah atau pada tanaman yang terinfeksi. Sesudah tanaman yang terinfeksi mati, jamur dan spora-sporanya kembali kedalam tanah dan mereka bertahan dalam tanah atau menginfeksi tanaman inang lain (Lucas dkk. dalam Nugraheni, 2010).

Menurut Bushnell (dalam Ngittu dkk., 2014) jamur menghasilkan senyawa toksin yang disekresikan saat penetrasi jaringan inang untuk merubah fisiologi tanaman dan mengganggu permeabilitas dinding sel tanaman. Terganggunya

permeabilitas sel tanaman akibat ikatan toksin pada membran sel menyebabkan kerusakan struktur membran. Kebanyakan toksin merupakan senyawa sekunder berbobot molekul rendah yang dikeluarkan secara ekstraseluler oleh patogen (Prins dkk. dalam Ngittu dkk., 2014). Beberapa jenis toksin yang dihasilkan *Fusarium* spp. diantaranya *enniatin*, *fumonisin*, *sambutoksin* dan *trikotesen* (Kim dkk. dalam Ngittu dkk., 2014).

### 2.3 Jamur *Rhizopus* sp.

*Rhizopus* sp. adalah genus jamur benang yang termasuk filum *Zygomycota* ordo *Mucorales*. *Rhizopus* sp. mempunyai ciri khas yaitu memiliki hifa yang membentuk rhizoid untuk menempel ke substrat. Ciri lainnya adalah memiliki hifa coenositik, sehingga tidak bersepta atau bersekat. Miselium dari *Rhizopus* sp. yang juga disebut stolon menyebar diatas substratnya karena aktivitas dari hifa vegetatif. *Rhizopus* sp. bereproduksi secara aseksual dengan memproduksi banyak sporangiofor yang bertangkai. Sporangiofor ini tumbuh kearah atas dan mengandung ratusan spora. Sporangiofor dipisahkan dari hifa lainnya oleh sebuah dinding seperti septa (Dewi dkk., 2005).

*Rhizopus* sp. merupakan jamur yang banyak menghasilkan enzim amylase ekstraseluler dalam keadaan aerob. Enzim tersebut dihasilkan untuk memecah senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga dapat diserap oleh sel dan dapat digunakan untuk pertumbuhan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi aktivitas enzim yaitu substrat, nilai pH dan suhu. Adanya substrat tertentu di dalam medium produksi dapat memicu mikroorganisme untuk mengeluarkan metabolit selnya. Proses pemecahan pati menjadi gula reduksi disebut sebagai proses sakarifikasi. Gula reduksi dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal misalnya produksi etanol dan asam laktat (Pujoyuwono dkk. dalam Dewi dkk., 2005).

*Rhizopus oryzae* merupakan salah satu spesies dari jamur *Rhizopus* sp. Menurut Soetrisno (dalam Yuliani dkk., 2007) sifat-sifat jamur *R.oryzae* yaitu koloni berwarna putih berangsur-angsur menjadi abu-abu, stolon halus atau sedikit kasar dan tidak berwarna hingga kuning kecoklatan, sporangiofora tumbuh

dari stolon dan mengarah ke udara, baik tunggal atau dalam kelompok (hingga 5 sporangiofora), rhizoid tumbuh berlawanan dan terletak pada posisi yang sama dengan sporangiofora, sporangia globus atau sub globus dengan dinding berspinulosa (duri-duri pendek) yang berwarna coklat gelap sampai hitam bila telah masak, kolumela oval hingga bulat dengan dinding halus atau sedikit kasar, spora bulat berbentuk elips atau silinder. Suhu optimal untuk pertumbuhan jamur tersebut yaitu 35 °C, minimal 5-7 °C dan maksimal 44 °C. Berdasarkan asam laktat yang dihasilkan *R.oryzae* termasuk mikroba heterofermentatif.

## **2.4 Inokulan Campuran *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.**

Kegiatan yang dilakukan dalam budidaya tanaman penghasil gaharu meliputi tahap penyediaan bibit yang berkualitas, teknik penanaman yang baik, teknik pemeliharaan dan pemanenan yang baik. Kegiatan yang tidak kalah penting adalah inokulasi jamur pembentuk gaharu. Inokulan jamur yang tepat dapat menghasilkan gaharu yang berkualitas tinggi (Sari, 2013). Menurut Siran dalam Sari (2013), gaharu terbentuk melalui proses perubahan fisik dan kimia akibat infeksi oleh jamur. Tanaman gaharu mengeluarkan senyawa fitoaleksin yang merupakan metabolit sekunder dari tanaman dan digunakan untuk menghambat pertumbuhan jamur patogen. Senyawa fitoaleksin lama kelamaan terdeposit dalam jaringan *xylem* dan *floem* yang akhirnya menjadi gubal gaharu.

Menurut Mega dkk., (2012) perlakuan formulasi inokulan *Fusarium solani* dan *Rhizopus* sp. dalam bentuk media padat dan cair berpengaruh nyata terhadap tingkat aroma dan kandungan resin gaharu. Tingkat aroma tertinggi diperoleh pada kombinasi perlakuan *Rhizopus* sp. dan *Fusarium solani* dalam bentuk media padat dan cair sebesar 3,77 (kuat). Kandungan resin tertinggi diperoleh pada kombinasi perlakuan *Rhizopus* sp. dan *Fusarium solani* dalam bentuk media padat dan cair sebesar 7,69%.

## 2.5 Teknik Inokulasi Gaharu

Permintaan gaharu yang sangat tinggi menyebabkan terjadinya eksploitasi secara berlebihan terhadap gaharu yang tumbuh alami. Eksploitasi yang berlebihan tersebut kemudian menyebabkan penurunan gaharu yang tumbuh secara alami (Verina, 2013). Menurut Setyaningrum dan Saparinto (2014), transfer teknologi dan pengembangan masyarakat sekitar hutan diharapkan mampu mempertahankan kelestarian gaharu alam dan meningkatkan pendapatan masyarakat dengan induksi buatan melalui teknologi inokulasi. Teknologi inokulasi adalah memasukkan (induksi) patogen dengan sengaja ke dalam pohon gaharu. Pengembangan pengelolaan gaharu diharapkan mampu melindungi keragaman pohon penghasil gaharu yang ada di Indonesia dan untuk menjaga kesinambungan produksi

Rekayasa teknologi inokulasi yang berkembang saat ini untuk mempercepat pembentukan gubal gaharu yaitu:

### a. Teknik suntik

Teknik suntik dilakukan dengan cara membuat lubang pada pohon gaharu. Jarak lubang dari permukaan tanah 20 cm dan jarak antar lubang 10 cm. Batang di bor sedalam sepertiga diameter pohon dengan kemiringan ke arah atas 30<sup>0</sup>. Inokulan dimasukkan dengan cara melakukan penyuntikan pada batang yang sudah dilubangi dan kemudian di tutup dengan lilin malam agar air hujan tidak masuk kedalam batang. Air hujan bersifat masam yang menyebabkan kematian pada jamur jika lubang tidak di tutup (Setyaningrum dan Saparinto, 2014).

Menurut Vantompan dkk., (2015) inokulasi menggunakan metode injeksi atau suntik pada tanaman *Aquilaria malaccensis* menunjukkan perubahan warna dari putih menjadi coklat muda di daerah inokulasi dengan diameter infeksi secara horizontal 1 cm. Mert dan Turk (dalam Vantompan dkk., 2015) menyebutkan bahwa, pohon *A. malaccensis* merupakan tanaman yang sangat sensitif dengan tingkat respon yang sangat tinggi terhadap serangan patogen. Respon yang sangat tinggi tersebut kemudian menyebabkan tanaman mengeluarkan senyawa fitoaleksin berupa terpenoid.

## b. Teknik infus

Teknik infus dilakukan dengan pengukuran diameter pohon dan pembuatan titik lubang bor. Pembuatan titik lubang bor dimulai pada jarak 30 cm dari permukaan tanah dan jarak antar lubang bor 75 cm ke arah vertikal dengan sudut kemiringan  $30^{\circ}$ . Pipa berulir dimasukkan setelah pembuatan lubang selesai dan dihubungkan dengan selang plastik. Selang plastik yang sudah terhubung ke pipa kemudian dihubungkan juga pada tutup botol infus dengan posisi tutup botol berada dibawah tabung. Masuknya cairan inokulan ke dalam lubang diatur dengan memasang alat pengatur tekanan cairan seperti infus agar cairan dapat masuk secara perlahan (Setyaningrum dan Saparinto, 2014).

Menurut Vantompan dkk., (2015) inokulasi *Fusarium* sp. dengan metode infus pada tanaman *A. malaccensis* menunjukkan perubahan warna dari putih menjadi coklat kehitaman dan diameter infeksi secara horizontal 1,5 cm. Mert dan Turk (dalam Vantompan dkk., 2015) menyebutkan bahwa, infeksi yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. mengakibatkan terganggunya sel jaringan pohon *A. Malaccensis* dan mengakibatkan pohon mengeluarkan senyawa antibodi berupa fitoaleksin yang digunakan untuk melawan infeksi jamur.

## c. Teknik tusuk bambu

Teknik tusuk bambu atau tusuk sate merupakan metode yang paling mudah dilaksanakan karena prosesnya yang lebih sederhana. Teknik ini juga sama dengan teknik lainnya yaitu mengukur diameter batang dan membuat titik pengeboran terlebih dahulu. Jarak antar lubang sekitar 10 – 15 cm dengan sudut kemiringan  $30^{\circ}$ . Lubang di bor dengan menggunakan mata bor ukuran 3 mm sedalam setengah diameter batang. Tusuk bambu yang telah mengandung inokulan dimasukkan ke dalam lubang setelah pengeboran selesai. Sisa bambu dapat dipotong rata dengan kulit pohon dan dipakai pada lubang yang lain (Setyaningrum dan Saparinto, 2014).

## **2.6 Mekanisme *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. Terhadap Pembentukan Gubal Gaharu**

Gaharu terbentuk melalui proses infeksi penyakit yang spesifik dikenal dengan patogenesis. Patogenesis tumbuhan adalah pertarungan antara inang (pohon gaharu) dengan patogen yang kompatibel dimana hasilnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta konstitusi genetik pohon (Agrios dalam Santoso dan Maman, 2013). Santoso dkk. (dalam Suhendra dkk., 2012) menyatakan bahwa terbentuknya gaharu berkaitan dengan gejala patologis.

