

**PERUBAHAN KIMIA KAYU PADA GUBAL GAHARU (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)
HASIL REKAYASA¹⁾
(*Wood Chemical Changes In Gubal Agarwood (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)
Engineered*)**

Chendy Herawati ^{a*}, Ridwanti Batubara ^b, Edy Batara Mulya Siregar ^b

^a Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara Jl. Tri Dharma Ujung No. 1
Kampus USU Medan 20155 (* Penulis Korespondensi, Telp./Fax. 061-8201920,
E-mail: herawatichendy@yahoo.co.id)

^b Staf Pengajar Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian - Universitas Sumatera Utara

Abstract

*Indonesia is the biggest producer gaharu (*A. malaccensis* Lamk.) in the world with the best quality. Agarwood is elite commodity non timber forest products that have potential as an industrial raw material. The research objective is measuring physical properties (water content and density) of wood tissue is induced to form the agarwood. Measuring changes in the chemical content (hemicellulose, cellulose, alpha cellulose and lignin) of wood tissue induced 12 months, 6 months, and the control of long induced agarwood. Treatment in research was induced period of 6 months, 12 months and control. The analysis was done according to ASTM Standard D 4933-99 and TAPPI. The result of research showed that the induced agarwood for 12 months had a higher density than the control, and 6 months. while the water content was not significantly different. The extractive substances that contained in induced agarwood had a higher value than the control (the value of agarwood solubility in cold water, solubility in hot water, solubility in NaOH, solubility in alcohol and benzene). The content of hemicelluloses, cellulose and alpha cellulose in the induced agarwood for 12 months trend to be lower than the control.*

*Keyword: agarwood, *A. malaccensis* Lamk., physical properties, chemical properties, induced*

PENDAHULUAN

Gaharu adalah produk akhir yang diperoleh dari spesies (*A. malaccensis* Lamk) yang merupakan salah satu komoditas hasil hutan non kayu yang bernilai ekonomi tinggi untuk kebutuhan bahan industri. Gaharu mengandung resin dan diketahui gaharu dibentuk oleh infeksi cendawan (Nobuchi dan Siripatanadilok, 1991)

Seiring meningkatnya pengambilan gaharu dan peredaran gaharu di pasar internasional, telah menimbulkan berbagai dampak diantaranya semakin turunnya populasi gaharu. Gaharu termasuk sebagai jenis yang di lindungi sehingga gaharu masuk ke dalam Appendix II. Karena keberadaan gaharu yang semakin terbatas jumlahnya di alam. Dalam perdagangan internasional komoditas gaharu dikenal dengan nama *Agarwood*, *Aleoswood*, Kuras, Kresno, Jinkoh, Oudh (Surata dan Widyana, 2001).

Salah satu upaya yang dilakukan manusia untuk mengatasi populasi gaharu yang semakin menurun di setiap tahun adalah dilakukannya pemanfaatan melalui proses budidaya pohon penghasil gaharu yang diperoleh dari species (*A. malaccensis lamk*). Pemanfaatan ini bertujuan karena gaharu merupakan kayu aromatik penting sehingga sebagai subjek pemanenan yang cukup tinggi. Gaharu juga berpotensi menjadi andalan

mengantikan kayu di masa mendatang dan gaharu juga hasil hutan non kayu yang bernilai ekonomi tinggi untuk kebutuhan bahan industri. Teknik yang dilakukan untuk menghasilkan resin pada tanaman budidaya dengan cara melukai pohon dan memberi perlakuan untuk memacu respon pertahanan alami pohon (Sumarna, 2005).

Pada budidaya gaharu, proses produksi gaharu sangat ditentukan kuantitasnya oleh jumlah lubang atau luka yang diinokulasi dan kualitasnya tergantung dengan lamanya waktu sejak inokulasi hingga panen. Semakin lama maka semakin banyak resin wangi yang terakumulasi dan semakin tinggi kualitas gaharu yang dihasilkan. Dengan demikian, maka pengembangan gaharu hasil budidaya dan inokulasi dapat jauh lebih efisien dibandingkan produksi yang mengandalkan gaharu bentukan alam. (Mucharromah dan Marantika, 2009) menunjukkan bahwa pada jaringan yang terkontaminasi resin gaharu yang awalnya berwarna coklat bening kemerahan berubah menjadi berwarna kehitaman dan menghilang sebelum akhirnya selnya menjadi hancur. Oleh karena itu dalam proses produksi gaharu dengan inokulasi perlu diterapkan prinsip-prinsip aseptik yang akan membatasi peluang terjadinya kontaminasi (Mucharromah *et al.*, 2008).

Pembentukan gaharu oleh faktor biotik dapat disebabkan oleh infeksi jasad renik. Pembentukan gaharu terjadi pada pohon budidaya, proses terjadinya dan terbentuknya gaharu dipengaruhi oleh pelukaan dan perlakuan mekanis sehingga hal ini merupakan suatu proses pemicu terbentuknya gaharu. Dalam suatu proses pembentukan gaharu bahwa semakin lama waktu proses akan menyebabkan warna pada daerah infeksi menjadi semakin gelap. Proses perubahan pembentukan dan perubahan warna yang terjadi di daerah pelukaan terjadi tiga kali lebih cepat di musim hujan di bandingkan di musim kering (Mucharromah, 2006).

Zat ekstraktif terdapat pada gaharu, zat ekstraktif pada kayu disebut juga sebagai metabolit sekunder. Metabolit sekunder dalam pohon meliputi berbagai senyawa, seperti flavanoid, terpena, fenol, alkaloid, sterol, lilin, lemak, tannin, gula, gum, suberin dan asam resin. Diketahui bahwa konsentrasi metabolit bervariasi antar spesies dan antar jaringan (konsentrasi tertinggi berada di kulit, kayu teras, akar, pangkal percabangan, dan jaringan luka). Daerah tropis dan subtropis umumnya mengandung jumlah ekstraktif yang lebih di bandingkan di daerah temperate (Forestry Commission GIFNFC 2007).

