

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gaharu adalah tanaman yang memiliki nama latin *Gyrinops* sp., Pohon gaharu memiliki nama lokal yaitu *garu* dan dipergunakan sebagai tanaman obat alternatif (Yanti et al., 2020). Gaharu atau dikenal juga dengan nama *agarwood*, *aloeswood*, atau *gharuwood*, merupakan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) yang memiliki nilai jual tinggi. Kayu yang mengandung gaharu dengan kualitas baik memiliki nilai jual hingga USD 10.000 per kilogram. Usia produksi yang lambat ditambah dengan permintaan ekspor yang makin meningkat tiap tahunnya menyebabkan aktivitas perburuan gaharu menjadi liar (Tan, et al., 2019).

Gaharu Indonesia umumnya diperoleh dari genus *Aquilaria* dan *Gyrinops*. *Aquilaria* merupakan sumber gaharu yang paling banyak tersedia dan diminati, namun makin banyaknya permintaan pasar membuat *Gyrinops* juga memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan (Triadiati, et al., 2016). Menurut Nurmiati et al., (2018) gaharu merupakan jenis kayu yang berasal dari beberapa spesies pohon dari genus *Aquileia*. Kayu ini umumnya memiliki warna kehitaman pekat yang khas yang mengandung resin pada bagian gubalnya. Resin ini digunakan sebagai bahan pelengkap wangi-wangian karena memiliki aroma harum yang sangat khas yang digunakan dalam industri pembuatan parfum serta kosmetika. Selain bagian kayu, tanaman gaharu memiliki bagian daun yang mengandung senyawa metabolit sekunder cukup potensial antara *lainalkaloid*, *saponin*, *tanin*, *fenol*, dan *terpenoid*.

Di Indonesia, gaharu menjadi salah satu komoditas ekspor penting. Namun, ketersediaannya di alam terus menurun akibat eksploitasi besar-besaran dan lambatnya proses alami pembentukan gaharu. Oleh karena itu, penelitian mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi penawaran dan harga ekspor gaharu sangat penting untuk mendukung keberlanjutan dan meningkatkan daya saing gaharu Indonesia di pasar dunia (Septianingrum et al., 2015). Menurut Mohamed et al., (2014), gaharu merupakan suatu resin yang dihasilkan oleh tanaman sebagai respon adanya luka, akibat serangan serangga, atau mikroorganisme tertentu. Resin yang dihasilkan tersebut merupakan zat ekstraktif dengan aroma harum. Bahan aktif utama yang terkandung dalam gaharu adalah *Sesquiterpenes* dan *Phenylethyl Chromone*. Karena adanya permintaan pasar akan produk-produk dari gaharu yang semakin meningkat, maka dilakukan upaya produksi resin gaharu secara buatan dengan cara melakukan inokulasi (penularan) patogen ke tanaman gaharu.

Inokulasi adalah proses memasukkan mikroorganisme (seperti bakteri, virus, atau jamur) ke dalam media hidup atau mati untuk tujuan tertentu, seperti meningkatkan kekebalan tubuh, memproduksi vaksin, atau melakukan penelitian mikrobiologi. Inokulasi sering merujuk pada pemberian vaksin untuk merangsang sistem kekebalan tubuh agar menghasilkan antibodi terhadap penyakit tertentu (Yastanto, 2020). Selain itu, inokulasi juga merupakan teknik pemindahan mikroorganisme dari media lama ke media baru dengan tingkat ketelitian tinggi untuk menghindari kontaminasi dan memperoleh kultur murni yang diperlukan dalam penelitian dan industri. Proses ini penting dalam berbagai bidang, termasuk mikrobiologi laboratorium, produksi vaksin, dan budidaya tanaman atau jamur, di mana inokulasi digunakan untuk memperkenalkan mikroorganisme ke media atau organisme target guna merangsang pertumbuhan atau respons biologis tertentu (Sari et al., 2018).