Menurut Burkill (dalam Suhendra dkk., 2012) gubal gaharu terbentuk sebagai reaksi pohon gaharu terhadap serangan patogen. Serangan patogen menyebabkan terbentuknya resin yang terdeposit pada jaringan kayu, akibatnya jaringan kayu mengeras, berwarna kehitaman dan berbau wangi. Hasan dalam Isnaini (2004), proses pembentukan gaharu yang dikenal masyarakat dengan melukai pohon dan membiarkannya terbuka. Luka yang terbuka tersebut memberikan peluang bagi patogen yang ada di alam untuk menginfeksi pohon gaharu.

Menurut Santoso (dalam Isnaini, 2004) cara konvensional hanya memberikan sedikit peluang untuk menghasilkan gubal gaharu karena hanya mengandalkan faktor keberuntungan dan pembentukan yang sangat lama. Parman (dalam Putri, 2016) menyatakan bahwa untuk mempercepat proses pembentukan gaharu diperlukan suatu mekanisme infeksi buatan melalui inokulasi menggunakan patogen.

## **2.7 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Gubal Gaharu**

Proses pembentukan gaharu membutuhkan waktu yang panjang. Penyebab terbentuknya gaharu dibedakan atas faktor patologi dan faktor nonpatologi. Faktor patologi merupakan respon pohon penghasil gaharu terhadap infeksi patogen yang menghasilkan resin. Tanaman yang terluka pada batang, cabang atau rantingnya dapat menimbulkan infeksi sehingga tanaman akan mengeluarkan resin untuk menolak patogen tersebut (Setyaningrum dan Saparinto, 2014).

Menurut Setyaningrum dan Saparinto (2014), gaharu juga dapat terbentuk melalui faktor nonpatologis. Artinya, terbentuknya gaharu hanya terjadi sebagai respon pertahanan pohon terhadap pelukaan yang terjadi. Pelukaan yang dapat menimbulkan pembentukan gaharu merupakan pelukaan yang dalam hingga sampai ke jaringan *xylem*. Luka tersebut dibiarkan terbuka sehingga udara dapat masuk dan dapat menghalangi penyembuhan. Ada beberapa dugaan penyebab terjadinya proses pembentukan gaharu yaitu:

a. Pelukaan

Pelukaan yang terjadi pada pohon penghasil gaharu dapat memunculkan deposisi resin gaharu pada sel-sel jaringan kambium vascular di sekitar pelukaan. Proses pelukaan yang tidak dalam, membuat pembentukan gaharu tidak berlangsung lama. Akibatnya, gaharu yang terbentuk juga berukuran kecil dan tidak dalam.

b. Infeksi jamur

Jamur penghasil gaharu akan lebih mudah menginduksi pada jaringan pohon bila terdapat pelukaan. Namun, tidak semua jamur yang menginfeksi pohon gaharu akan menghasilkan resin gaharu. Kondisi tersebut terjadi karena banyak ditemukan yang berasosiasi dengan kayu log batang tanaman yang sudah mati umumnya berasal dari jamur saproba yang menguraikan kayu serta ditemukan juga jenis jamur sebagai penghambat pembentukan gaharu.

c. Degradasi oleh enzim patogen

Muncul dugaan peran enzim yang dihasilkan oleh patogen tertentu yang menyebabkan terpicunya sintesis resin gaharu. Enzim hasil dari kultur jaringan tersebut dapat diinduksi pada tanaman penghasil gaharu. Hingga saat ini masih belum ada laporan yang menyatakan jenis enzim, jenis patogen dan jenis media tumbuh yang dapat mendukung produksi enzim tersebut.

d. Degradasi oleh senyawa kimia

Pemberian senyawa kimia setelah pelukaan telah dilaporkan dapat menghasilkan gaharu. Hingga saat ini juga masih belum diketahui jenis senyawa kimia yang mampu menginduksi untuk menghasilkan gaharu dari proses degradasi.

e. Respon ketahanan terhadap infeksi patogen

Adanya interaksi tanaman inang dan patogen dalam induksi gaharu telah mampu menghasilkan sintesis resin gaharu. Selanjutnya, terjadinya proses deposisi dan akumulasi pada sel primordial jaringan kambium vaskular di batang atau cabang sekitar bagian yang terluka dan terinfeksi jenis patogen yang sesuai. Terdapat faktor lain yang mempengaruhi pembentukan gubal gaharu. Seperti faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman penghasil gaharu. Faktor tersebut seperti intensitas sinar matahari, suhu udara, kelembapan, curah hujan dan pH tanah (Setyaningrum dan Saporinto, 2014).

## 2.8 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu:

1. Inokulan campuran *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. memberikan pengaruh yang efektif terhadap pembentukan kemedangan gaharu.
2. Teknik inokulasi suntik memberikan pengaruh yang efektif terhadap pembentukan kemedangan gaharu.
3. Kombinasi *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. dengan teknik suntik merupakan perlakuan yang efektif terhadap pembentukan kemedangan gaharu.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dibagi menjadi 2 kegiatan yaitu isolasi dan perbanyakan inokulum *Fusarium* dan *Rhizopus* di Laboratorium Penyakit Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Jember dan Inokulasi buatan di kebun gaharu yang berlokasi di Taman Botani Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember, Jawa Timur pada bulan November 2015 sampai bulan Mei 2016.

### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah biakan atau isolat jamur *Fusarium* sp. diisolasi dari tanaman pisang dan *Rhizopus* sp. diisolasi dari buah durian yang terserang penyakit di lapang, Media *Potato Dextrosa Agar* (PDA), air kelapa muda, aquades, larutan tween 80 0.05%, klorok, alkohol 75%, asam laktat, dan tanaman penghasil gaharu umur 3 tahun yang memiliki diameter batang 3-8 cm.

Alat yang digunakan untuk melaksanakan penelitian ini adalah LAF (*Laminar Air Flow*), mikroskop, objek glass, cover glass, mikropipet, vortex, hemasitometer, hand counter, *autoclave*, cawan petri, tabung reaksi, erlenmeyer 250 ml, beaker glass, glasswool, jarum ose, aerator, selang aquarium, penggaris, kapas, tisu, alat inokulasi (bor, jarum suntik, botol infus dan tusuk bambu), kamera digital dan petunjuk kunci identifikasi jamur *Fusarium* dan *Rhizopus*.

### 3.3 Metode Penelitian

#### 3.3.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari dua faktor, faktor pertama (A) adalah jenis inokulan pembentuk kemedangan gaharu yang terdiri dari tiga taraf dan faktor kedua (B) adalah teknik inokulasi yang terdiri dari tiga taraf, sehingga diperoleh 9 kombinasi percobaan atau plot percobaan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 27 perlakuan. Prosedur penelitian yang dilakukan adalah Eksplorasi

jamur *Fusarium* sp. dari tanaman pisang yang terkena gejala layu *Fusarium* dilapang dan *Rhizopus* sp. dari buah durian yang terserang penyakit dilapang. Isolasi jamur *Fusarium* dan *Rhizopus* menggunakan media PDA, Pemurnian sampai tumbuh koloni tunggal *Fusarium* dan *Rhizopus*, Perbanyak isolat dengan metode FSS, Inokulasi isolat dalam media cair pada tanaman penghasil gaharu dengan dosis 1 ml/lubang.

Faktor I : Jenis inokulan pembentuk kemedangan gaharu

Taraf : A1 = Isolat *Fusarium* sp.

A2 = Isolat *Rhizopus* sp.

A3 = Isolat *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.

Faktor II : Teknik inokulasi cendawan

Taraf : B1 = Suntik (injeksi),

B2 = Infus,

B3 = Tusuk bambu.

### 3.4 Persiapan Penelitian

#### 3.4.1 Isolasi Jamur *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.

Tahap persiapan dilakukan dengan cara mengambil sampel tanaman pisang yang terkena gejala layu *Fusarium* dilapang dan *Rhizopus* sp. dari buah durian yang terserang penyakit dilapang. Kemudian dilakukan isolasi dengan cara memotong bagian yang terkena gejala *Fusarium* dan sehat dengan ukuran 1x1 cm. Setelah itu sampel dibilas menggunakan aquades dan klorox 30% lalu dikeringkan menggunakan tisu, kemudian sampel dibiakkan pada cawan Petri yang berisi media PDA. Isolasi *Rhizopus* sp. dilakukan dengan cara mengambil bagian buah durian yang terinfeksi kemudian dibersihkan menggunakan aquades steril dan klorox 30% lalu dikeringkan menggunakan tisu, kemudian sampel dibiakkan dalam media PDA. Kedua jamur ini kemudian diinkubasi pada suhu 25<sup>0</sup>C dengan posisi Petridis terbalik selama 7 hari.

Setelah koloni tumbuh, diambil satu koloni spora dan direisolasi lagi pada media PDA dan diinkubasi selama 7 hari serta diamati bentuk morfologi koloni. Biakan murni dibuat terlebih dahulu dengan mengambil cuplikan koloni jamur

secara acak yang tumbuh pada media PDA dengan jarum ose, kemudian diisolasi pada media agar miring dan diinkubasi selama 4-5 hari untuk memperoleh biakan murni (Ngittu dkk., 2014). Setelah didapatkan biakan murni pada media agar miring, dilakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop untuk melihat beberapa karakter yang menunjukkan ciri khusus genus jamur *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.

#### 3.4.2 Penyiapan Suspensi *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.

Mengambil biakan isolat pada agar miring dan membuat suspensi *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. dengan menuangkan 10 ml aquades steril ke dalam biakan agar miring lalu di vortex hingga homogen agar miselia larut dalam air. Miselia yang masih menempel pada media PDA dipanen dengan menggunakan jarum ose steril dan di vortex lagi sampai homogen (Fauzi dkk., 2009).



Gambar 3.1 Media agar miring; (A) *Rhizopus* sp.; (B) *Fusarium* sp.

