

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

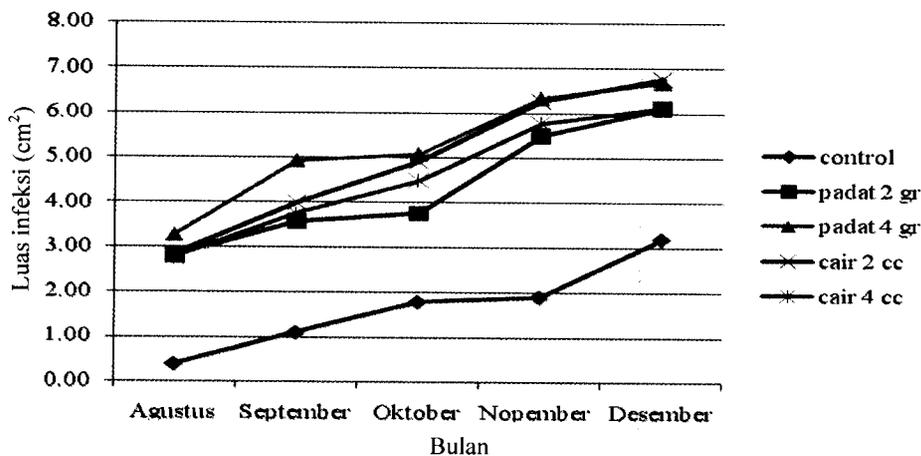
4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Arboretum Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat terletak didalam lingkungan perkantoran Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat (BPHPS) Kuok, yang secara administratif berada di Desa Kuok, Kecamatan Bangkinang Barat, Kabupaten Kampar Propinsi Riau. Secara geografis, lokasi arboretum terletak pada 0.19'06" LU dan 100.57'53" BT. Secara keseluruhan luas areal Arboretum BPHPS ± 7.6 hektar.

Jenis tanah yang mendominasi areal ini termasuk organosol dengan bahan induk alluvial. Suhu udara rata-rata harian 30,7° C dengan suhu maksimum dan minimum masing-masing 31° C dan 21° C. Tipe curah hujan berdasarkan kriteria Schmidt dan Ferguson adalah Tipe A dengan tipe iklim Af (tropika basah).

4.2 Luas Infeksi

Perkembangan luas infeksi pembentukan gubal gaharu setelah diinokulasi dengan isolat jamur *Fusarium sp.* terlihat seperti pada grafik berikut ini :



Grafik 1. Laju perkembangan luas infeksi pembentukan gubal gaharu

Setiap bulan terlihat adanya peningkatan luas infeksi untuk masing – masing perlakuan. Laju perkembangan luas infeksi yang paling tinggi terjadi pada perlakuan pemberian isolat padat sebanyak 4 gr seluas 6,69 cm² dan isolat cair sebanyak 2 cc seluas 6,79 cm². Hal ini disebabkan oleh koloni jamur yang banyak pada perlakuan tersebut. Menurut Erdi S (komunikasi pribadi) menyatakan bahwa

untuk 1 cc isolat cair dihuni oleh 10^6 koloni jamur *Fusarium sp.* Hal ini tentunya juga berkaitan erat dengan laju infeksi isolat terhadap resistensi tanaman.

Terlihat juga pada perlakuan isolat cair 2 cc per lubang bor mempunyai daya infeksi yang tinggi pada 5 bulan setelah inokulasi. Sampai pada pengamatan terakhir masih cenderung lebih tinggi dibandingkan isolat yang lain. Kondisi ini kemungkinan besar disebabkan patogenitas isolat yang masih tinggi dimana terjadi keseimbangan antara ketersediaan makanan dengan jumlah koloninya.

Perlakuan lainnya terjadi peningkatan luas infeksi dari 1 bulan setelah inokulasi hanya saja terlihat lambat dan fluktuatif. Hal ini terjadi dikarenakan adanya sistem pertahanan tumbuhan terhadap infeksi patogen. Pohon penghasil gaharu biasanya mensintesis dan mengakumulasi metabolit sekunder sebagai respon terhadap infeksi oleh agen tertentu, rangsangan fisiologi maupun keadaan cekaman (Anonim, 2004).