Infeksi adalah proses masuknya organisme patogen—seperti jamur, bakteri, atau mikroorganisme lain—ke dalam jaringan tanaman sehingga memicu reaksi pertahanan. Pada pohon gaharu, infeksi yang diinduksi secara terkontrol (misalnya melalui teknik inokulasi) dapat memicu terbentuknya resin berwarna gelap dan beraroma khas. Proses ini terjadi karena tanaman mengeluarkan senyawa metabolit sekunder sebagai bentuk mekanisme pertahanan diri (Triadiati, et al., 2016). Menurut Mohamed et al., (2014), Dampak infeksi pada pohon gaharu dapat dibedakan menjadi dampak positif dan dampak negatif. Dampak positifnya adalah terbentuknya resin berkualitas tinggi yang meningkatkan nilai jual pohon. Dampak negatifnya adalah kerusakan jaringan yang berlebihan, penurunan pertumbuhan vegetatif, bahkan kematian pohon jika infeksi tidak terkendali.

Permintaan pasar gaharu yang tinggi menyebabkan eksploitasi berlebihan dan penebangan ilegal, yang mengakibatkan penurunan populasi gaharu di alam dan mengancam keberlangsungan tanaman ini. Selain itu, belum tersedianya teknologi budidaya yang efisien dan keterbatasan bibit menjadi kendala dalam upaya pelestarian dan pengembangan gaharu. Pangesti et al., (2020) menyatakan bahwa perbanyakan gaharu secara konvensional memiliki tingkat keberhasilan rendah dan waktu yang lama, sehingga diperlukan teknologi perbanyakan untuk mengatasi keterbatasan tersebut.

Salah satu permasalahan yang sering dihadapi dalam upaya produksi resin gaharu secara buatan adalah kegagalan dalam inokulasi sehingga tidak dihasilkan resin gaharu. Salah satu faktor yang turut menentukan keberhasilan inokulasi jarak antar lubang inokulasi yang tepat (Kusumaningsih et al., 2022). Pohon gaharu meskipun sudah banyak tersedia namun hasil yang diperoleh dari gaharu tersebut masih cukup rendah. Hal ini dikarenakan untuk menghasilkan gaharu masyarakat masih menggunakan cara-cara tradisional seperti dengan menakik, memahat, dan memasang pasak pada setiap batang pohon gaharu (Lisa et al., 2017).

Hingga saat ini, belum banyak penelitian yang mengkaji secara spesifik bagaimana variasi jarak lubang memengaruhi tingkat keberhasilan infeksi, luas jaringan terinfeksi, dan kualitas resin pada *Gyrinops* sp. Meneliti hal ini penting agar metode inokulasi dapat dioptimalkan sehingga menghasilkan resin berkualitas tinggi dalam waktu lebih singkat dan dengan risiko kerusakan pohon yang minimal. Penelitian ini penting dilakukan untuk memperoleh informasi ilmiah mengenai jarak lubang infeksi yang paling efektif dalam meningkatkan keberhasilan inokulasi pada pohon *Gyrinops* sp., sehingga produksi resin gaharu dapat dioptimalkan.

## 1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan infeksi pada pohon *Gyrinops* sp. dengan menggunakan jarak lubang infeksi yang berbeda, serta menganalisis pengaruhnya terhadap perubahan karakteristik warna, luas jaringan yang terinfeksi, dan persentase keberhasilan infeksi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan jarak lubang infeksi yang paling efektif dalam meningkatkan infeksi pada pohon gaharu. Kegunaan penelitian ini adalah memberikan informasi yang bermanfaat dalam pengembangan teknik inokulasi yang lebih efisien untuk meningkatkan produksi gaharu, serta memberikan acuan bagi praktisi dan peneliti dalam menerapkan metode inokulasi yang optimal pada budidaya gaharu, khususnya untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas gaharu yang dihasilkan.

### 1.3 Landasan Teori

Santosa et al., (2021) menyatakan jarak lubang yang lebih rapat cenderung menghasilkan panjang infeksi serangan jamur yang lebih panjang. Hal ini karena jarak yang lebih dekat mempermudah penyebaran jamur di dalam jaringan pohon, mempercepat proses infeksi. Penyebaran jamur yang lebih cepat mengarah pada pembentukan gubal gaharu yang lebih merata dan efisien, karena infeksi dapat menjangkau lebih banyak area dalam waktu yang lebih singkat. Selain itu, infeksi yang terjadi pada area yang lebih luas meningkatkan konsentrasi zat ekstraktif dalam kayu, yang penting dalam meningkatkan kualitas gubal gaharu. Menurut Rizal et al., (2020), jarak lubang yang lebih rapat juga dapat mempercepat pembentukan gubal gaharu dengan meningkatkan jumlah patogen yang menginfeksi pohon. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan intensitas infeksi berbanding lurus dengan kualitas gubal yang dihasilkan, di mana gubal dengan konsentrasi zat ekstraktif yang tinggi lebih bernilai di pasaran. Namun, penting untuk memantau dan mengontrol infeksi agar tidak menyebabkan kerusakan berlebihan pada pohon yang dapat memengaruhi hasil gubal.