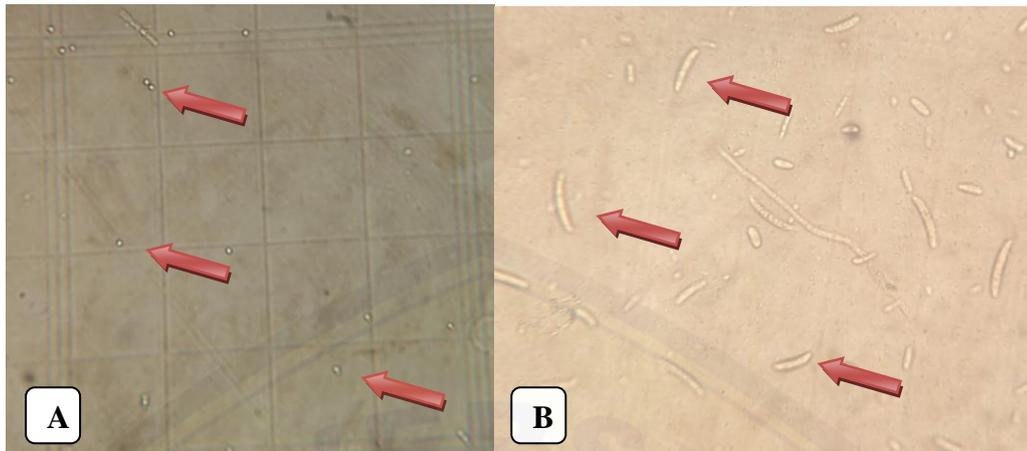
#### 3.4.3 Menghitung Kerapatan Spora *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.

Penghitungan kerapatan spora pada penelitian ini menggunakan standar dari penelitian Iskandar dan Suhendra (2012) yaitu  $10^6$  spora/ml. kerapatan spora ini dihitung dengan menggunakan alat Hemacytometer Naubauer, kemudian hasil yang diperoleh dihitung dengan menggunakan rumus dari Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP) Surabaya (2014) yaitu:

$$S = \frac{X}{L \times t \times d} \times 10^3$$

Keterangan:

- S = kerapatan spora per ml larutan
- X = rerata jumlah konidia pada kotak a,b,c,d,e
- L = luas kotak hitung ( $0,04 \times 5 = 0,2 \text{ mm}^2$ )
- t = kedalaman bidang hitung (0,1 mm)
- d = faktor pengenceran
- $10^3$  = volume suspensi yang dihitung ( $1\text{ml}=10^3 \text{ mm}^3$ )



Gambar 3.2 (A) Kerapatan spora *Rhizopus* sp.; (B) Kerapatan konidia *Fusarium* sp. dengan perbesaran 400x

#### 3.4.4 Uji Kompatibilitas Jamur *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.

Uji kompatibilitas dilakukan dengan menumbuhkan jamur *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. secara bersama dalam satu petridish dan diukur diameternya. Selain itu, juga dilakukan isolasi dengan menumbuhkan jamur *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. secara tunggal dalam petridish yang berisi media PDA. Diameter jamur diukur menggunakan software scion image seperti pada penelitian Setiawan (2016). Indeks kompatibel (IK) sendiri dihitung menggunakan rumus yang diadopsi dan dimodifikasi dari Hamilton dan Attia (dalam Hanudin dkk., 2012).

$$IK = \frac{\text{Pertumbuhan Mikroorganisme Tunggal}}{\text{Pertumbuhan Mikroorganisme Gabungan}}$$

Keterangan:

$IK \leq 1$  = Campuran mikroorganisme tersebut kompatibel,

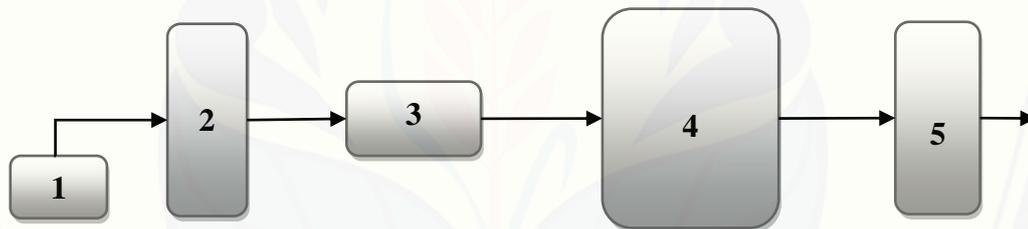
$IK \geq 1$  = Campuran mikroorganisme tersebut tidak kompatibel.

#### 3.4.5 Uji Patogenesitas Jamur *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.

Pengujian patogenesitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan jamur dalam menginfeksi bibit *G. versteegii* berumur 3 tahun yang memiliki tinggi rata-rata 70 cm dan ditanam pada polibag. Suspensi spora yang digunakan untuk uji patogenesitas setiap jamur adalah 1 ml dengan kerapatan  $10^6$  spora/ml. Inokulasi dilakukan dengan cara mengoleskan suspensi spora *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. pada batang bibit *G. versteegii* (Salamiah dkk., 2008).

#### 3.4.6 Perbanyak *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. pada Media Cair Air Kelapa Muda

Mengambil 50 ml suspensi hifa *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. lalu dicampurkan pada 500 ml air kelapa muda dalam erlenmeyer berukuran 1000 ml. Suspensi hifa *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. yang telah dicampur kemudian dipindahkan pada botol steril berukuran 1000 ml. Perbanyak menggunakan Fermentor Sangat Sederhana bisa dilakukan dengan menyiapkan aerator yang berfungsi sebagai penghasil udara, larutan  $\text{KmnO}_4$  yang berfungsi sebagai sterilisasi udara, glasswool yang berfungsi sebagai penyaring udara, suspensi hifa *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. sebagai media yang diperbanyak serta aquades steril sebagai pendeteksi adanya kontaminasi. Teknik perbanyak menggunakan FSS dilakukan selama 7 hari dan disimpan pada suhu  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Iskandar dan Suhendra, 2012).



Gambar 3.3 Rangkaian alat FSS; (1) Aerator sebagai penghasil gelembung udara; (2) Larutan  $\text{KmnO}_4$  sebagai sterilisasi udara; (3) Glass woll sebagai penyaring udara; (4) Media perbanyak *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.; (5) Kontrol sebagai deteksi dini kemungkinan kontaminasi (aquadest)

### 3.5 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.5.1 Inokulasi Jamur *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. pada Tanaman *G. versteegii*

Inokulasi jamur *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. pada *G. versteegii* penghasil gubal gaharu dilakukan pada tanaman berumur 3 tahun yang memiliki diameter batang 3-8 cm. Batang tanaman di bor dengan kedalaman  $\frac{1}{3}$  (2-3 cm) dari diameter pohon, pelubangan paling bawah dilakukan dengan tinggi lebih dari 20 cm dari permukaan tanah, dalam 1 pohon terdapat 3 ulangan, dimana dalam setiap ulangan terdapat 5 lubang yang dijadikan sampel sehingga dalam satu tanaman terdapat 15 lubang inokulasi. Lubang dalam satu ulangan berjarak 5 cm dan antar

ulangan berjarak 10 cm dengan arah melingkar serta sudut kemiringan pengeboran  $30^{\circ}$ . Pengamatan dilakukan satu kali pada akhir inokulasi yaitu setelah 3 bulan inokulasi (90 hsi). Variabel pengamatan meliputi warna jaringan terinfeksi (melalui skoring), luas jaringan terinfeksi ( $\text{cm}^2$ ), tingkat aroma jaringan terinfeksi (melalui skoring) dan analisis minyak atsiri kemedangan (Suhendra dkk., 2012).

### 3.5.2 Masa Inkubasi Patogen Di lapang

Inkubasi dihitung mulai awal inokulum diaplikasikan pada tanaman gaharu sampai tanaman menunjukkan gejala terserang oleh patogen *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. (Harmaningrum, 2015).

## 3.6 Variabel Pengamatan

### 3.6.1 Perubahan Warna Jaringan Terinfeksi (Melalui skoring)

Pengamatan perubahan warna dilakukan sebanyak satu kali yaitu pada 90 hari setelah inokulasi (hsi). Tingkat perubahan warna kayu ditetapkan berdasarkan sistem skor 0 = Putih, 1 = Putih kecokelatan, 2 = Cokelat, 3 = Cokelat kehitaman. Pengamatan perubahan warna dilakukan dengan cara kulit batang di sekitar lubang bor dikupas, kemudian bagian yang mengalami perubahan warna diambil sebagai sampel yang akan di uji secara organoleptik. Uji organoleptik dinyatakan dengan rerata skor dari lima responden (Rahayu dkk. dalam Winarsih dkk., 2011).

### 3.6.2 Luas Jaringan Terinfeksi ( $\text{cm}^2$ )

Pengukuran luas infeksi dilakukan pada 90 hari setelah inokulasi di sekitar titik pengeboran. Batang di sekitar titik bor dikupas kulitnya lalu diukur luas infeksi menggunakan kertas kalkir. Data pengukuran luasan menggunakan kertas kalkir kemudian dikonversi pada millimeter blok untuk mengetahui luas dengan nilai satuan centimeter persegi ( $\text{cm}^2$ ) (Rahayu dkk. dalam Winarsih dkk., 2011).

### 3.6.3 Tingkat Aroma Jaringan Terinfeksi (Melalui skoring)

Pengamatan aroma dilakukan sebanyak satu kali yaitu pada 90 hari setelah inokulasi (hsi). Sampel yang telah diambil kemudian dibakar untuk mengetahui aroma dari kemedangan gaharu. Tingkat aroma ditetapkan melalui uji organoleptik yang dinyatakan dari rerata skor lima responden. Skor 0 = Tidak beraroma gaharu, 1 = Aroma gaharu tipis, 2 = Aroma sama dengan standart gaharu, 3 = Aroma lebih tajam dari standart gaharu, 4 = Aroma sangat tajam dari standart gaharu (Rahayu dkk. dalam Winarsih dkk., 2011).

### 3.6.4 Analisis Senyawa Kandungan Resin

Analisa minyak atsiri dilakukan pada 90 hsi. Analisis dilakukan dengan mengambil sampel kayu dari setiap plot kemudian dicacah untuk memudahkan proses penggilingan menjadi serbuk. Serbuk gaharu digiling hingga diperoleh serbuk berukuran 40-60 mesh. Sebanyak 40 g serbuk gaharu yang telah dihaluskan kemudian diekstraksi menggunakan metanol sebanyak 500 ml.