Secara kimiawi kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Ohara *dkk*, 1998). Hemiselulosa terikat dengan polisakarida, protein dan lignin dan lebih mudah larut dibandingkan dengan selulosa. Di dalam kayu, kandungan hemiselulosa berkisar antara 25-30%, tergantung dari jenis kayunya (Shallom dan Shoham, 2003).

Ekstraktif kayu dapat di golongan menjadi tiga bagian, yaitu komponen alifatik, terpena dan terpenoid serta fenolik. Komponen alifatik merupakan kelompok lemak dan lilin. Termasuk dalam kelompok ini ada berbagai macam senyawa alifatik yang terdapat dalam resin seperti n-alkana, alkohol lemak, asam lemak, lemak (ester gliserol), lilin (ester dari alkohol) dan suberin, kelompok alkana bersifat lipofilik, ester dan alkohol biasanya berupa alkohol alifatik atau terpenoid alami yang dikenal sebagai lilin (Sjöström, 1995).

Tujuan Penelitian ini adalah mengukur sifat fisis (kadar air, kerapatan) jaringan kayu yang diinduksi membentuk gubal gaharu, mengukur perubahan kandungan kimia (hemiselulosa, selulosa, alpa selulosa, lignin) jaringan kayu yang diinduksi 12 bulan, 6 bulan dan gaharu kontrol terhadap lama induksi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian untuk pengujian sifat fisis. Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara untuk pengujian sifat kimia. Sedangkan untuk pengujian Alpa Selulosa contoh uji dilakukan di laboratorium Kimia Analitik Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara.

Bahan dan alat yang digunakan

Alat yang di gunakan dalam penelitian ini adalah cawan timbangan, ayakan 40 mesh, gelas piala 500 ml, gelas piala 400 ml, gelas piala 300 ml, gelas piala 100 ml, gelas ukur 10 ml, magnetic stirrer, label nama, kertas saring, erlenmayer 300 ml, erlenmayer 1000 ml, erlenmayer 250 ml, erlenmayer 50 ml, buret 15 ml, pengaduk kaca, beker glas 500 ml, pipet 25 ml, waterbath, kertas siphon (*extraction thimbles*), peralatan ekstraksi, cawan porselen, kaki tiga dan lempengan asbes, kertas lakmus, karet gelang, botol semprot, alat titrasi, extraction flask 250 ml, corong buchner, dan penghisap, thermometer, oven, desikator, oven pengabuan, gas buchner, hot plate, botol vakum, filtration flask, timbangan analitik, labu ukur 250 ml, labu Sthal.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu gaharu yang diinduksi & kayu gaharu yang tidak diinduksi, parafin. Bahan kimia yang digunakan adalah antara lain, untuk mendestilasi (bebas aquades), etanol, benzene, NaOH 1%, asam asetat 10%, HCl 6M, asam sulfat 72% yang disimpan dalam pendingin, asam asetat (CH₃COOH), sodium klorit NaClO₂, aseton, asam sulfat 1,3%, NaOH 17,5%, K₂Cr₂O₇ N, ion ferro, asam sulfat pekat, cairan filtrate selulosa, HCl 12%, aquades, asam asetat 10%.

Pelaksanaan Penelitian

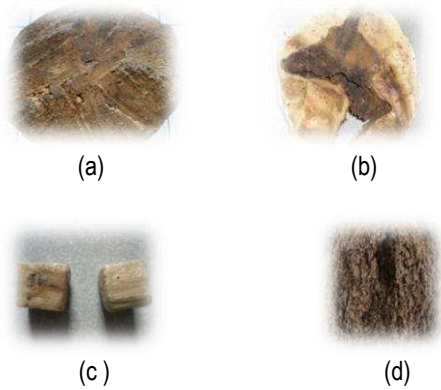
Persiapan Bahan Baku

Bahan baku di peroleh dari lahan usaha tani Kecamatan Salapian, Bahorok, Kabupaten Langkat. Sampel dari kayu yang mengalami perubahan warna di pisahkan dari bagian yang sehat, sebelum melakukan analisis sifat fisis dilakukan pemotongan secara manual dengan panjang 1-2 cm, dan untuk analisis sifat kimia bahan baku dirajang, dikering anginkan, dihaluskan hingga berbentuk serbuk.

Prosedur Penelitian

a. Sifat Fisis

Untuk mengetahui sifat fisis pada bagian Gubal Gaharu yang diinduksi maka digunakan analisis sebagai berikut :



Gambar 1. (a) Gubal Gaharu Kontrol, (b) Gubal Gaharu Diinduksi (c) Gaharu 2x2 cm, (d) Serbuk Gubal Gaharu

1. Kadar Air (KA) (ASTM D 2016-74)

Analisis ini diawali dengan memasukkan kayu gaharu yang diinduksi dengan ukuran 2x2x2 cm yang telah diketahui beratnya. Kemudian dimasukkan dalam oven yang sudah diatur pada suhu 103 ± 2 °C setiap 24 jam, cawan ditimbang dengan isinya dimasukkan kedalam desikator selama ± 15 menit untuk kemudian ditimbang. Penimbangan dilanjutkan secara terus-menerus sampai beratnya konstan. Berat bagian gaharu yang diinduksi pada keadaan ini disebut berat kering oven (BKO).

2. Kerapatan

Untuk mengetahui kerapatan Gubal Gaharu yang diinduksi dimana contoh uji di timbang untuk diketahui beratnya. Volumennya dapat diperoleh dengan metode volume yang di pindahkan. Penentuan volume melibatkan penggunaan silinder berskala. Dalam hal ini volume adalah perbedaan antara permukaan cairan sebelum dan sesudah pencelupan. Contoh uji dilapisi dengan parafin agar air tidak masuk kedalam contoh uji.

b. Sifat Kimia

Standar yang digunakan dalam menganalisis kandungan kimia adalah standar TAPPI (*Technical Analyze of The Pulp and Paper Industry*).