Ukuran diameter pohon yang besar merupakan pohon yang disarankan untuk diinokulasi dikarenakan mengandung zat ekstraktif yang berkualitas. Zat ekstraktif yang terdapat dalam kayu merupakan salah satu unsur yang dipergunakan pohon untuk mempertahankan diri dari serangan patogen, dikarenakan zat ekstraktif yang lebih sedikit, kayu tersebut tidak dapat mempertahankan batangnya sehingga membuatnya menjadi gubal gaharu (Sari et al., 2019). Menurut Smith et al., (2020) ukuran diameter pohon yang besar seringkali menjadi indikator pohon yang ideal untuk diinokulasi, mengingat kandungan zat ekstraktif yang lebih tinggi dalam kayu. Zat ekstraktif ini berfungsi sebagai mekanisme pertahanan alami pohon terhadap ancaman patogen. Sebaliknya, pohon dengan kandungan zat ekstraktif yang rendah cenderung lebih rentan terhadap serangan patogen, yang dapat mengarah pada pembentukan gubal gaharu, sebuah kondisi yang merugikan bagi kualitas kayu.

Pembentukan resin gaharu dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara pohon, mikroba penginfeksi, dan kondisi lingkungan. Luka pada pohon yang dapat terjadi secara alami (misalnya patah cabang) atau sengaja dibuat (seperti pengeboran) memungkinkan mikroba masuk dan memicu respons tanaman menghasilkan resin. Jika mikroba berhasil mengalahkan sistem pertahanan tanaman, maka resin tidak terbentuk dan jaringan akan membusuk. Oleh karena itu, kualitas dan kuantitas resin gaharu sangat bergantung pada jenis mikroba, kondisi lingkungan, dan teknik inokulasi yang digunakan dalam budidaya gaharu (Triadiati et al., 2016).

Pembentukan gubal *Gyrinops* sp., merupakan proses kompleks yang melibatkan perubahan anatomi dan fisiologis yang rumit di dalam tanaman. Kurangnya cincin pertumbuhan yang berbeda pada akar spesies *Gyrinops* sp., seperti yang diamati pada beberapa anggota *Caryophyllaceae*, menunjukkan adaptasi yang unik terhadap kondisi lingkungan mereka yang spesifik. Adanya diameter pembuluh yang sempit dan seragam di dalam kayu, karakteristik yang sering dikaitkan dengan sukulen, mungkin terkait dengan pemeliharaan efisiensi transportasi air tanpa adanya fluktuasi musiman yang nyata (Dwianto et al., 2019).

Kedalaman lubang inokulasi 3 cm membentuk gaharu yang lebih luas Hal ini dikarenakan pada kayu teras yang berada di dalam kandungan zat ekstraktifnya lebih tinggi dibandingkan kayu gubal yang berada di luar, sehingga pada kedalaman yang lebih dalam daya tahannya lebih tinggi, hal ini mengindikasikan bahwa lubang inokulasi sedalam 3 cm lebih sesuai untuk inokulasi pembentukan gubal gaharu (Sari et al., 2019).