Infeksi yang diakibatkan oleh jamur *Fusarium sp.* terjadi pada pembuluh kayu yang dapat menyebabkan menurunnya kemampuan sel dan jaringan dalam melaksanakan fungsi-fungsi fisiologisnya yang normal sehingga dapat mengganggu pertumbuhan bahkan menimbulkan kematian. Sebulan setelah dilaksanakan inokulasi merupakan tahap awal infeksi sehingga perkembangan infeksi menunjukkan laju yang relatif sama, perbedaan perkembangan dijumpai pada pengamatan ke dua yaitu pada bulan kedua setelah di inokulasi, atas dasar ini dapat diperkirakan bahwa semakin lama infeksi maka hasilnya akan menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata.

Tabel 3. Data hasil uji lanjut *DMRT* pada taraf 5% disajikan pada tabel berikut :

Perlakuan	Bulan Pengamatan				
	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
P1 (kontrol 0 gr)	0,380 ^a	1,100 ^a	1,790 ^a	1,900 ^a	3,190 ^a
P2 (padat 2 gr)	2,813 ^b	3,590 ^b	3,770 ^b	5,500 ^b	6,120 ^b
P3 (padat 4 gr)	3,286 ^b	4,940 ^b	5,090 ^b	6,340 ^b	6,690 ^b
P4 (cair 2 cc)	2,863 ^b	4,010 ^b	4,940 ^b	6,280 ^b	6,790 ^b
P5 (cair 4 cc)	2,760 ^b	3,750 ^b	4,500 ^b	5,780 ^b	6,130 ^b

Angka-angka yang tidak diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada uji lanjut *DMRT* dengan selang kepercayaan 95%.

Tabel menunjukkan bahwa pemberian isolat pada berbagai taraf berbeda nyata terhadap kontrol. Hal ini terjadi sampai pada akhir pengamatan dimana masing – masing dosis perlakuan tidak berbeda nyata.

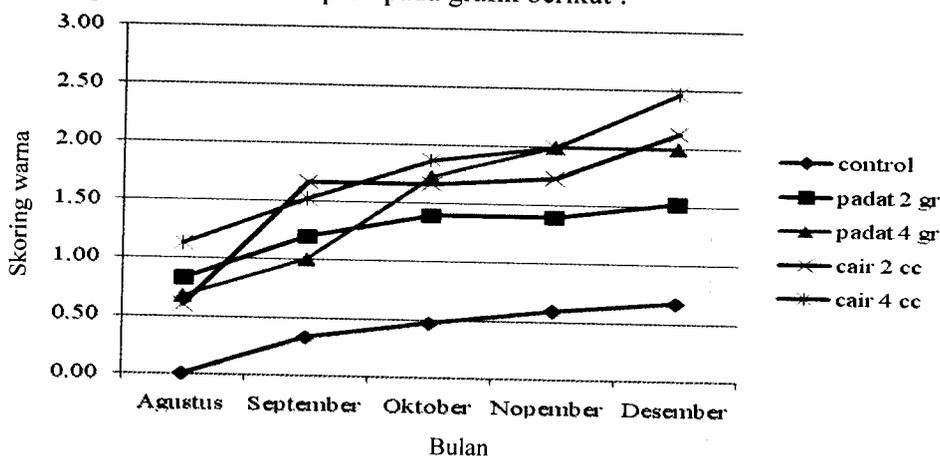
Menurut Sumarna (2002) menyatakan bahwa infeksi yang disebabkan oleh fungi mengakibatkan penyumbatan pada penyaluran tanaman sehingga menghasilkan zat *phytalyosin* sebagai reaksi dari infeksi patogen. Akibat dari infeksi tersebut, sistem fisiologi tanaman menjadi terganggu dan secara visual dapat terlihat pada bagian yang terinfeksi berwarna coklat sampai dengan kehitaman dan memiliki aroma wangi.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa gejala pencoklatan yang terbentuk bervariasi, tetapi cenderung menyebar secara vertikal (ke atas) mengikuti arah jaringan pembuluh batang tanaman yang juga dibangun atas sel-sel yang tersusun secara vertikal dengan warna gejala yang hampir sama

Santoso (2007) menyatakan bahwa, sangat pentingnya seleksi jamur pembentuk gaharu, karena walaupun spesiesnya sama, tetapi strainnya kemungkinan berbeda sehingga kemampuan untuk menginduksi gaharu pun berbeda.