Ekstraksi dilakukan selama 3 jam atau hingga ekstrak di tabung *soxhlet* sudah tidak berwarna, setelah itu dipanaskan dengan bantuan pemanas air pada suhu  $\pm 100$  °C. Hasil ekstraksi di diamkan selama satu jam sampai pekat dan ditimbang untuk mengetahui rendemen atsiri. Ekstrak pekat yang diperoleh merupakan atsiri gaharu yang berwarna coklat. Rendemen dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$(\%) \text{ Rendemen atsiri} = \frac{A}{B} \times 100 \%$$

Keterangan:

A = berat minyak hasil ekstraksi

B = berat serbuk gaharu sebelum diekstraksi (Verina, 2013).

## 3.7 Analisis Data

Data hasil pengamatan diolah menggunakan sidik ragam (ANOVA) untuk mengetahui adanya pengaruh jenis inokulan *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. serta teknik inokulasi terhadap pembentukan kemedangan gaharu. Apabila terjadi significant dilanjutkan dengan Uji Duncan (taraf 5%).

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. *Fusarium* sp. merupakan inokulan terbaik dalam membentuk kemedangan gaharu pada tanaman *Gyrinops verteegii*.
2. Inokulasi suntik merupakan teknik terbaik dalam membentuk kemedangan gaharu pada tanaman *Gyrinops verteegii*.
3. *Fusarium* sp. dengan teknik suntik merupakan kombinasi terbaik dalam membentuk kemedangan gaharu berdasarkan parameter luas jaringan terinfeksi.

### 5.2 Saran

Diharapkan pada peneliti selanjutnya bisa mengembangkan lagi penelitian tentang tanaman gaharu dengan menggunakan koleksi dari jamur *Fusarium* sp. yang telah ditemukan supaya dapat memberikan pengetahuan pada petani gaharu dalam menginduksi dan mempercepat pembentukan gubal maupun kemedangan pada tanaman gaharu.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Asnawati, K. 2008. Inkorporasi Kromium pada Media Kedelai yang Difermentasikan dengan *Rhizopus* sp. *Skripsi*. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor.
- Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan Surabaya. 2014. *Metode Perhitungan Jumlah Spora Cendawan*. Intruksi Kerja. Edisi 6 Februari 2014.
- Carolina, S.D.A. 2012. Pengaruh Kombinasi Berbagai Media Tanam dengan Inokulum Cendawan *Acremonium* sp. dan *Fusarium* sp. Terhadap Kualitas Gaharu Pada *Aquilaria crassna*. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Dewi, C., P. Tjahjadi dan P. Artini. 2005. Produksi Gula Reduksi oleh *Rhizopus oryzae* dari Substrat Bekatul. *Bioteknologi*. 2(1): 21 - 26.
- Dinas Pertanian. 2015. *Keadaan Curah Hujan Kabupaten Jember*. Jember.
- Fauzi, M.T., Murdan dan M. Irwan. 2009. Potensi Jamur *Fusarium* sp. Sebagai Agen Pengendali Hayati Gulma Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Mataram.
- Gusmailina. 2010. Peningkatan Mutu Pada Gaharu Kualitas Rendah. *Penelitian Hasil Hutan*. 28(3): 291 - 303.
- Hanudin., B. Marwoto., Hersanti dan A. Muharam. 2012. Kompatibilitas *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Trichoderma harzianum* untuk Mengendalikan *Ralstonia solanacearum* pada Tanaman Kentang. *Hort*. 22(2): 173 - 180.
- Harmaningrum, N.W. 2015. Peningkatan Potensi Agen Hayati untuk Mengendalikan Penyebab Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum* sp.) pada Tanaman Cabe Jawa (*Piper retrofractum* Vahl.) Melalui Penambahan Bahan Organik. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Jember
- Isnaini, Y. 2004. Induksi Produksi Gubal Gaharu Melalui Inokulasi Cendawan dan Aplikasi Faktor Abiotik. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Iskandar, D dan A. Suhendra. 2012. Uji Inokulasi *Fusarium* sp. untuk Produksi Gaharu pada Budidaya *A. Beccariana*. *Sains dan Teknologi Indonesia*. 14(3): 182 - 188.

- Karyantara, I.D. 2009. Pengaruh Beberapa Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Gaharu (*Aquilaria Beccariana* Van Tiegh.). *Skripsi*. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Khaterine dan R.S. Kasiamdari. 2015. Identifikasi Dan Uji Patogenitas *Fusarium* Spp. Penyebab Penyakit Busuk Pucuk Pada Anggrek Bulan (*Phalaenopsis* Sp.). *Prosiding Seminar*.
- Murdan. 2008. Inventarisasi Dan Deskripsi Jamur Yang Berasosiasi Dengan Akar Tanaman Gaharu Terinfeksi Busuk Akar Di Pusat Pengembangan Gaharu Senaru. *Prosiding Seminar*.
- Mukarlina., H. Siti dan R. Reny. 2010. Uji Antagonis *Trichoderma harzianum* Terhadap *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum*) Secara In Vitro. *Fitomedika*. 7(2): 80 - 85.
- Maryani, D. 2011. Karakteristik Usaha Gaharu Alam (*Aquilaria Malaccensis*) Di Provinsi Bengkulu. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Mega, I.M., D.K. Suanda., D.N. Kasniari., W. Suen dan M.A.O. Parwata. 2012. Formulasi Inokulan Jamur Pembentuk Gubal Gaharu Pada Tanaman Ketimun (*Gyrinops Versteegii*). *Agrotrop*. 2(2): 139 - 144.
- Melysa., N. Fajrin., Suharjo dan M.E. Dwiastuti. 2013. Potensi *Trichoderma* Sp. Sebagai Agen Pengendali *Fusarium* Sp. Patogen Tanaman *Strawberry* (*Fragaria* Sp.). *Biotropika*. 1(4): 117 - 181.
- Masniawati, A., K. Tutik., B.G. Risco dan R. Risnawaty. 2013. Identifikasi Cendawan Terbawa pada Benih Padi Lokal Aromatik Pulu Mandoti, Pulu Pinjan dan Pare Lambau asal Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan. 1(1): 51 - 59.
- Nugraheni, E.S. 2010. Karakterisasi Biologi Isolat-Isolat *Fusarium* Sp Pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum Annuum* L.) Asal Boyolali. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Nurrohmah, S.H dan N. Hidayati. 2014. Uji Inkompatibilitas Somatik Dan Pertumbuhan Jamur *Ganoderma* Dari Kebun Benih Generasi Pertama *Acacia Auriculiformis* di Wonogiri, Jawa Tengah. *Pemuliaan Tanaman Hutan*. 8(1): 14 - 29.
- Ngittu, Y.S., R.M. Feky., E.T. Trina dan E.F.K. Febby. 2014. Identifikasi Genus Jamur *Fusarium* yang Menginfeksi Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) di Danau Tondano. *Ilmiah Farmasi*. 3(3): 156 - 161.
- Purnomo, B. 2004. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Bogor : Forda.

- Putri, A.L. 2011. Studi Interaksi *Fusarium* sp. dengan Pohon Gaharu (*Aquilaria* sp.) Menggunakan Pendekatan Sitologi. *Tesis*. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Pasaribu, G., K.W. Totok dan P. Gustan. 2013 Analisis Komponen Kimia Beberapa Kualitas Gaharu dengan Kromatografi Gas Spektrometri Massa. *Penelitian Hasil Hutan*. 31(3): 181 - 185.
- Putri, M.S. 2013. Eksplorasi Peran Mikrob Dan Status Hara Tanaman Terhadap Pembentukan Gaharu Pada *Aquilaria Malaccensis*. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Purnama, M.S. 2014. Perbedaan Kandungan Senyawa Resin Gaharu (*Aquilaria Malaccensis*) Hasil Inokulasi Pada Tingkat Semai Dan Pohon. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Putri, N. 2016. Pendugaan Keberadaan Gaharu pada Berbagai Ketinggian Batang *Aquilaria Malaccensis* Lamk. dengan Teknik Sonik Tomografi. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Ramadhani, R.C. 2006. Jaringan Pengakumulasi resin Gaharu Pada *Aquilaria Crassna*. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Rohman, A. 2016. *Kadar Minyak Atsiri Kemedangan Gaharu Pada Tanaman Gyronops versteegii*. Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu. Universitas Gadjah Mada.
- Salamiah., Badruzsaufari dan A. Muhammad. 2008. Jenis Tanaman Inang dan Masa Inkubasi Patogen *Botryodiplodia Theobromae* Pat. Penyebab Penyakit Diplodia Pada Jeruk. *HPT Tropika*. 8(2): 123 - 131.
- Subowo, Y.B. 2010. Jamur Pembentuk Gaharu Sebagai Penjaga Kelangsungan Hidup Tanaman Gaharu (*Aquilaria* Sp). *Teknik Lingkungan*. 11(2): 167 - 173.
- Sutrisno, E. 2011. *Inokulasi Jamur Fusarium Sp. dalam Media Biakan Padat dan Cair Terhadap Pembentukan Gaharu Pada Pohon Karas (Aquilaria Malaccensis, Lamrk)*. Riau: Balai Penelitian Teknologi Serat Tanaman Hutan.
- Suryani, Y., P. Andayaningsih dan I. Hernaman. 2012. Isolasi Dan Identifikasi Jamur Selulolitik Pada Limbah Produksi Bioetanol Dari Singkong yang Berpotensi dalam Pengolahan Limbah Menjadi Pakan Domba. *Prosiding Seminar*. 6(2): 1 - 9.