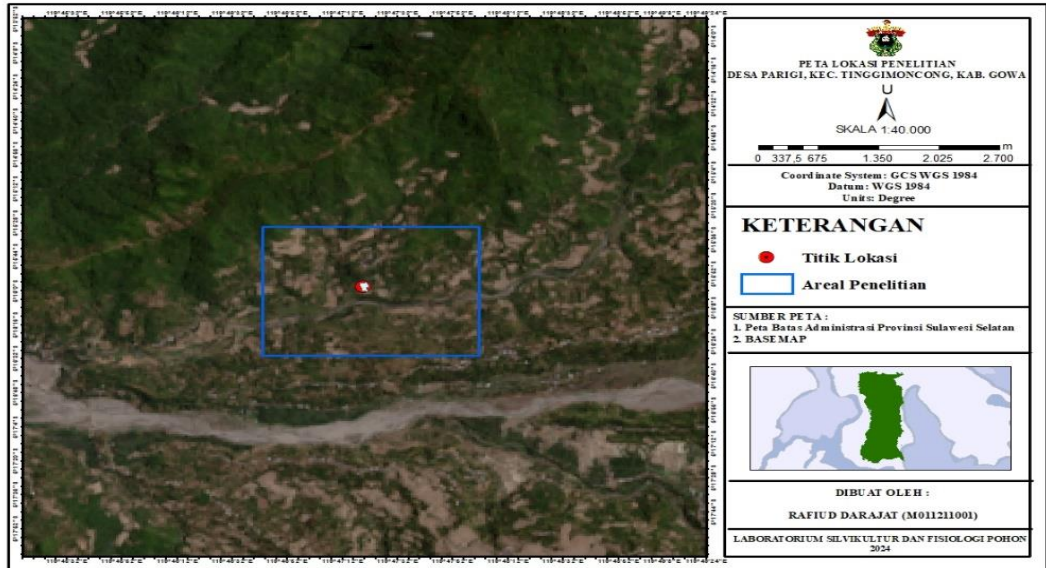
Jarak antar lubang inokulasi berpengaruh terhadap luas infeksi serangan jamur, jarak antar lubang inokulasi yang berdekatan menghasilkan infeksi serangan jamur yang lebih panjang dibandingkan Jarak antar lubang inokulasi yang berjauhan. Hal ini terjadi karena jarak yang lebih dekat memungkinkan hifa jamur untuk saling bertemu dan menyatu lebih cepat, sehingga membentuk koloni yang lebih luas (Kusumaningsih et al., 2022).

Terbentuknya gaharu pada jaringan kayu pohon penghasil gaharu adalah karena adanya proses dan mekanisme biologis yang didahului oleh adanya luka pada batang (patah cabang), diikuti oleh terinfeksi batang oleh penyebab penyakit (patogen) pada bagian yang terluka (Sumarna, 2011). Menurut Iskandar et al., (2012) gaharu pada awalnya terbentuk dan tersedia di hutan, tetapi karena adanya eksploitasi yang tidak terkontrol menyebabkan keberadaannya menurun dengan drastis, terlebih proses terbentuknya secara alami membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu inokulasi berperan penting dalam memacu pembentukan gaharu yang mempunyai nilai ekonomi tinggi tersebut. Perlakuan inokulasi yang diawali dengan pengeboran atau pelukaan pohon akan membuka jalan untuk terjadinya infeksi patogen, sehingga akan terbentuk resin gaharu.

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini berlangsung dari Agustus 2024 hingga Februari 2025. Lokasi penelitian berada di Desa Parigi, Kecamatan Tinggimoncong, Kabupaten Gowa. Desa Parigi sendiri terletak di Kecamatan Tinggimoncong, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis, desa ini berada pada koordinat  $5^{\circ}17'43''$  Lintang Selatan dan  $119^{\circ}27'30''$  Bujur Timur. Peta lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

### 2.2 Alat dan Bahan

#### 2.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Alat tulis digunakan untuk mencatat berbagai data hasil penelitian.
2. Bor listrik digunakan untuk membuat lubang inokulasi pada batang pohon.
3. Spuit (alat suntik) berfungsi untuk menyuntikkan cairan inokulan ke dalam lubang tersebut.
4. Sarung tangan dan masker digunakan untuk menjaga kondisi steril saat proses inokulasi.
5. Pisau digunakan dalam membuat sayatan pada kulit pohon selama tahap pengamatan.
6. Kamera dimanfaatkan untuk mendokumentasikan setiap tahap proses dan hasil pengamatan.
7. Gelas ukur berkapasitas 1500 ml digunakan sebagai tempat dan alat ukur volume cairan inokulan.
8. Label dan spidol digunakan untuk menandai serta mengidentifikasi sampel.

9. Pita meter dipakai untuk mengukur diameter batang pohon.
10. Haga meter digunakan untuk mengukur tinggi pohon.
11. Blender listrik digunakan untuk mencampurkan bahan pembuatan inokulan gaharu cair.