Kelarutan Zat Ekstraktif

1. Kelarutan Dalam Air Dingin (TAPPI T 207 om-88)

Dua gram serbuk Gubal Gaharu kering oven dimasukkan ke dalam gelas piala 400 ml dan tambahkan aquades sebanyak 300 ml. Diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan konstan selama 48 jam dengan suhu 23 ± 2 °C. setelah 48 jam, serbuk di saring dengan menggunakan gelas filter yang bersih dan telah diketahui beratnya, serbuk yang telah di tampung di

gelas filter dibilas dengan aquades dingin sebanyak 200 ml. Serbuk yang ada di gelas filter dimasukkan dalam oven dengan suhu 103 ± 2 °C selama 24 jam, lalu dinginkan dalam desikator dan timbang beratnya. Pengeringan dan penimbangan dilakukan beberapa kali sampai beratnya konstan.

2. Kelarutan Dalam Air Panas (TAPPI T 207 om-88)

Dua gram serbuk gubal gaharu kering oven yang dimasukkan kedalam elenmayer 300 ml. tambahkan aquades panas (yang mendidih pada temperature 100 °C) sebanyak 100 ml. masukkan dalam waterbath yang airnya telah mencapai titik didih, dengan menggunakan pendingin tegak selama 3 jam, yang harus di perhatikan bahwa air permukaan waterbath harus di atas permukaan air di dalam erlenmayer. Pada periode tertentu yang konstan, campuran tersebut harus di kocok perlahan-perlahan. Dipindahkan serbuk yang ada di elenmayer ke gelas filter yang bersih dan telah di ketahui beratnya, serbuk yang telah di tampung di gelas filter di bilas dengan aquades panas sebanyak 200 ml. serbuk yang ada di gelas filter di masukkan ke dalam oven dengan suhu 103 ± 2 °C selama 24 jam, lalu didinginkan dalam desikator dan timbang beratnya. Pengeringan dan penimbangan dilakukan beberapa kali sampai beratnya konstan.

3. Kelarutan dalam NaOH 1% (TAPPI 212 om -88)

Dua gram serbuk gubal gaharu kering oven dimasukkan ke dalam gelas erlenmayer 300 ml. Ditambahkan 10 ml larutan NaOH 1% dan dimasukkan ke dalam waterbath yang airnya telah mendidih selama 1 jam. Permukaan air dalam waterbath harus selalu di atas air dalam gelas piala. Isi gelas piala di pindahkan ke dalam gelas filter yang bersih, kering dan telah diketahui beratnya. kemudian di bilas dengan aquades panas ± 100 ml dan asam asetat 10% dan terakhir bilas lagi dengan aquades panas sampai bebas asam (dicek dengan Ph Indikator). Dimasukkan gelas filter beserta residu tersebut kedalam oven dengan suhu 103 ± 2 °C selama 24 jam. Dinginkan dalam desikator selama ± 15 menit, kemudian ditimbang. pengeringan dan penimbangan dilakukan sampai berat yang konstan.

4. Kelarutan Dalam Alkohol Benzen (1:2) (TAPPI T 204 om-88)

Extraction flask yang bersih dan batu pendidih di timbang untuk mengetahui beratnya. Kertas shipon kosong di timbang, lalu isi dengan serbuk sebanyak 9/10 bagian dan di timbang lagi. Ekstraksi dengan 200 ml larutan alkohol-benzen selama 4-6 jam. Setelah di ekstraksi, pindahkan serbuk ke corong bucher dan keluarkan sisa larutan alkohol – benzen yang ada di serbuk dengan alat penghisap. Dibilas lagi beberapa kali dengan aquades sambil di hisap untuk mengeluarkan etanol. Dipindahkan serbuk yang telah habis airnya

ke dalam Erlenmeyer 1000 ml dan tambahkan aquades panas ke dalamnya sebanyak 500 ml. Dipanaskan dalam waterbath selama 1 jam. Usahakan temperature waterbath selalu konstan (100°C). selanjutnya serbuk disaring dengan corong bucher dan panghisap sambil di bilas dengan 500 ml aquades mendidih. Ditebarkan serbuk di atas kertas dan biarkan selama beberapa jam hingga tercapai kadar air seimbang. Hitung kadar airnya dan sisa serbuk di simpan dalam plastik untuk di gunakan analisa lain. Untuk mengetahui besarnya kandungan zat ekstraktif, maka filtrate yang ada di extraction flask di keringkan dengan cara mendestilasinya dengan menggunakan waterbath, pendingin dan penghisapan. Setelah extraction flask kering, lalu di oven ± 1 jam, lalu dinginkan dalam desikator dan di timbang. Pengeringan dan penimbangan dilakukan sampai berat yang konstan.

5. Hemiselulosa (TAPPI T 9 om-54)

Serbuk Gubal Gaharu bebas ekstraktif ditimbang 2,5 gram, dimasukkan ke dalam elenmayer 200 ml, ditambahkan aquades dengan suhu 80°C sebanyak 80 ml. tambahkan 0,94 gr NaCl₂ (80%) dan 0,3 ml CH₃COOH sambil diaduk. Tutup dengan Erlenmeyer 50 ml dan panaskan dalam waterbath dengan suhu 80°C. setelah 60 menit, tambahkan lagi 0,94 gr NaCl₂ (80%) dan 0,3 CH₃COOH sebanyak 3 kali. Selanjutnya dinginkan erlenmayer dan isi dengan air es dengan temperature di bawah 10°C. Saring dengan gelas filter pori 2 yang bersih dan telah di ketahui beratnya, bilas dengan air es, lalu dengan aseton. Keringkan dalam desikator dan aseton di sedot keluar. Residu akhir adalah hemiselulosa berwarna putih atau kekuning-kuningan. Masukkan gelas filter dengan residunya ke oven temperatur 103 \pm 2°C selama 24 jam. Selanjutnya angkat dan dinginkan dalam desikator selama ± 15 menit kemudian timbang beratnya sampai konstan. Hemiselulosa di gunakan untuk mendeterminasi selulosa.