- Suhendra, A., P.R. Yuda dan P.H. Dwi. 2012. Aplikasi Inokulasi *Fusarium* Untuk Mempercepat Proses Pembentukan Dan Produksi Gubal Gaharu Di Kabupaten Penajam Paser Utara Kalimantan Timur. *Prosiding Insinas*.
- Sumarna, Y. 2012. *Budidaya Jenis Pohon Penghasil Gaharu*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Santoso, E dan T. Maman. 2013. *Teknik Inokulasi Pohon Penghasil Gaharu dan Perkembangan Industrinya*. Bogor: Forda.
- Sari, M.K. 2013. Uji Aktivitas Antikanker Ekstrak Kemedangan Pohon Penghasil Gaharu Hasil Inokulasi. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Setyaningrum, H.D dan C. Saparinto. 2014. *Panduan Lengkap Gaharu*. Jakarta Timur: Penebar Swadaya.
- Suciatmih., S. Antonius., I. Hidayat dan T.R. Sulistiyani. 2014. Isolasi, Identifikasi Dan Evaluasi Antagonisme Terhadap *Fusarium Oxysporum* F.Sp. *cubense* (Foc) Secara In Vitro Dari Jamur Endofit Tanaman Pisang. *Berita Biologi*. 13(1): 71 - 83.
- Susmianto, A., T. Maman dan S. Pujo. 2014. *Gaharu Inokulasi*. Bogor: Forda Press.
- Smith, A dan A. Hursepuny. 2015. Isolasi Dan Identifikasi Jenis Jamur Pada Ubi Kayu (*Manihot Esculenta* Crants.) Dalam Proses Pembuatan Ubi Kayu Hitam Secara Tradisional Oleh Masyarakat Banda. *Biopendix*. 1(2): 160 - 165.
- Setiawan, B. 2016. Pengaruh Temperatur Terhadap Pertumbuhan Isolat *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin dan Virulensinya Terhadap Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor* L.). *Skripsi*. Program Studi Agroteknologi. Fakultas Pertanian. Universitas Jember.
- Turjaman, M. 2004. *Teknologi Rekayasa Produksi Gaharu dengan Induksi Jamur Fusarium*. Bogor: Forda.
- Verina, R. 2013. Optimisasi Waktu Perendaman Kemedangan Gaharu Hasil Inokulasi pada Rendemen dan Komponen Kimia Minyak Gaharu. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Vantompan, W.D.P., S. Arreneuz dan M.A. Wibowo. 2015. Perbandingan Inokulan *Fusarium* sp. Menggunakan Metode Infus dan Injeksi Untuk Mendapatkan Gaharu pada Pohon *Aquilaria Malaccensis*. *JKK*. 4(1): 43 - 46.

- Winarsih, A., F. Puspita dan M.A. Khoiri. 2011. Pengaruh Stressing Terhadap Percepatan Pembentukan Gubal Gaharu Pada Tanaman Gaharu (*Aquilaria malaccensis*, Lamk). *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Riau.
- Yunafsi. 2002. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Penyakit dan Penyakit yang Disebabkan Oleh Jamur. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Yuliani., H. Chusnul dan Supriyadi. 2007. Isolasi Jamur Penghasil Lipase Dari Tanah, Tempe dan Ragi Tempe. *Teknologi Pertanian*. 3(1): 19 - 26.
- Yamani, A. 2010. Analisis Kadar Hara Makro dalam Tanah Pada Tanaman Agroforestri di Desa Tambun Raya Kalimantan Tengah. *Hutan Tropis*. 11 (30) :37 – 46.
- Yuniarti, N., T. Suharti dan Y. Bramasto. 2013. Pengaruh Filtrat Cendawan *Aspergillus* Sp. dan *Fusarium* Sp. Terhadap Viabilitas Benih Dan Pertumbuhan Bibit Sengon (*Paraserianthes Falcataria*). *Penelitian Kehutanan Wallacea*. 2(2): 93 - 103.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penelitian

1.1 Variabel Warna Jaringan Terinfeksi (melalui skoring)

Perlakuan	Kelompok			Total	Rata-Rata	SD	SE
	1	2	3				
A1B1	2,20	1,60	2,40	6,20	2,07	0,42	0,24
A1B2	1,60	1,60	2,00	5,20	1,73	0,23	0,13
A1B3	1,60	1,20	1,40	4,20	1,40	0,20	0,12
A2B1	1,80	1,40	2,00	5,20	1,73	0,31	0,18
A2B2	2,00	1,60	1,40	5,00	1,67	0,31	0,18
A2B3	2,00	1,60	1,80	5,40	1,80	0,20	0,12
A3B1	2,00	1,60	1,00	4,60	1,53	0,50	0,29
A3B2	1,20	1,20	2,20	4,60	1,53	0,58	0,33
A3B3	1,20	1,60	1,80	4,60	1,53	0,31	0,18
<b>Total</b>	<b>15,60</b>	<b>13,40</b>	<b>16,00</b>	<b>45,00</b>			
<b>Rata-rata</b>	<b>1,73</b>	<b>1,49</b>	<b>1,78</b>		<b>1,67</b>		

1.2 Tabel Dua Arah Variabel Warna Jaringan Terinfeksi

Jenis Isolat (A)	Teknik Inokulasi (B)			Total	Rata-Rata
	B1	B2	B3		
A1	6,20	5,20	4,20	15,60	1,73
A2	5,20	5,00	5,40	15,60	1,73
A3	4,60	4,60	4,60	13,80	1,53
<b>Total</b>	<b>16,00</b>	<b>14,80</b>	<b>14,20</b>	<b>45,00</b>	
<b>Rata-rata</b>	<b>1,78</b>	<b>1,64</b>	<b>1,58</b>		<b>1,67</b>

1.3 Analisis Sidik Ragam Variabel Warna Jaringan Terinfeksi

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F-hit	F Tabel		Notasi
					5%	1%	
Kelompok	2	0,44	0,22	1,82	3,63	6,23	ns
Perlakuan	8	0,93	0,12	0,98	2,59	3,89	ns
Faktor A	2	0,24	0,12	1,00	3,63	6,23	ns
Faktor B	2	0,19	0,09	0,78	3,63	6,23	ns
A >> B	4	0,51	0,13	1,06	3,01	4,77	ns
Galat	16	1,91	0,12				
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>3,28</b>					

$CV ((\sqrt{KTG/Rata-rata}) * 100\% \quad 21\%$

#### 1.4 Variabel Luas Jaringan Terinfeksi (cm<sup>2</sup>)

Perlakuan	Kelompok			Total	Rata-Rata	SD	SE
	1	2	3				
A1B1	3,7	5,0	4,3	13,0	4,33	0,65	0,38
A1B2	1,9	1,8	3,2	6,9	2,30	0,78	0,45
A1B3	1,4	1,4	1,0	3,8	1,27	0,23	0,13
A2B1	2,6	2,5	3,0	8,1	2,70	0,26	0,15
A2B2	2,0	2,4	2,7	7,1	2,37	0,35	0,20
A2B3	1,0	1,2	1,0	3,2	1,07	0,12	0,07
A3B1	1,4	2,2	1,0	4,6	1,53	0,61	0,35
A3B2	1,3	1,1	1,2	3,6	1,20	0,10	0,06
A3B3	1,2	1,2	1,9	4,3	1,43	0,40	0,23
<b>Total</b>	<b>16,5</b>	<b>18,8</b>	<b>19,3</b>	<b>54,6</b>			
<b>Rata-rata</b>	<b>1,8</b>	<b>2,1</b>	<b>2,1</b>		<b>2,0</b>		

#### 1.5 Tabel Dua Arah Variabel Luas Jaringan Terinfeksi

Jenis isolat (A)	Teknik inokulasi (B)			Total	Rata-rata
	B1	B2	B3		
A1	13,00	6,90	3,80	23,70	2,63
A2	8,10	7,10	3,2	18,40	2,04
A3	4,60	3,60	4,30	12,50	1,39
<b>Total</b>	<b>25,70</b>	<b>17,60</b>	<b>11,30</b>	<b>54,60</b>	
<b>Rata-rata</b>	<b>2,86</b>	<b>1,96</b>	<b>1,26</b>		<b>2,02</b>

#### 1.6 Analisis Sidik Ragam Variabel Luas Jaringan Terinfeksi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hit		F-tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	0,50	0,25	1,24	ns	3,63	6,23
Perlakuan	8	26,23	3,28	16,47	**	2,59	3,89
Faktor A	2	6,98	3,49	17,52	**	3,63	6,23
Faktor B	2	11,58	5,79	29,09	**	3,63	6,23
A><B	4	7,67	1,92	9,64	**	3,01	4,77
Galat	16	3,18	0,20				
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>37,98</b>					

$$CV ((\sqrt{KTG}/Rata-rata)*100\% = 22,06\%$$

1.7 Variabel Tingkat Aroma Gaharu (melalui skoring)

Perlakuan	Kelompok			Total	Rata-Rata	SD	SE
	1	2	3				
A1B1	2,20	2,40	1,60	6,20	2,07	0,42	0,24
A1B2	1,40	1,40	1,80	4,60	1,53	0,23	0,13
A1B3	1,40	1,20	1,40	4,00	1,33	0,12	0,07
A2B1	1,20	1,40	2,00	4,60	1,53	0,42	0,24
A2B2	1,00	1,40	1,20	3,60	1,20	0,20	0,12
A2B3	1,20	1,00	1,00	3,20	1,07	0,12	0,07
A3B1	2,00	1,20	1,20	4,40	1,47	0,46	0,27
A3B2	1,00	0,80	1,40	3,20	1,07	0,31	0,18
A3B3	1,20	1,80	1,60	4,60	1,53	0,31	0,18
<b>Total</b>	<b>12,60</b>	<b>12,60</b>	<b>13,20</b>	<b>38,40</b>			
<b>Rata-rata</b>	<b>1,40</b>	<b>1,40</b>	<b>1,47</b>		<b>1,42</b>		

1.8 Tabel Dua Arah Variabel Tingkat Aroma Gaharu

Jenis Isolat (A)	Teknik Inokulasi (B)			Total	Rata-Rata
	B1	B2	B3		
A1	6,20	4,60	4,00	14,80	1,64
A2	4,60	3,60	3,20	11,40	1,27
A3	4,40	3,20	4,60	12,20	1,36
<b>Total</b>	<b>15,20</b>	<b>11,40</b>	<b>11,80</b>	<b>38,40</b>	
<b>Rata-rata</b>	<b>1,69</b>	<b>1,27</b>	<b>1,31</b>		<b>1,42</b>

1.9 Analisis Sidik Ragam Variabel Tingkat Aroma Gaharu

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F-hit	F - tabel		Notasi
					5%	1%	
Kelompok	2	0,03	0,01	0,12	3,63	6,23	ns
Perlakuan	8	2,29	0,29	2,69	2,59	3,89	*
Faktor A	2	0,70	0,35	3,29	3,63	6,23	ns
Faktor B	2	0,97	0,48	4,54	3,63	6,23	*
A >> B	4	0,62	0,16	1,46	3,01	4,77	ns
Galat	16	1,71	0,11				
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>4,03</b>					