### 2.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pohon *Gyrinops* sp. berjumlah 3 pohon dengan diameter 6.69 cm, 10.35 cm dan 15.61 cm sebagai objek penelitian yang akan diinokulasikan.
2. Inokulan BIG-R Gold 51 100g sebagai sumber mikroorganisme pemicu pembentukan gaharu.
3. Gula 500g sebagai sumber energi bagi mikroorganisme yang diinokulasikan.
4. Pupuk NPK Mutiara 500g berfungsi meningkatkan produksi resin gaharu.
5. Aquades 1L yang berfungsi sebagai pelarut dalam campuran inokulan.
6. Alkohol 70% digunakan untuk sterilisasi alat sebelum dan sesudah penggunaan.

### 2.3 Metode Pelaksanaan Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan 4 tahap yaitu dengan melakukan pengamatan di lokasi penelitian, melakukan proses inokulasi pada *Gyrinops* sp., masa inkubasi patogen di lapang dan melakukan rancangan penelitian.

#### 2.3.1 Pengamatan Lokasi

Survei awal penelitian tentang teknik inokulasi gaharu di Desa Parigi, Kecamatan Tinggimoncong, Kabupaten Gowa dilakukan untuk memperoleh pemahaman mengenai kondisi lingkungan serta faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi gaharu. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada karakteristik geografis dan iklimnya yang mendukung pengembangan gaharu. Desa Parigi berada pada ketinggian beragam, memiliki tingkat curah hujan yang memadai, serta tanah yang subur, sehingga dianggap sesuai untuk pelaksanaan penelitian inokulasi gaharu.

#### 2.3.2 Teknik Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan metode Sampling dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan. Metode sampling adalah cara atau teknik yang digunakan peneliti untuk mengambil sebagian anggota populasi sebagai sampel yang akan diteliti (Sugiyono, 2019). Data mengenai luas infeksi yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis *One Way* (ANOVA). Analisis *One Way* ANOVA (Analisis Varians Satu Arah) adalah metode statistik yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dari tiga kelompok atau lebih berdasarkan variabel bebas Analisis varians satu arah (*One Way* ANOVA) digunakan ketika hanya terdapat satu faktor yang diuji untuk melihat perbedaan rata-rata antar kelompok perlakuan (Montgomery, 2017).

Jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji Tukey, yang juga dikenal sebagai uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) digunakan sebagai uji lanjut untuk membandingkan rata-rata antar perlakuan apabila hasil analisis ragam menunjukkan perbedaan nyata (Gomez & Gomez, 1995). Data penelitian secara rinci dapat dilihat pada Tabel 1. Metode Kombinasi perlakuan proses

inokulasi berdasarkan jarak lubang inokulasi.

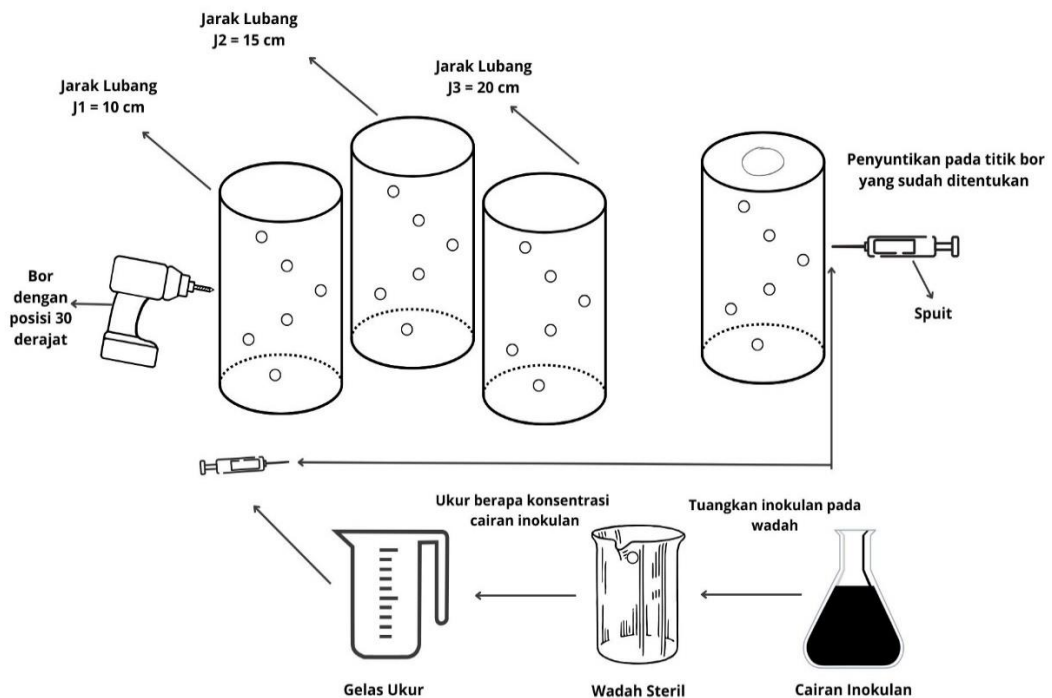
**Tabel 1.** Kombinasi Perlakuan

Perlakuan	Jarak Lubang (cm)
J1	10
J2	15
J3	20

(Sumber: Kusumaningsih et al., 2022)