6. Selulosa (TAPPI T-17 om-55)

Hemiselulosa kering di timbang 2 gram \pm 1 mg, dan masukkan kedalam beker glass 500 ml. tambahkan 200 ml 1,3 % asam sulfat. Panaskan di atas waterbath (100°C) selama 2 jam. Disaring larutan dengan gelas filter yang bersih, kering dan sudah di ketahui beratnya. Dibilas dengan 150 ml aquades hingga netral (dicek dengan kertas lakmus) kemudian bilas dengan etanol. Masukkan gelas filter dengan residu ke oven temperatur 103 \pm 2°C selama 24 jam. Selanjutnya diangkat dan dinginkan dalam desikator selama ± 15 menit. Kemudian timbang beratnya sampai konstan.

7. Alpa Selulosa (TAPPI 203 om-88)

Residu hemiselulosa kering oven di timbang 1,5 gram, dimasukkan ke dalam gelas piala yang tinggi, kemudian tambahkan 75 ml NaOH 17,5 %, lalu aduk setelah tercampur sempurna,

tambahkan 25 ml NaOH 17,5 % dan aduk lagi. Pengadukan selama 30 menit dengan temperature waterbath 25 \pm 0,2°C. Setelah 30 menit ditambahkan 100 ml aquades dan diaduk beberapa saat. Lalu diamkan selama 30 menit. Selanjutnya disaring dengan gelas filter dan filtratnya ditampung di filtration flask yang bersih dan kering (jangan di bilas dengan air). ambil filtrate 25 ml dengan pipet dan 10 ml K₂Cr₂O₇ dan dimasukkan ke dalam erlenmayer 250 ml lakukan 3 kali, tambahkan dengan hati-hati (sambil dikocok) dengan 30 ml asam sulfat pekat. Didiamkan selama 15 menit, lalu tambahkan 50 ml aquades dan dinginkan dalam temperature ruang selama beberapa jam. Ditambahkan 2-4 tetes ferroin dan titrasi dengan feramonium sulfat 0,1 N hingga tercapai titik titrasi (larutan berwarna ungu). Dibuat titrasi blanko, yaitu dengan menggunakan 12,5 ml NaOH 17,5% dan 12,5 ml air.

$$\text{Perhitungan : \% Alpa Selulosa} = 100 - \frac{6,85 (V_2 - V_1) \times N \times 20}{A \times W} \times 100\%$$

Keterangan : V1 = Titrasi filtrate (ml)

V2 = Titrasi Larutan Blanko (ml)

N = Normalitas larutan ferroamonium sulfat yang sebenarnya (larutan harus di standarisasi sebelum di pakai)

A = Volume filtrate yang di gunakan (ml)

W = Berat Sampel (gram)

8. Lignin (TAPPI T 222 om -88)

Satu gram serbuk gubal gaharu bebas ekstraktif (kering oven) di masukkan ke dalam gelas piala 100 ml, kemudian letakkan dalam waterbath dengan suhu 2 \pm 1°C. tambahkan asam sulfat 72 % sebanyak 15 ml sedikit demi sedikit dengan menggunakan buret terus di aduk, temperature dalam waterbath dengan suhu 2 \pm 1°C selama disperse dilakukan. Ditutup gelas piala dengan penutup kaca dan dimasukkan ke dalam bath yang bertemperature 20 \pm 1°C dan aduk secara teratur selama 2 jam. Erlenmayer 100 ml di isi dengan 300-400 ml aquades panas lalu pindahkan serbuk dari gelas piala ke elenmayer. Selanjutnya bilas dan encerkan dengan aquades hingga volume mencapai 575 ml (konsentrasi asam sulfat menjadi 3 %). Dididihkan dengan Hot Plate selama 4 jam dan bila air dalam elenmayer berkurang tambahkan air panas. Saring menggunakan gelas filter bersih dan telah diketahui beratnya. kemudian bilas dengan air panas hingga bebas asam (di cek dengan Ph Indikator). Gelas filter dan serbuk Gubal Gaharu di masukkan dalam oven dengan temperature 103 \pm 2°C selama 24 jam. Dinginkan dalam desikator, kemudian timbang beratnya.

Analisis Data

Untuk mengetahui apakah ada perubahan kandungan kimia jaringan kayu diinduksi berdasarkan perbandingan umur induksi maka dianalisis dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL).

$$\text{Model linear : } Y_{i,j,k} = \mu + c_i + \sum_{i,j}$$

Keterangan :

- $y_{i,j,k}$ = pengaruh kadar terhadap lama inkubasi
 k = ulangan (1,2,3)
 μ = nilai rata-rata pengamatan
 c_i = pengaruh lama inkubasi
 $\sum_{i,j}$ = eror (galat) karena perlakuan ke- i ulangan ke- j
 i = 1, 2, 3
 j = 1, 2, 3

untuk melihat pengaruh perubahan kandungan kimia terhadap lama inkubasi dilakukan analisis sidik ragam berupa uji F pada tingkat kepercayaan (95% nyata).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan senyawa kimia pada gubal gaharu merupakan senyawa tipe fitoaleksin. Fitoaleksin merupakan senyawa aktif dapat diproduksi setelah pelukaan atau infeksi pada pohon penghasil gaharu. Senyawa yang terkandung di dalamnya antara lain, monoterpenoid yang berfungsi sebagai minyak esensial sedangkan sesquiterpenoid merupakan senyawa yang berfungsi sebagai agen anti mikrobial. Metabolit sekunder pada kayu disebut sebagai zat ekstraktif, ekstraktif memiliki fungsi penting sebagai sistem pertahanan pohon terhadap serangan mikroorganisme penyebab penyakit. Ekstraktif mengandung senyawa alkaloid, terpenoid, chromone, sesquiterfenoid, asetosiringon yang dimanfaatkan sebagai bahan baku industri ataupun penggunaan lainnya.