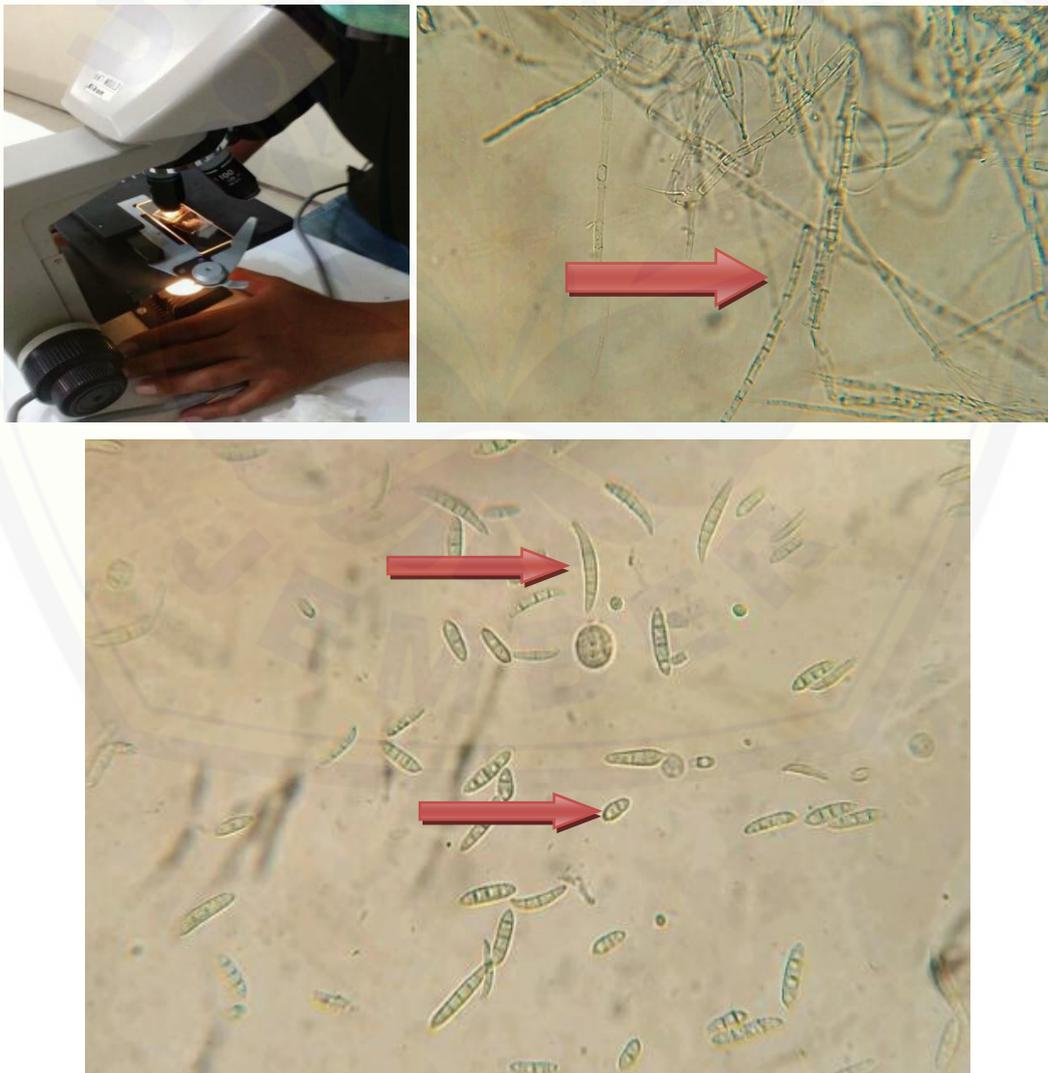
$$CV ((\sqrt{KTG/Rata-rata}) * 100\% = 23\%$$

Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian

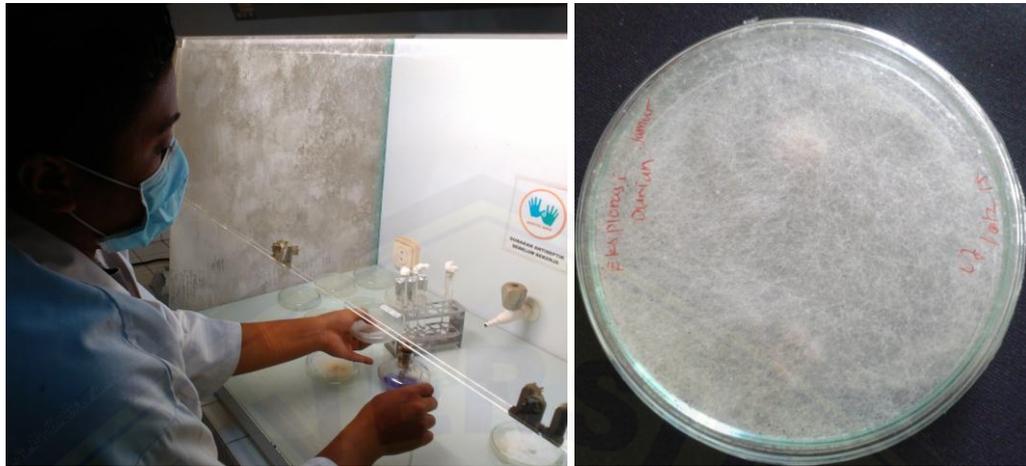
2.1 Isolasi *Fusarium* sp. dari Tanaman Pisang yang Terserang Penyakit



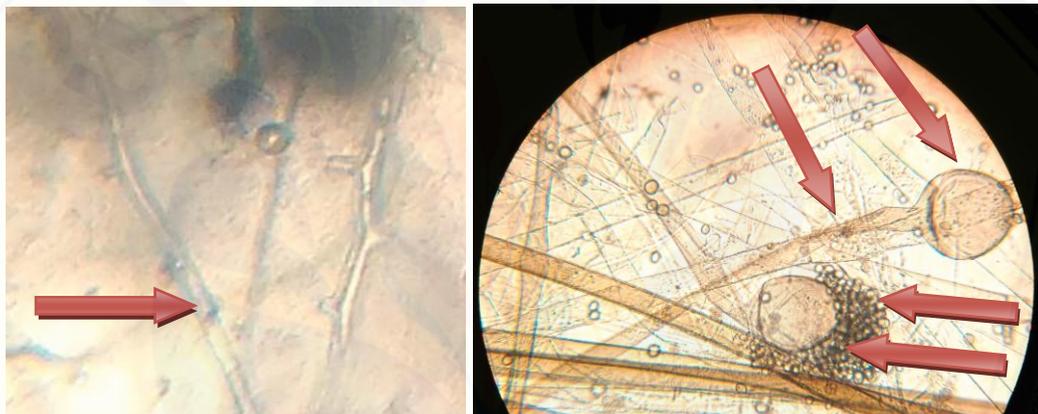
2.2 Identifikasi *Fusarium* sp.



**2.3 Isolasi *Rhizopus* sp. dari Buah Durian yang Terserang Penyakit**



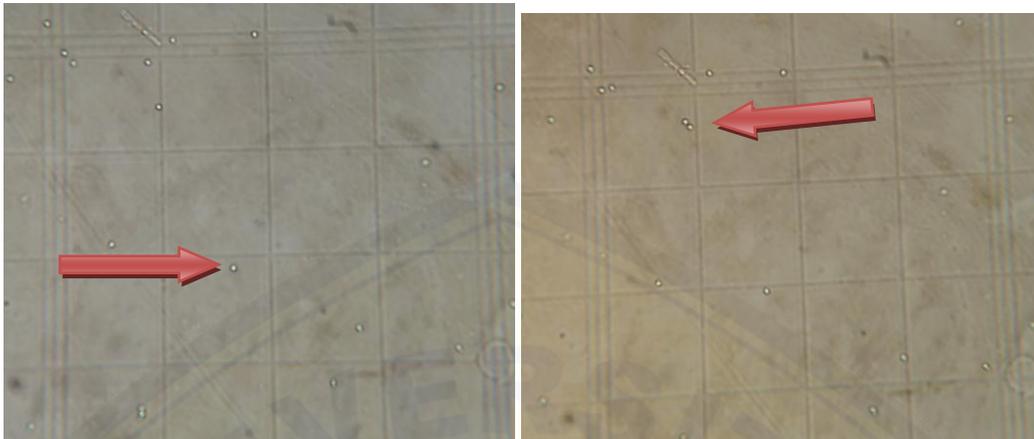
**2.4 Identifikasi *Rhizopus* sp.**



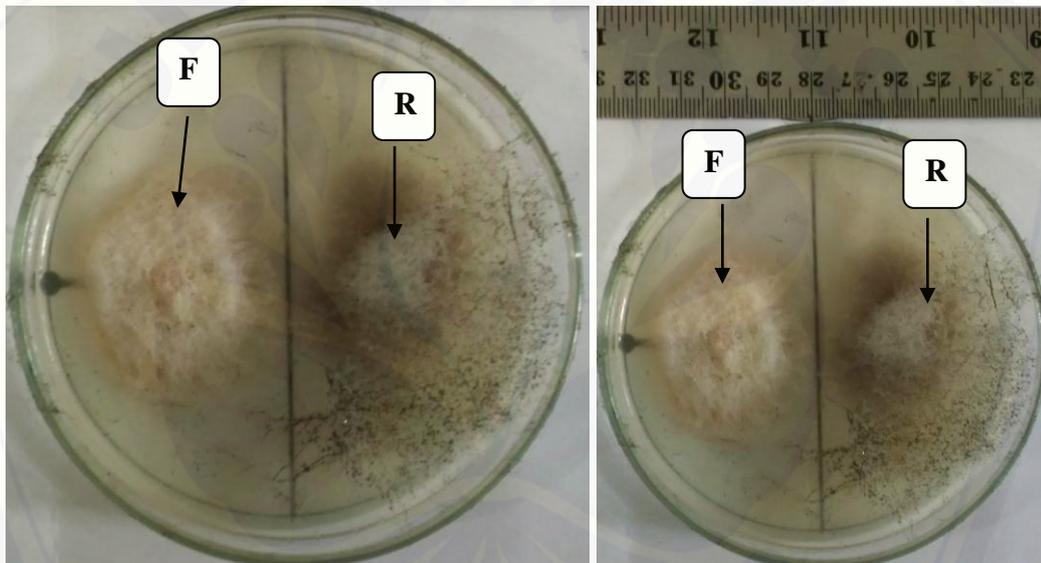
**2.5 Penghitungan Kerapatan Spora *Fusarium* sp.**