### 2.3.4 Proses Inokulasi Pada (*Gyrinops Sp.*)

Inokulasi dilakukan pada tanaman berusia 11 hingga 13 tahun dengan diameter batang perlakuan J1 itu 10.35 cm, J2 6.69 cm, dan J3 15.61 cm (Kusumaningsih et al., 2022). Proses pelubangan batang dilakukan menggunakan bor listrik, dengan kedalaman 3 cm, untuk memastikan inokulan dapat masuk dengan optimal. Lubang pertama dibuat pada ketinggian 30 cm dari permukaan tanah guna menghindari kelembapan berlebih di area pangkal batang (Pratama et al., 2022). Setiap pohon berfungsi sebagai satu satuan ulangan, dengan jarak antar lubang diatur pada perlakuan J1 itu 10 cm, J2 15cm, dan J3 20 cm. Pelubangan dilakukan secara melingkar mengelilingi batang dengan sudut kemiringan sekitar 30 derajat, untuk memaksimalkan distribusi inokulan di dalam jaringan tanaman (Kusumaningsih et al., 2022). Proses inokulasi digambarkan secara ilustratif pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Ilustrasi Proses Inokulasi

## 2.4 Prosedur Kerja

Berikut prosedur pencampuran inokulan

1. Menyiapkan ember bersih berkapasitas 15 liter.
2. Menimbang 100 g inokulan Big R Gold.
3. Mencampurkan 500 g gula, 500 g pupuk NPK, dan 1 liter aquades
4. kemudian menghaluskan menggunakan blender listrik.
5. Memasukkan 9 liter air yang sudah direbus ke dalam ember utama.
6. Menuangkan larutan gula dan NPK ke dalam ember, lalu mengaduk hingga rata.
7. Memasukkan inokulan Big R Gold sedikit demi sedikit sambil mengaduk perlahan menggunakan pengaduk plastik atau kayu.
8. Memastikan semua bahan tercampur merata.
9. Menutup rapat wadah, lalu memfermentasikan selama 72 jam di tempat teduh untuk mengaktifkan mikroba.

Adapun prosedur kerja yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1. Melakukan penandaan terhadap tanaman atau pohon gaharu yang akan dijadikan objek inokulasi.
2. Menandai bagian batang pohon yang akan dilubangi, dimulai dari ketinggian 30 cm di atas permukaan tanah.
3. Mensterilkan alat dan media yang akan digunakan menggunakan alkohol, seperti bor listrik, pisau, jarum inokulasi, alat suntik, dan lainnya, untuk menjaga kebersihan dan mencegah kontaminasi.
4. Membuat lubang inokulasi pada batang pohon menggunakan bor 3 mm.
5. Melakukan sterilisasi pada lubang inokulasi dengan menyemprotkan alkohol ke dalam lubang.
6. Melakukan inokulasi patogen dengan memasukkan inokulum lubang yang telah dibuat, dengan jarak antar lubang secara diagonal pada perlakuan J1 itu 10 cm, J2 15cm, dan J3 20 cm.
7. Menutup lubang inokulasi menggunakan plastisin yang dilapisi plastik, untuk mencegah kontaminasi dari luar dan menjaga kelembapan di area inokulasi.
8. Melakukan pengamatan terhadap lubang inokulasi sebanyak satu kali setiap bulan selama tiga bulan, dengan memperhatikan perubahan yang terjadi pada area inokulasi.
9. Menganalisis data yang diperoleh, meliputi persentase keberhasilan infeksi, perubahan warna, dan luas jaringan yang mengalami infeksi.

## 2.5 Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tiga jenis, yaitu persentase keberhasilan inokulasi (%), perubahan warna jaringan terinfeksi (Skor), serta luas jaringan yang terinfeksi akibat inokulasi patogen (cm<sup>2</sup>).