Sifat Fisis Gubal Gaharu

Analisis mencakup penentuan karakteristik gubal gaharu dan senyawa-senyawa yang berkaitan dengan kayu karena gubal gaharu merupakan Hasil Hutan Non Kayu dan juga bahan berlignoselulosa seperti kayu. Hasil sifat fisis analisis gubal gaharu disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 1 bahwa gubal gaharu diinduksi 12 bulan memiliki nilai kadar air yaitu (4.6%) di bandingkan dengan umur gubal gaharu kontrol yaitu (2.83%) dan gubal gaharu diinduksi 6 bulan yaitu (2.03%). Kadar air pada gaharu diinduksi 12 bulan tinggi artinya pada kondisi ini lumen sebagai tempat tersimpan banyak bahan ekstraktif dimana pada kondisi ini dinding sel pecah yang dipengaruhi oleh reaksi tanaman penghasil gaharu, sehingga air bebas keluar masuk dalam dinding sel dan

mempengaruhi kembang dan susut pada gubal gaharu. Nilai pada gubal gaharu diinduksi 6 bulan rendah hal ini dipengaruhi oleh penyebaran serta reaksi tanaman untuk mengeluarkan resin terhadap infeksi pathogen belum merata, hal ini juga di pengaruhi oleh panjang infeksi yang terjadi. Dalam kondisi seperti ini pengaruh induksi masih kecil sehingga tidak mempengaruhi dinding sel, oleh karena itu pemecahan dinding sel belum terjadi dan kondisi kadar air rendah. Hasil analisis sidik ragam menyatakan bahwa kadar air tidak berpengaruh nyata terhadap jaringan kayu yang diinduksi membentuk gubal gaharu. Kadar air pada analisis ini kondisinya meningkat perilaku tanaman berubah setelah munculnya pathogen pada jaringan tanaman sehingga gubal gaharu bebas untuk menyerap dan melepaskan air.

Tabel 1. Karakteristik Sifat Fisis Gubal Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)

| No | Sifat Fisis | kayu kontrol | Gubal gaharu diinduksi 6 Bulan | Gubal gaharu diinduksi 12 bulan |
|----|---------------------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Kadar Air (%) | 2.83 | 2.03 | 4.6 |
| 2 | Kerapatan (gr/cm ³) | 0.38 ^a | 0.36 ^a | 0.55 ^b |

*notasi yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 1 pada gubal gaharu diinduksi 12 bulan bahwa dengan nilai kerapatan yaitu (0.55 gr/cm³), sedangkan pada umur gubal gaharu kontrol (0.38gr/cm³) dan gubal gaharu diinduksi 6 bulan yaitu (0.36 gr/cm³). Kerapatan pada gubal gaharu diinduksi 12 bulan tinggi artinya gubal gaharu diinduksi 12 bulan banyak mengandung zat ekstraktif. Berdasarkan analisis sidik ragam kerapatan berpengaruh nyata, namun gaharu diinduksi 12 bulan berbeda nyata dengan gaharu diinduksi 6 bulan dan gaharu kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi gaharu diinduksi 6 bulan dalam kondisi mengalami kerusakan dan gaharu diinduksi 12 bulan sudah membentuk gubal gaharu dan telah memadat sehingga meningkatkan massanya. Spesies yang memiliki kerapatan tinggi maka kehilangan berat atau menyusut lebih banyak per persen perubahan kandungan air daripada spesies dengan berat jenis rendah. Mandang dan Pandit (1997) yang menyatakan bahwa kerapatan kayu di dalam suatu spesies telah ditemukan bervariasi dengan sejumlah faktor yang meliputi letaknya dalam pohon, letak dalam kisaran spesies tersebut. Kerapatan tinggi maka kekuatan kayu semakin meningkat begitu pula pada gubal gaharu yang lama kelamaan kondisi gubal akan mengeras

sehingga memiliki ikatan penyusun sel yang kompak. Tren kerapatan pada analisis ini meningkat adapun yang mempengaruhi hal ini adalah dimana gubal gaharu sedang memproduksi zat ekstraktif.

Sifat Kimia Gubal Gaharu

Pada gubal gaharu kontrol untuk kelarutan dalam air dingin dengan nilai yaitu (14.16%), sedangkan pada umur gubal gaharu diinduksi 6 bulan (20%) dan gubal gaharu kontrol yaitu (23.3%). Pada analisis sidik ragam yang dilakukan bahwa kelarutan dalam air dingin berpengaruh nyata, gubal gaharu diinduksi 12 bulan berbeda nyata dengan gaharu kontrol, gaharu diinduksi 6 bulan. Kelarutan dalam air dingin dengan nilai yang diperoleh memiliki kandungan ekstraktif yang tinggi dimana nilainya (>4) dapat dilihat pada tabel klasifikasi jenis kayu daun lebar Indonesia atas dasar komponen kimia, adapun zat yang terlarut pada kelarutan dalam air dingin adalah glukosa, fruktosa, karbohidrat, gula, pectin, zat pewarna, dan asam-asam tertentu. Ekstraktif memiliki fungsi yang sangat penting sesuai dengan pernyataan Sjöström (1995) menyatakan bahwa Ekstraktif memiliki fungsi penting dalam daya tahan terhadap serangan jamur dan serangga, memberi bau, rasa warna pada kayu.