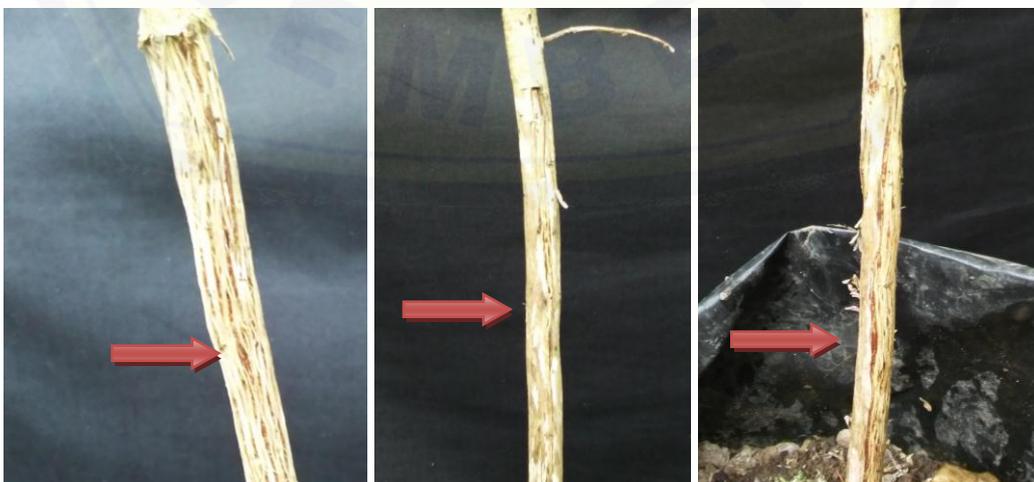
**2.6 Penghitungan Kerapatan Spora *Rhizopus* sp.**



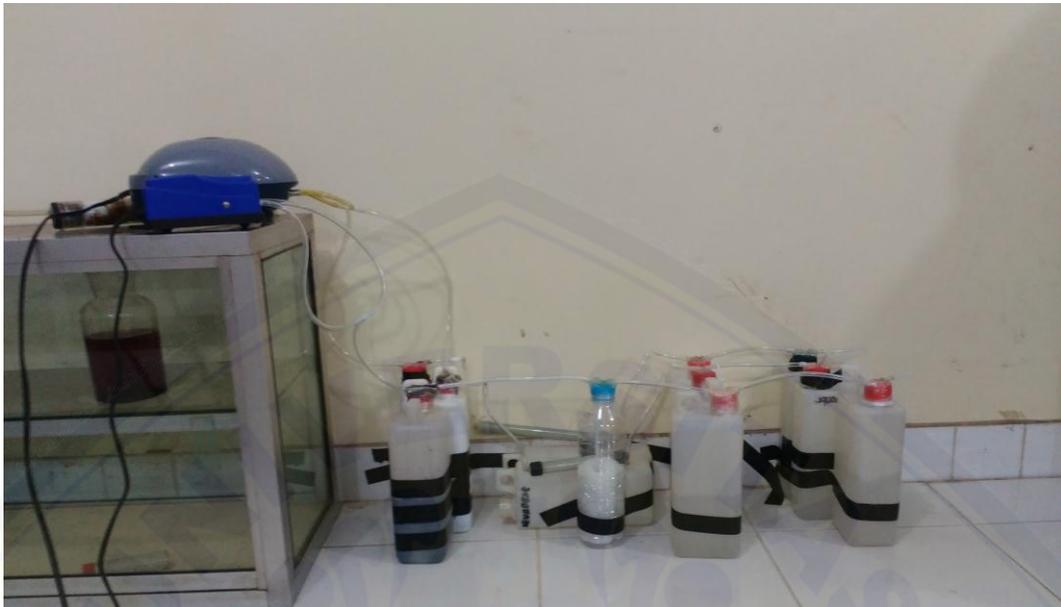
**2.7 Uji Kompatibilitas *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.**



**2.8 Uji Patogenesitas *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp.**



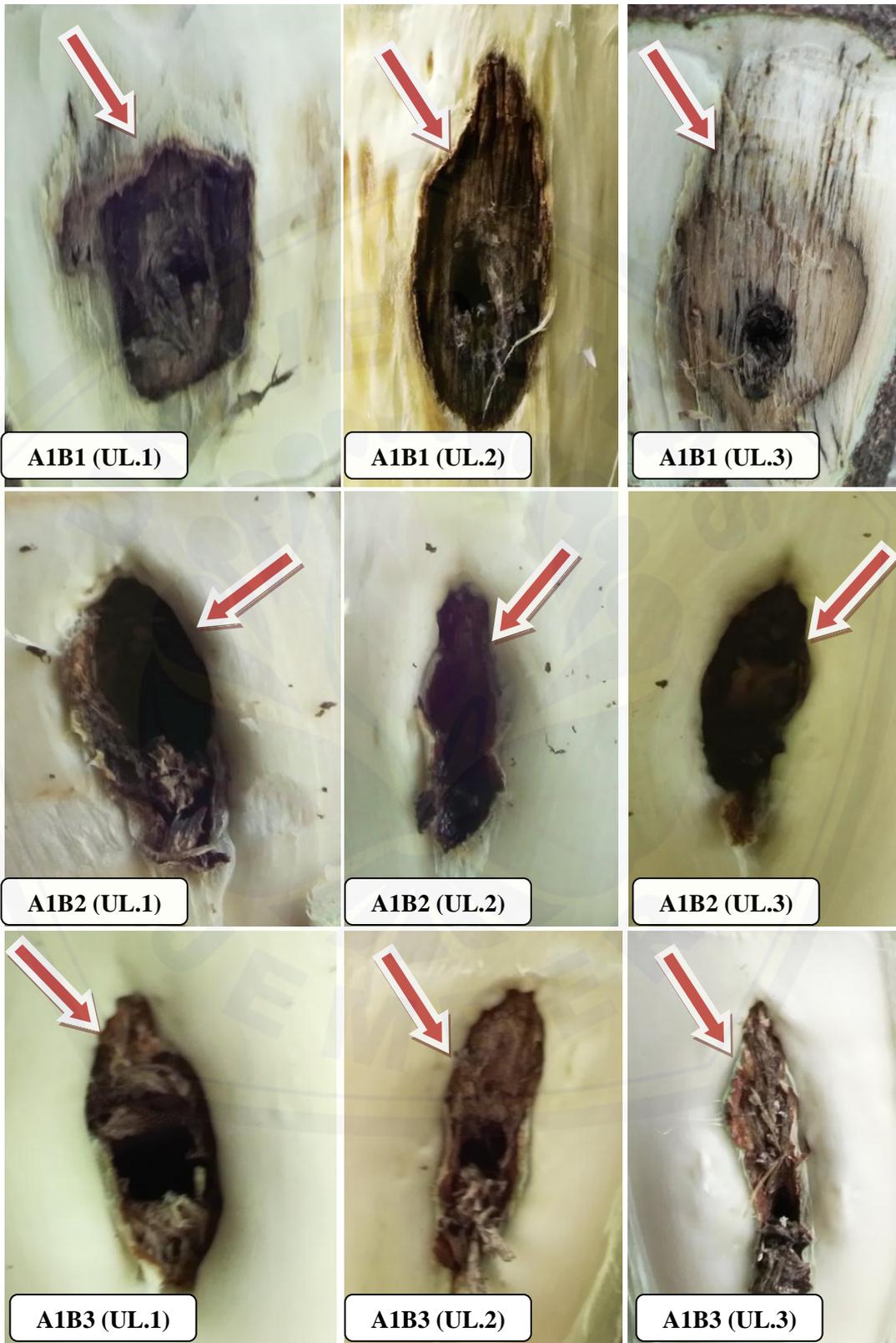
**2.9 Perbanyakkan *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. pada Media Cair**