## 2.6 Variabel Pengamatan

Adapun variabel pengamatan yang akan diukur dan diamati pada penelitian ini terdiri dari 3 variabel, diantaranya yaitu persentase keberhasilan infeksi, warna jaringan terinfeksi akibat patogen dan luas jaringan terinfeksi.

### 2.6.1 Persentase Keberhasilan Inokulasi

Persentase keberhasilan infeksi merupakan variabel yang mencatat persentase pohon yang menunjukkan tanda-tanda infeksi setelah inokulasi patogen. Pengamatan dilakukan sebanyak satu kali setiap bulan selama periode tiga bulan setelah proses inokulasi, mencakup identifikasi awal kondisi pohon dan inokulasi patogen, pencatatan gejala infeksi seperti perubahan warna dan luas infeksi pada bagian yang diinokulasi dengan rentang nilai persentase yang telah ditetapkan. Kriteria infeksi digunakan untuk menentukan apakah sebuah pohon dianggap terinfeksi, dan data ini dianalisis untuk memahami pola infeksi, tingkat penyebaran, dan efektivitas metode inokulasi yang digunakan.

### 2.6.2 Warna Jaringan Terinfeksi

Pengamatan terhadap perubahan warna jaringan dilakukan sebanyak satu kali setiap bulan selama periode tiga bulan setelah proses inokulasi. Observasi awal dilaksanakan secara langsung di lapangan dengan memperhatikan perubahan visual pada area inokulasi. Untuk memperoleh hasil yang lebih objektif dan akurat, analisis lanjutan dilakukan menggunakan aplikasi *Color Picker Tools*, yang membantu dalam mengidentifikasi tingkat perubahan warna secara digital. Setelah itu, dilakukan proses skoring untuk mengelompokkan tingkat perubahan warna yang diamati, berdasarkan kriteria tertentu. Skor perubahan warna diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori, yaitu putih, putih kecokelatan, cokelat, cokelat kehitaman, hitam, dan hitam pekat. Klasifikasi ini bertujuan untuk mempermudah interpretasi hasil dan evaluasi tingkat infeksi. Rincian mengenai kategori perubahan warna dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai (Skor) Warna Infeksi

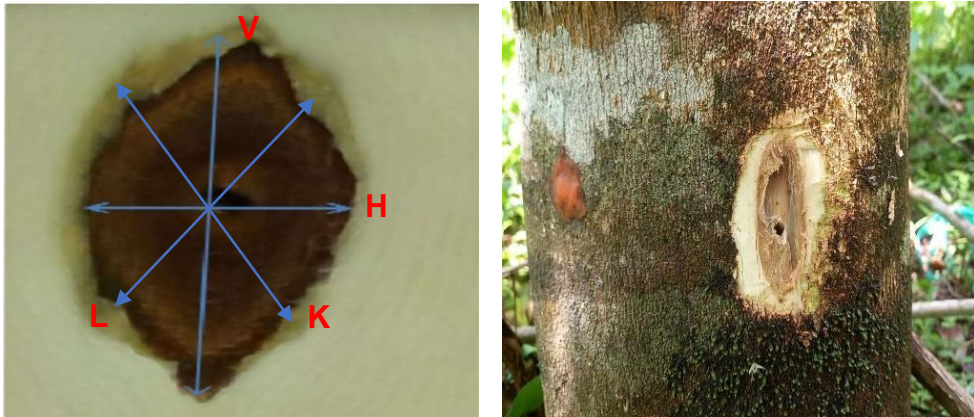
No	Warna Infeksi	Nilai (Skor)	Persentase (%)
1.	Putih	0	20
2.	Putih Kecokelatan	1	40
3.	Cokelat	2	60
4.	Cokelat Kehitaman	3	80
5	Hitam Pekat	4	100

(Sumber: Standar Nasional: Gaharu SNI 7631-2011)