Tabel 2. Karakteristik Sifat Kimia Zat Ekstraktif (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)

| No | Zat ekstraktif | Gaharu Kontrol | Gubal gaharu diinduksi 6 Bulan | Gubal gaharu diinduksi 12 Bulan |
|----|----------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. | Air Dingin(%) | 14.16 ^a | 20.00 ^a | 23.30 ^b |
| 2. | Air Panas(%) | 10.83 | 15.00 | 15.83 |
| 3. | NaOH 1% | 17.50 ^a | 20.83 ^a | 22.66 ^b |
| 4. | Alben (%) | 30.83 ^a | 35.00 ^a | 40.00 ^b |

*notasi yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata

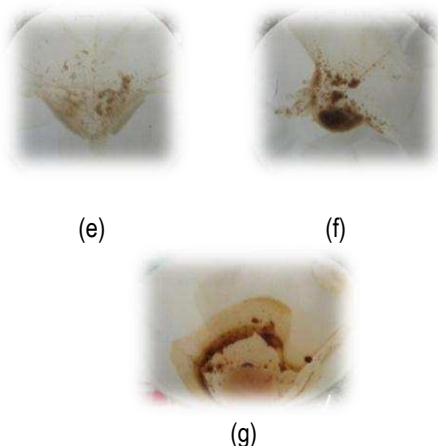
Berdasarkan Tabel 2 pada gaharu kontrol untuk kelarutan dalam air panas dengan nilai yaitu (10.83%), sedangkan pada umur gubal gaharu diinduksi 6 bulan yaitu (15%) dan gubal gaharu diinduksi 12 bulan yaitu (15.83%). Pada analisis sidik ragam yang dilakukan bahwa kelarutan dalam air panas tidak berpengaruh nyata. kandungan resin yang sulit untuk terlarut pada kelarutan dalam air panas dimana faktor yang mempengaruhi adalah letak gubal gaharu dalam batang mempengaruhi besarnya zat ekstraktif yang terlarut dalam air panas. Kelarutan dalam air panas dengan nilai yang diperoleh memiliki kandungan ekstraktif yang tinggi dimana nilainya (>4) dapat dilihat pada table klasifikasi jenis kayu daun lebar Indonesia atas dasar komponen kimia. Kandungan ekstraktif yang terlarut pada air panas lebih kecil dibandingkan

dengan kelarutan dalam air dingin. Dimana fungsi pelarut organik dan air mempengaruhi banyaknya zat yang terlarut. adapun zat ekstraktif yang larut dalam air panas antara lain tannin, getah, gula bahan pewarna dan pati.

Berdasarkan Tabel 2 pada gaharu kontrol untuk kelarutan dalam NaOH 1% dengan nilai yaitu (17.5%), sedangkan pada umur gubal gaharu diinduksi 6 bulan yaitu (20.83%) dan gubal gaharu diinduksi 12 bulan yaitu (22.66%). Pada analisis sidik ragam yang dilakukan bahwa kelarutan dalam NaOH 1% berpengaruh nyata, gubal gaharu diinduksi 12 bulan berbeda nyata antara gaharu kontrol, gaharu diinduksi 6 bulan. Kelarutan zat ekstraktif pada NaOH 1% dinyatakan tinggi dimana nilainya (>4) dapat dilihat pada tabel klasifikasi jenis kayu daun lebar Indonesia atas dasar komponen kimia. Hal ini dipengaruhi oleh kerusakan baik secara mekanis maupun biologis, yang merupakan suatu proses terbentuknya gubal gaharu. Tingginya kandungan yang terlarut dalam NaOH 1% mengindikasikan bahwa rusaknya jaringan kayu yang disebabkan oleh pathogen, sangat di butuhkan pada proses pembentukan gubal gaharu secara buatan. NaOH 1% di gunakan untuk mengekstrak karbohidrat berbobot rendah dan merusak selulosa. Kelarutan dalam NaOH 1% ini dapat memberi gambaran adanya kerusakan komponen kimia dinding sel kayu yang disebabkan oleh serangan jamur pelapuk kayu atau terdegradasi oleh cahaya, panas, dan oksidasi. Jadi semakin tinggi kerusakan dalam NaOH 1% maka tingkat kerusakan kayu semakin meningkat.

Berdasarkan Tabel 2 pada gaharu kontrol untuk kelarutan dalam Alkohol Benzen dengan nilai yaitu (30.83%), sedangkan pada umur gubal gaharu diinduksi 6 bulan yaitu (35%) dan gubal gaharu diinduksi 12 bulan yaitu (40%). Pada analisis sidik ragam yang dilakukan bahwa kelarutan dalam Alkohol Benzen berpengaruh nyata, gubal gaharu diinduksi 12 bulan berbeda nyata dengan gaharu kontrol, gaharu diinduksi 6 bulan. dapat dilihat pada tabel klasifikasi jenis kayu daun lebar Indonesia atas dasar komponen kimia. Bahwa kandungan ekstraktif yang terlarut pada Alkohol Benzen dinyatakan tinggi karena nilainya (>4). diketahui bahwa gubal gaharu diinduksi 12 bulan memiliki kandungan ekstraktif terlarut lebih banyak. Jumlah zat yang terkandung pada gubal gaharu diinduksi 12 bulan bertambah, hal ini dipengaruhi oleh lamanya gubal gaharu tersimpan didalam jaringan kayu, sehingga zat ekstraktif yang dikandungnya semakin lama semakin bertambah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mucharromah (2008) yaitu pada proses yang semakin lama dalam proses kinerja penyakit maka kandungan kadar gaharu menjadi semakin tinggi. Komponen yang terlarut dalam alkohol

benzene adalah lemak, resin, bahan-bahan larut pelarut organik tidak polar atau sedikit memiliki polaritas. Dapat dilihat juga gambar pada analisis yang dilakukan.