4.3 Perubahan Warna

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan terjadinya perubahan warna akibat pemberian isolat seperti pada grafik berikut :



Keterangan : 0 = putih; 1 = putih kecoklatan; 2 = coklat; 3 = coklat kehitaman

Grafik 2. Laju perubahan warna gubal kayu

Grafik diatas menunjukkan terjadinya perubahan warna pada setiap bulan pengamatan. Pemberian isolat cair sebanyak 4 cc per lubang bor memperlihatkan perubahan tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sejauh ini perubahan warna terjadi baru sampai pada tahap berwarna coklat saja yaitu pada perlakuan pemberian inokulasi padat 4 gr, pada perlakuan pemberian inokulasi cair 4 cc dan pada perlakuan pemberian isolat cair 2 cc. Perubahan warna kayu terjadi pada setiap perlakuan. Intensitas warna kayu sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh perlakuan. Secara umum intensitas warna kayu yang diberi perlakuan berbeda dari kontrol.

Pada perlakuan pemberian isolat cair sebanyak 2 cc sangat reaktif pada bulan pertama. Namun perlakuan pemberian isolat cair sebanyak 4 cc terus mengalami peningkatan perubahan warna sampai pada bulan akhir pengamatan. Untuk kontrol memang terjadi perubahan warna kayu, hanya saja belum tentu perubahan warna tersebut menandakan terjadinya pembentukan gubal gaharu. Perubahan warna terjadi akibat adanya kerusakan fisik yang disebabkan adanya lubang bor. Warna yang terbentuk menjadi salah satu syarat pengklasifikasian nilai jual. Setiap warna akan memberikan nilai jual tersendiri.

Menurut walker et al. dalam Rahayu dkk. (2009) menyatakan bahwa perubahan warna kayu menjadi warna coklat (*browning*) dapat disebabkan oleh serangan patogen (cendawan) dan kerusakan fisik. Perubahan warna kayu ini mungkin dapat mengindikasikan adanya senyawa gaharu. Hal ini didukung oleh pernyataan Novriyanti E. (2009), bahwa perubahan warna dari putih menjadi coklat – kehitaman merupakan gejala awal terbentuknya senyawa gaharu.

Indikasi keberhasilan rekayasa pembentukan gaharu melalui inokulasi ditandai dengan terjadinya perubahan proses fisiologis yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab penyakit sehingga jelas ditunjukkan dengan adanya gejala yaitu berubahnya warna batang dari putih kekuningan (pucat) menjadi coklat kehitaman dan perubahan warna atau bentuk pada daun yang menguning atau kerdil (Yunasfi, 2008).

Jaringan batang yang berwarna kecokelatan disekitar lubang bor menunjukkan telah terjadi akumulasi metabolit sekunder sebagai respon atas pelukaan atau infeksi jamur *Fusarium* sp. (Santoso, 2007).

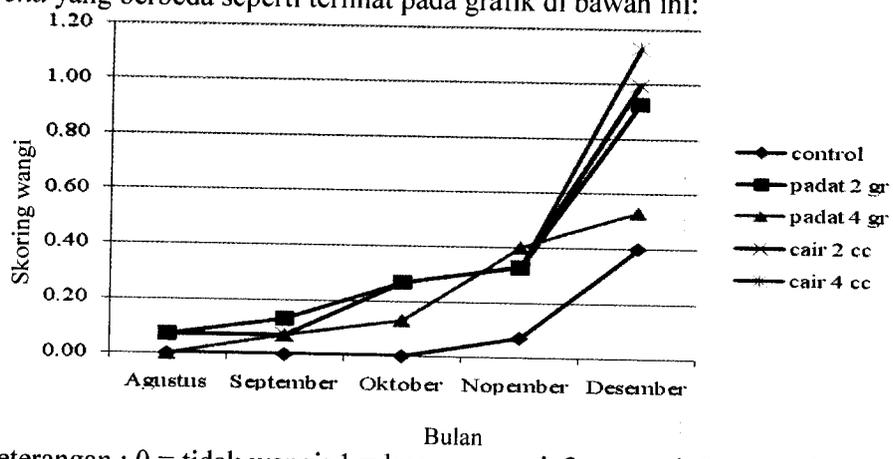
Keberhasilan rekayasa pembentukan gaharu erat kaitannya antara kinerja penyakit (fungi) dengan kondisi ekologis edafis dan iklim mikro setempat, yang merupakan respon fisiologis tumbuhan terhadap adanya serangan mikroorganisme. Apabila tanaman diganggu oleh patogen atau keadaan lingkungan tertentu dan salah satu atau lebih fungsi tersebut terganggu sehingga terjadi penyimpangan dari keadaan normal maka tanaman menjadi sakit. Interaksi antara tanaman, patogen pembentuk gaharu dan kondisi lingkungan membentuk gubal gaharu seiring waktu.