### 2.6.3 Luas Jaringan Terinfeksi

Pengukuran luas area infeksi dilakukan sebanyak satu kali setiap bulan selama periode tiga bulan setelah proses inokulasi, dengan titik fokus pengamatan berada di sekitar area pengeboran pada batang pohon. Pengukuran ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana infeksi patogen menyebar dalam jaringan pohon dari waktu ke waktu. Langkah pertama dalam pengukuran adalah menentukan rata-rata diameter penyebaran infeksi dengan menggunakan rumus:  $(\theta) = (V \text{ cm} + H \text{ cm} + K \text{ cm} + L \text{ cm})/4$ , di mana V, H, K, dan L masing-masing mewakili panjang infeksi yang diukur dari empat arah berbeda (vertikal, horizontal, dan diagonal) Wangiyana et al., (2020). Pengukuran ini dilakukan untuk memastikan hasil yang lebih akurat dan representatif terhadap kondisi nyata di lapangan. Setelah mendapatkan nilai rata-rata diameter, luas infeksi dihitung menggunakan rumus  $\pi r^2$ , dengan r adalah setengah dari nilai rata-rata diameter tersebut. Hasil perhitungan ini

kemudian digunakan untuk menganalisis tingkat perkembangan infeksi pada setiap sampel pohon. Ilustrasi lebih lanjut mengenai teknik pengukuran rata-rata diameter penyebaran infeksi dan contoh aplikasinya dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Cara Mengukur Rata-Rata Luas Penyebaran Infeksi

Pengukuran jarak penyebaran infeksi dilakukan dengan mengukur jarak penyebaran dari beberapa arah berbeda, seperti arah vertikal, horizontal, dan diagonal. Menurut Kusumaningsih et al., (2022), Luas infeksi dinyatakan ideal atau menunjukkan keberhasilan apabila mencapai sekitar 10 cm<sup>2</sup>. Nilai tersebut dijadikan acuan karena dianggap mampu menggambarkan terjadinya proses infeksi secara optimal dan berpotensi menghasilkan resin dengan kualitas yang baik. Hasil pengukuran dari berbagai arah tersebut kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai rata-rata diameter luar infeksi yang terbentuk akibat reaksi inokulan terhadap jaringan pohon. Nilai rata-rata diameter ini selanjutnya digunakan untuk menghitung luas area infeksi dengan menerapkan rumus luas lingkaran, yaitu  $\pi r^2$ , di mana  $r$  adalah setengah dari diameter rata-rata. Metode ini digunakan karena secara umum pola penyebaran infeksi cenderung membentuk pola mendekati lingkaran, sehingga pendekatan menggunakan rumus lingkaran dianggap paling representatif untuk menggambarkan luas infeksi secara akurat.

## 2.7 Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Data hasil pengamatan diolah secara statistik dengan menggunakan *software Microsoft*. Model dari percobaan (Gespertz 1991) :

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

$i=1,2,3$

$j=1,2,3$

$k=5$

Keterangan:

$Y_{ijk}$  : Nilai pengamatan dari perlakuan ke- $i$  dan ulangan ke- $j$

$\mu$  : Nilai tengah populasi (rata-rata yang sesungguhnya)

$\tau_i$  : Pengaruh perlakuan "*photoperoid*" ke- $i$

$\epsilon_{ij}$  : Pengaruh galat dari ulangan ke-j yang memperoleh perlakuan “*photoperoid*” ke-i

$\delta_{ijk}$  : Pengaruh galat dari tanaman ke-k dalam ulangan ke-j yang memperoleh perlakuan

- a. Menghitung tinggi total dengan menggunakan rumus berdasarkan (Siregar & Supriyanto, 2015)

$$TTot = (\tan \alpha_{ttot} \times jp) + tp$$

Keterangan:

$\alpha_{tt}$  : Sudut tinggi pohon menggunakan *abney level*

jp : Jarak pengamat ke pohon (10 m)

tp : Tinggi pengamat (sampai mata)

Keterangan:

$\pi$  : 3,14

D : Diameter

- b. Menghitung volume dengan menggunakan rumus berdasarkan (Mardiatmoko et al., 2020).

$$V = \frac{1}{4} \pi \times D^2 \times T \times f$$

Keterangan:

T : Tinggi pohon

F : Faktor bentuk

- c. Menghitung persentase keberhasilan Inokulasi dengan menggunakan rumus berdasarkan (Wangiyana et al., 2020).

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{N} \times 100\%$$

$$\%keberhasilan\ inokulasi = \frac{K+W+L}{3}$$

Keterangan:

$\sum_{i=1}^n xi$  : Jumlah lubang yang terinfeksi

N : Jumlah sampel lubang yang ada

W : Perubahan Warna

K : Persentasi Keberhasilan Infeksi

L : Luas Infeksi