Gambar 2. (e) Filtrat Gubal Gaharu Kontrol, (f) Filtrat Gubal Gaharu 6 Bulan, (g) Filtrat Gubal Gaharu 12 Bulan

Tabel 3. Karakteristik Sifat Kimia (*A. malaccensis* Lamk.)

| No | Komponen Kimia | Gaharu Kontrol | Gubal gaharu diinduksi 6 Bulan | Gubal gaharu diinduksi 12 Bulan |
|----|-----------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. | Hemiselulosa(%) | 35.50 ^a | 22.83 ^a | 19.33 ^b |
| 2. | Selulosa (%) | 35.00 | 27.50 | 26.66 |
| 3. | AlpaSelulosa(%) | 9.83 | 9.63 | 7.40 |
| 4. | Lignin (%) | 23.30 | 24.10 | 30.80 |

*notasi yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 3 Pada gaharu kontrol terdapat kandungan hemiselulosa dengan nilai yaitu (35.5%), sedangkan pada umur gubal gaharu diinduksi 6 bulan yaitu (22.83%) dan gubal gaharu diinduksi 12 bulan yaitu (19.33%). Pada analisis sidik ragam yang dilakukan bahwa Hemiselulosa berpengaruh nyata, gubal gaharu diinduksi 12 bulan berbeda nyata dengan gaharu kontrol, gaharu diinduksi 6 bulan. Kandungan hemiselulosa dinyatakan tinggi dimana nilainya (>24) pada gaharu kontrol, sedang dengan nilai (21-24) pada gubal gaharu diinduksi 6 bulan, dan rendah dengan nilai (>21) pada gubal gaharu diinduksi 12 bulan dapat dilihat pada tabel klasifikasi jenis kayu daun lebar Indonesia atas dasar komponen kimia. Hal ini diindikasikan bahwa hemiselulosa lebih mudah terdegradasi oleh pathogen yang diinduksi pada jaringan gubal gaharu sehingga gubal gaharu memberikan respon untuk menjaga dan melindungi dirinya dengan mengeluarkan resin wangi yang mendegradasi komponen kimia yang ada.

Hemiselulosa merupakan polimer yang memiliki banyak cabang sehingga lebih mudah terdegradasi.

Tabel 4. Klasifikasi Jenis Kayu Daun Lebar Indonesia Atas Dasar Komponen Kimia

| Komponen Kimia (Chemical component) | Kelas Komponen (Component Class) | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------|
| | Tinggi (High) | Sedang (Moderate) | Rendah (Low) |
| Selulosa (Cellulose) | >45 | 40-45 | >40 |
| Lignin (Lignin) | >33 | 18-33 | >18 |
| Pentosan (Pentosan) | >24 | 21-24 | >21 |
| Ekstraktif (Extractive) | >4 | 2-4 | >2 |
| Abu (Ash) | >6 | 0.2-6 | >0.2 |

Sumber (Source) : Departemen Pertanian (Agriculture Ministry), 1976

Berdasarkan Tabel 3 pada gaharu kontrol terdapat kandungan selulosa dengan nilai yaitu (35%), sedangkan pada umur gubal gaharu diinduksi 6 bulan yaitu (27.5%) dan gubal gaharu diinduksi 12 bulan yaitu (26.66 %). Pada analisis sidik ragam yang dilakukan bahwa selulosa tidak berpengaruh nyata. Kandungan selulosa dinyatakan rendah dimana nilainya (>40) dapat dilihat pada tabel klasifikasi jenis kayu daun lebar Indonesia atas dasar komponen kimia (Tabel 4). Selulosa pada jaringan kayu penghasil gaharu lama kelamaan akan terdegradasi oleh rangsangan tanaman akibat dari kerja pathogen yang berada pada jaringan gubal gaharu, dimana selulosa akan tergantikan oleh resin, kondisi ini sangat dibutuhkan dalam melihat keberhasilan pada proses pembentukan gubal gaharu. Hal ini juga di pengaruhi oleh lamanya masa induksi, serta pengaruh dari inokulum yang di suntikkan pada jaringan kayu (*A. malaccensis* lamk.). selulosa memiliki rantai yang kokoh sehingga lambat untuk terdegradasi maka perbedaan antara gubal gaharu diinduksi 6 bulan dan gaharu diinduksi 12 bulan hanya sedikit terjadi perubahan.

Berdasarkan Tabel 3 pada gaharu kontrol terdapat kandungan alpa selulosa dengan nilai yaitu (9.83%), sedangkan pada umur gubal gaharu diinduksi 6 bulan yaitu (9.63%) dan gubal gaharu diinduksi 12 bulan yaitu (7.4 %). Pada analisis sidik ragam yang dilakukan bahwa alpa selulosa tidak berpengaruh nyata. Hal ini merupakan suatu indikasi bahwa kandungan selulosa murni itu merupakan selulosa yang sulit untuk terdegradasi, dengan kandungan alpa selulosa dalam jumlah yang sedikit maka hal ini tidak berpengaruh dalam proses pembentukan gubal. Selulosa murni sulit

terlarut dengan pelarut organik. Pada dasarnya gaharu diinduksi 12 bulan telah terdegradasi oleh kerja gubal yang bereaksi untuk melindungi dirinya terhadap pathogen yang merangsang pertumbuhan, namun pada dasarnya alpa selulosa sulit terdegradasi dalam jumlah yang banyak, sehingga terlihat juga pada kandungan alpa selulosa yang diperoleh pada analisis yang dilakukan.

Berdasarkan Tabel 3 pada gaharu kontrol terdapat kandungan lignin dengan nilai yaitu (23.3%), sedangkan pada umur gubal gaharu diinduksi 6 bulan yaitu (24.1%) dan gubal gaharu diinduksi 12 bulan yaitu (30.8 %). Pada analisis sidik ragam yang dilakukan bahwa lignin tidak berpengaruh nyata. Pada dasarnya semua komponen kimia dirubah atau digantikan oleh resin. Lignin dipengaruhi oleh pewarna yang dimiliki pada gubal, terlihat pada analisis yang dilakukan bahwa perkembangan lignin semakin meningkat pada lama masa induksi. Semakin banyak kandungan ekstraktif yang terdapat pada gubal gaharu maka semakin tinggi pula kandungan ligninnya. Pada gubal gaharu yang dianalisis pada lama induksi yang dilakukan bahwa kandungan lignin meningkat disebabkan oleh degradasi dalam pertumbuhan sudah diproduksi sebagai perekat, semakin tinggi umur pada gubal gaharu yang tersimpan dalam jaringan kayu maka semakin tinggi pula kadar lignin yang dihasilkan. Lignin dinyatakan sedang dengan nilai (18-33) dapat dilihat pada tabel klasifikasi jenis kayu daun lebar Indonesia atas dasar komponen kimia.