Jamur menyebabkan gejala lokal atau gejala sistemik pada inangnya, dan gejala tersebut mungkin terjadi secara terpisah pada inang-inang yang berbeda, secara bersamaan pada inang yang sama atau yang satu mengikuti yang lain pada inang yang sama. Gejala pencoklatan pada batang pohon *A. malaccensis* sebagai akibat serangan jamur *Fusarium* sp. maka gejalanya termasuk ke dalam gejala lokal (awalnya hanya sekitar lubang pengeboran) yang lama kelamaan infeksiya bisa semakin luas membunuh jaringan tumbuhan.

Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan *Fusarium* sp. Sangat baik dimana *Fusarium* sp. Dapat berasosiasi dengan pohon penghasil gaharu dalam hal ini adalah pohon karas (*Aquilaria malaccensis*, Lamrk).

4.4 Tingkat Wangi

Perubahan tingkat wangi untuk masing – masing perlakuan menunjukkan trend yang berbeda seperti terlihat pada grafik di bawah ini:



Keterangan : 0 = tidak wangi; 1 = kurang wangi; 2 = wangi; 3 = wangi sekali

Grafik 3. Laju perubahan tingkat wangi

Perubahan tingkat wangi dari perlakuan yang ada terlihat pemberian isolat cair sebanyak 4 cc per lubang bor lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang lainnya. Secara umum pemberian perlakuan mampu meningkatkan tingkat wangi pada kayu dibandingkan kontrol.

Tingkat wangi antar perlakuan isolat padat 2 gr per lubang bor sama dengan perlakuan isolat cair 2 cc per lubang bor sampai pada bulan keempat pengamatan tetapi pada bulan kelima pengamatan perlakuan inkulan 2 cc per lubang bor lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan pemberian isolat padat sebanyak 2 gr per lubang bor. Dalam satu perlakuan, tingkat wangi pada setiap lubang bor bervariasi.

Berdasarkan skoring semua perlakuan berpotensi merangsang munculnya aroma wangi. Sampai akhir pengamatan semua perlakuan hanya sampai pada kategori kurang wangi. Aroma wangi yang terbentuk merupakan bagian dari komponen senyawa gaharu yang terbentuk.

Pada akhir pengamatan terjadi peningkatan yang tinggi. Perlakuan isolat cair sebanyak 4 cc per lubang bor meningkat 80% dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Perlakuan pemberian isolat cair sebanyak 2 cc per lubang bor meningkat 67% dan peningkatan 60% terjadi pada perlakuan pemberian isolat padat sebanyak 2 gr per lubang bor.

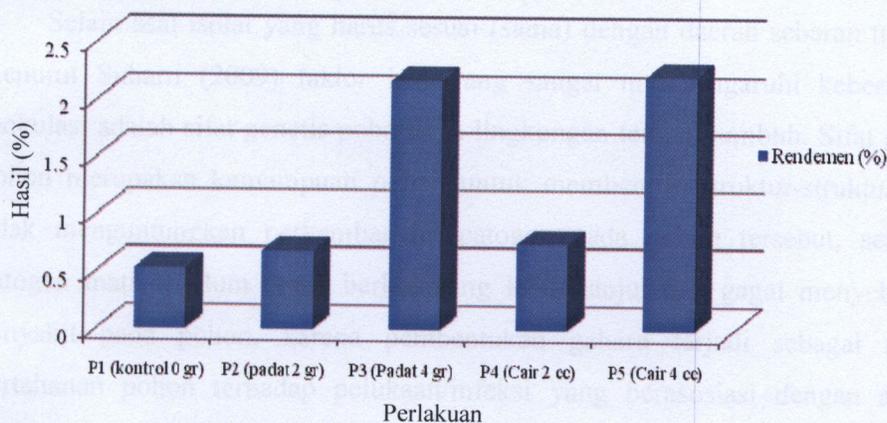
Menurut Rahayu dkk. (2009) peningkatan aroma wangi tidak selalu dibarengi dengan perubahan warna kayu. Peningkatan aroma wangi diduga disebabkan oleh bertambahnya senyawa *sesquiterpen* begitu juga penurunan tingkat wangi yang diakibatkan oleh hilangnya senyawa *sesquiterpen*, karena senyawa ini mudah menguap.