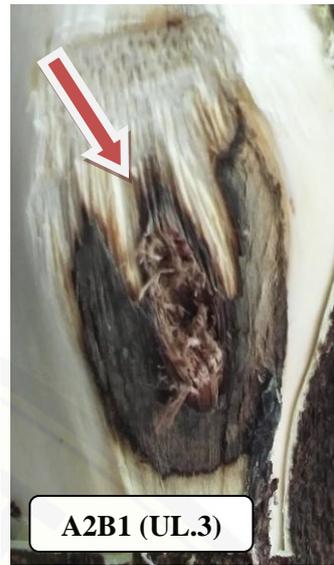


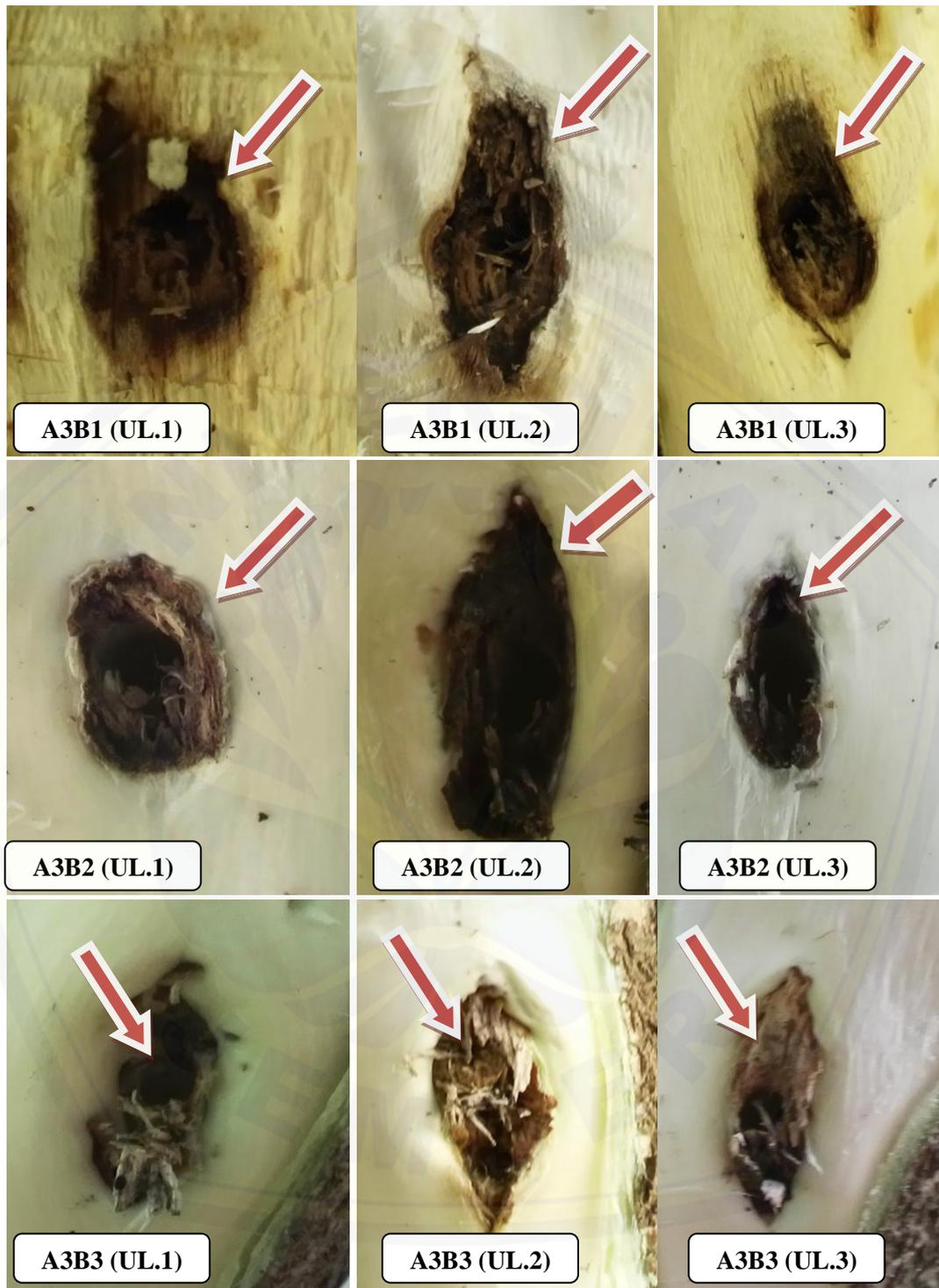
**2.10 Inokulasi *Fusarium* sp. dan *Rhizopus* sp. pada Tanaman *G. versteegii***



2.11 Pengamatan Luas Jaringan Terinfeksi







**Keterangan :**

- A1B1 = *Fusarium* sp + Teknik suntik,
- A1B2 = *Fusarium* sp + Teknik infus,
- A1B3 = *Fusarium* sp + Teknik tusuk bambu,
- A2B1 = *Rhizopus* sp + Teknik suntik,
- A2B2 = *Rhizopus* sp + Teknik infus,

A2B3 = *Rhizopus* sp + Teknik tusuk bambu,

A3B1 = Kombinasi (*Fusarium* sp + *Rhizopus* sp) + Teknik suntik,

A3B2 = Kombinasi (*Fusarium* sp + *Rhizopus* sp) + Teknik infus,

A3B3 = Kombinasi (*Fusarium* sp + *Rhizopus* sp) + Teknik tusuk bambu.

### 2.12 Teknik Pemanenan



### 2.13 Pengamatan Uji Organoleptik (warna dan aroma)



Lampiran 3 Curah Hujan Kecamatan Sukorambi Tahun 2000 sampai 2015

Tahun	Bulan												Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2000	354	313	494	303	201	83	3	2	22	311	356	287	2729
2001	369	123	410	204	80	149	57	0	4	232	204	390	2222
2002	354	353	286	199	18	0	12	0	0	0	332	358	1912
2003	336	292	285	177	0	13	0	0	0	50	534	256	1943
2005	228	222	371	262	9	77	62	18	8	94	137	847	2335
2006	510	284	374	257	319	2	0	0	0	0	258	259	2263
2007	85	216	422	274	105	95	107	38	0	74	325	668	2409
2008	338	297	385	59	112	0	0	74	0	245	335	479	2324
2009	245	219	255	192	409	0	17	12	11	120	112	189	1781
2010	451	262	386	247	307	64	143	92	364	365	275	310	3266
2011	244	430	232	232	132	20	0	0	0	177	464	563	2494
2013	485	421	255	325	131	71	66	0	0	26	380	540	2700
2014	550	285	176	322	49	26	5	0	0	2	239	562	2216
2015	252	382	425	273	143	87	4	0	0	2	140	261	1969
<b>Jumlah</b>	<b>4801</b>	<b>4099</b>	<b>4756</b>	<b>3326</b>	<b>2015</b>	<b>687</b>	<b>476</b>	<b>236</b>	<b>409</b>	<b>1698</b>	<b>4091</b>	<b>5969</b>	<b>32563</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>342,93</b>	<b>292,79</b>	<b>339,71</b>	<b>237,57</b>	<b>143,93</b>	<b>49,07</b>	<b>34,00</b>	<b>16,86</b>	<b>29,21</b>	<b>121,29</b>	<b>292,21</b>	<b>426,36</b>	<b>2326</b>

Sumber : Dinas Pertanian, 2015.

**Lampiran 4 Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah**

Parameter Tanah	Nilai				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
C (%)	< 1	1-2	2-3	3-5	> 5
N (%)	< 0.1	0.1-0.2	0.21-0.5	0.51-0.75	> 0.75
C/N	< 5	5-10	11-15	16-25	> 25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> HCl 25% (mg/100 g)	< 15	15-20	21-40	41-60	> 60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Bray (ppm P)	< 4	5-7	8-10	11-15	> 15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen (ppm P)	< 5	5-10	11-15	16-20	> 20
K <sub>2</sub> O HCl 25% (mg/100 g)	< 10	10-20	21-40	41-60	> 60
KTK/CEC (me/100 g tanah)	< 5	5-16	17-24	25-40	> 40
Susunan kation					
Ca (me/100 g tanah)	< 2	2-5	6-10	11-20	> 20
Mg (me/100 g tanah)	< 0.3	0.4-1	1.1-2.0	2.1-8.0	> 8
K (me/100 g tanah)	< 0.1	0.1-0.3	0.4-0.5	0.6-1.0	> 1
Na (me/100 g tanah)	< 0.1	0.1-0.3	0.4-0.7	0.8-1.0	> 1
Kejenuhan basa (%)	< 20	20-40	41-60	61-80	> 80
Kejenuhan aluminium (%)	< 5	5-10	11-20	20-40	> 40
Cadangan mineral (%)	< 5	5-10	11-20	20-40	> 40
Salinitas / DHL (dS/m)	< 1	1-2	2-3	3-4	> 4
Persentase natrium dapat tukar / ESP (%)	< 2	2-3	5-10	10-15	> 15

Sumber : Balai Penelitian Tanah, 2009.

Parameter tanah	Sangat masam	Masam	Agak netral	Netral	Agak alkalis	Alkalis
pH H <sub>2</sub> O	< 4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.6-7.5	7.6-8.5	> 8.5

Sumber : Balai Penelitian Tanah, 2009.

**Lampiran 5 Kuisioner Uji Organoleptik Warna Jaringan dan Tingkat Aroma**

**5.1 Pengujian Kenampakan Warna Gaharu**

1. Nama :
2. Tanggal Uji :
3. Umur :
4. Jenis Kelamin :

Dihadapan Anda terdapat 27 sampel batang gaharu jenis *Gyrinophs verstegii*. Anda diminta untuk memberikan penilaian berdasarkan kenampakan warna batang gaharu yang terdapat pada sampel tersebut. Cara penilaian dengan cara memberikan tanda *checklist* (√) pada setiap parameter penilaian yang Anda pilih dengan ketentuan hanya dapat memberikan 1 (satu) jawaban pada masing-masing kolom perlakuan.

Kelompok	Perlakuan	Parameter Penilaian Warna Gaharu			
		Coklat kehitaman	Coklat	Putih kecoklatan	Putih
1	A1B1				
	A1B2				
	A1B3				
	A2B1				
	A2B2				
	A2B3				
	A3B1				
	A3B2				
	A3B3				
2	A1B1				
	A1B2				
	A1B3				
	A2B1				
	A2B2				
	A2B3				
	A3B1				
	A3B2				
	A3B3				
3	A1B1				
	A1B2				
	A1B3				
	A2B1				
	A2B2				
	A2B3				
	A3B1				
	A3B2				
	A3B3				

## 5.2 Pengujian Kenampakan Tingkat Aroma Kemedangan

1. Nama :
2. Tanggal Uji :
3. Umur :
4. Jenis Kelamin :

Dihadapan Anda terdapat 27 sampel batang gaharu jenis *Gyrinophs verstegii*.. Anda diminta untuk memberikan penilaian berdasarkan kenampakan aroma batang gaharu pada saat setelah dibakar yang terdapat pada sampel tersebut. Cara penilaian dengan cara memberikan tanda *checklist* (√) pada setiap parameter penilaian yang Anda pilih dengan ketentuan hanya dapat memberikan 1 (satu) jawaban pada masing-masing kolom perlakuan.

Kelompok	Perlakuan	Parameter Penilaian Aroma Gaharu				
		Sangat Tajam	Lebih Tajam	Sama dengan Standart	Aroma Gaharu Tipis	Tidak Beraroma Gaharu
1	A1B1					
	A1B2					
	A1B3					
	A2B1					
	A2B2					
	A2B3					
	A3B1					
	A3B2					
	A3B3					
2	A1B1					
	A1B2					
	A1B3					
	A2B1					
	A2B2					
	A2B3					
	A3B1					
	A3B2					
	A3B3					
3	A1B1					
	A1B2					
	A1B3					
	A2B1					
	A2B2					
	A2B3					
	A3B1					
	A3B2					
	A3B3					