Sumarna (2002) menyatakan bahwa penyakit pembentuk gaharu memiliki hubungan fisiologis antara jenis pohon dengan kondisi ekologis lingkungan sesuai sebaran tumbuh pohon, karena semua benda hayati sesuai nilai endemik dan edafis tempat tumbuhnya memiliki keamatan hubungan dengan proses biofisiologis laju perkembangan tumbuh. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu mengenai gaharu yang lebih terfokus pada jamur spesifik yang dapat merangsang terbentuknya gaharu. Sejumlah penelitian ini menyebutkan bahwa jamur penyebab terbentuknya gaharu berlainan pada setiap pohonnya.

Perubahan tingkat wangi pada gaharu yang terbentuk relatif tidak stabil. Yunasfi (2008) menyatakan bahwa ada peranan genetik dalam hal tersebut. Mengingat susunan gen karena berbagai proses dapat berubah, maka demikian pula virulensi pada suatu jenis patogen dapat berubah dari waktu ke waktu. Perubahan itu bisa terjadi karena *hibridisasi*, *heterokariosis* dan *paraseksualisme*. Itulah sebabnya mengapa suatu jenis patogen yang sama, dan yang memiliki bentuk serta cara perkembangbiakan yang sama, tetapi apabila berada di daerah dan berbagai jenis pohon yang berbeda maka dapat berlainan infeksi.

4.5 Rendemen Hasil

Hasil perhitungan rendemen hasil yang dilakukan pada akhir pengamatan tergambar pada grafik berikut :



Grafik 4. Rendemen hasil gubal gaharu

Rendemen hasil terbanyak berasal dari perlakuan pemberian isolat cair sebanyak 4 cc per lubang bor sebesar 2,21%. Perlakuan pemberian isolat padat sebesar 4 gr per lubang bor sebesar 2,17%, sedangkan perlakuan yang lain memiliki rendemen < 1 %. Perhitungan rendemen dimaksudkan untuk mengetahui hasil yang diperoleh. Rendemen yang dihasilkan tidak sama untuk setiap perlakuannya. Masing – masing rendemen mempunyai klasifikasi dan harga yang berbeda.

Tanda adanya pembentukan gubal gaharu (infeksi *Fusarium* sp.) dicirikan dengan berubahnya warna batang dari putih kekuningan (pucat) menjadi coklat sampai dengan coklat kehitaman di sekitar lubang bor.

Tabel.2 Data hasil uji lanjut *DMRT* pada taraf 5% disajikan pada tabel berikut :

Perlakuan	Rendemen (%)
P1 (kontrol 0 gr)	0,53 ^a
P2 (padat 2 gr)	0,68 ^{ab}
P4 (cair 2 cc)	0,79 ^b
P3 (padat 4 gr)	2,14 ^c
P5 (cair 4 cc)	2,21 ^c

Angka-angka yang tidak diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada uji lanjut *DMRT* dengan selang kepercayaan 95%.

Tabel menunjukkan bahwa adanya pemberian perlakuan isolat padat sebanyak 2 gr per lubang bor berbeda tidak nyata terhadap kontrol. Pemberian perlakuan yang lain berbeda nyata terhadap kontrol. Berdasarkan uji lanjut diatas perlakuan pemberian isolat padat sebanyak 4 gr per lubang bor dan pemberian isolat cair sebanyak 4 cc per lubang bor memberikan hasil yang tinggi.

Selain asal isolat yang harus sesuai (sama) dengan daerah sebaran tumbuh, menurut Suharti (2009) faktor lain yang sangat mempengaruhi keberhasilan inokulasi adalah sifat genetis pohon dan lingkungan tempat tumbuh. Sifat genetis pohon merupakan kemampuan pohon untuk membentuk struktur-struktur yang tidak menguntungkan perkembangan patogen pada pohon tersebut, sehingga patogen mati sebelum dapat berkembang lebih lanjut dan gagal menyebabkan penyakit pada pohon, karena pembentukan gaharu terjadi sebagai respon pertahanan pohon terhadap pelukaan/infeksi yang berasosiasi dengan adanya perubahan sitologi pada sel parenkima hidup pada kayu setelah dilukai.

Keberhasilan proses inokulasi juga erat hubungannya dengan kemampuan antibodi yang dibentuk pohon bila mendapat gangguan biologis penyakit. Bila *phenol* sebagai bahan antibodi berhasil melawan penyakit, maka proses pembentukan gaharu akan terhambat atau bahkan tidak akan terbentuk gaharu, sebaliknya bila penyakit itu berhasil melawan antibodi pohon, maka *phenol* akan dirubah menjadi resin gaharu yang berisikan komponen kimia berupa *alpha-beta agarofurol* (Sumarna, 2003).