Secara umum sifat kimia mengalami penurunan untuk kandungan hemiselulosa, selulosa dan alpa selulosa, sedangkan pada zat ekstraktif meningkat. diasumsikan bahwa komponen kimia telah terdegradasi dan terganti oleh ekstraktif yang berupa resin. Sebagai pertahanan dirinya terhadap pathogen. Sehingga komponen kimia lama-kelamaan tergantikan oleh ekstraktif. Zat ekstraktif dapat mempengaruhi sifat keawetan, warna, bau, rasa sesuatu jenis kayu, digunakan sebagai bahan baku industri hal ini terdapat pada pernyataan Sjöström (1995).

Tingkat kerusakan tinggi pada analisis NaOH 1% hal ini sangat besar kaitannya dengan kandungan yang dimiliki hemiselulosa, selulosa, dan alpa selulosa yang nilainya terus menurun pada lamanya induksi yang dilakukan. Diasumsikan bahwa menurunnya nilai dari kandungan komponen kimia tersebut disebabkan kerusakan dinding sel pada proses pertumbuhan pathogen yang diinduksi akibat dari reaksi tanaman untuk melindungi dirinya sehingga membentuk metabolit sekunder yang berupa resin. Dinding sel pecah kemudian resin menyebar keseluruh penampang pada bagian yang diinduksi, dan tersimpan dalam waktu yang lama maka kerusakan pada jaringan kayu meningkat dan

mengurangi jumlah atau kandungan kimia yang terdapat pada gubal gaharu tersebut.

Komponen kimia pada kayu sehat komponen kimia yang dimilikinya adalah (100%) sedangkan pada gubal gaharu diinduksi 12 bulan memiliki kandungan kimia (76.79%). Untuk gubal gaharu diinduksi 6 bulan memiliki kandungan (74.73%) dan untuk gaharu kontrol memiliki kandungan kimia 94%. Sedangkan sisanya adalah kandungan ekstraktif yang dimiliki karena induksi yang dilakukan. Ekstraktif pada gubal gaharu diinduksi 6 bulan dan gubal gaharu diinduksi 12 bulan nilainya tidak jauh berbeda. diharapkan peningkatan terus terjadi pada kandungan ekstraktif yang dimiliki oleh gubal gaharu tersebut.

Pada gaharu senyawa yang berkarakter odorant merupakan hasil pirolisis selulosa dan lignin. Apabila dibakar akan mengembang dan menghasilkan wangi (incense). Hal ini diperoleh dari pernyataan Novriyanti (2010) kelompok senyawa odorant tidak bisa dikesampingkan walupun bukan merupakan konstituen resin gaharu yang sebenarnya. Pirolisis mempengaruhi kandungan selulosa dan lignin pada gaharu. Hal ini dapat dilihat pada analisis NaOH 1% dimana tingkat kerusakan yang terjadi meningkat, komponen kandungan kimia telah tergantikan oleh resin, sehingga terjadi proses pirolisis atau penguraian komponen kimia berupa selulosa dan lignin.

KESIMPULAN

1. Gubal gaharu yang diinduksi 12 bulan memiliki nilai kerapatan tinggi dibandingkan kontrol dan gubal gaharu diinduksi 6 bulan sedangkan kadar airnya tidak berbeda nyata.
2. Zat ekstraktif pada gubal gaharu yang diinduksi lebih tinggi nilainya dibandingkan kontrol sedangkan kandungan hemiselulosa, selulosa dan alpa selulosa cenderung menurun dibandingkan kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *Annuals Book Of ASTM Standards*, Volume 14.10 Wood. WestConshohocken, PA.
- _____. 1991 *TAPPI Test Methods*, Volume 1. Atlanta. Tappi Press.
- Forestry Commission GIFNFC. 2007. *Chemicals from Trees*. <http://treechemicals.csl.gov.uk/review/extraction.cfm>. (14 Juli 2007).
- Mucharromah. 2006. *Teknologi Budidaya dan Produksi Gubal Gaharu di Provinsi Bengkulu*. Makalah Seminar. Fakultas Pertanian Universitas Mataram Bekerjasama dengan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Dodokan Moyosari

- Nusa Tenggara Barat (BP DAS Dodokan Moyosari NTB). Universitas Mataram, Lombok, Nusa Tenggara Barat, 18 November 2006.
- Mucharromah. 2008. Hipotesa Mekanisme Pembentukan Gubal Gaharu. Makalah Seminar Nasional Pengembangan Produksi Gaharu Provinsi Bengkulu untuk Mendukung Peningkatan Ekspor Gaharu Indonesia. FAPERTA UNIB, Bengkulu, Indonesia, 12 Agustus 2008
- Mucharromah, Hartal, dan U. Santoso. 2008. Potensi Tiga Isolat *Fusarium* sp. Dalam Menginduksi Akumulasi Resin Wangi Gaharu pada Batang *Aquilaria malaccensis* (Lamk.). Makalah Semirata Bidang MIPA, BKS-PTN Wilayah Barat, Universitas Bengkulu, 14-16 Mei 2008.
- Nobuchi, T. and S. Siripatanadilok. 1991. *Preliminary Observation of Aquilaria crassna Pierre Wood Associated with The Formation of Aloeswood*. Bull. Kyoto Univ. Forest 63 : 226-235.
- Novriyanti. E. didalam Sulistio A. Siran, Maman Turjaman. 2010. Kajian Kimia Gaharu Hasil Inokulasi *Fusarium* sp. Pada *Aquilaria Microcarpa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Ohara, O., S. Karita, T. Kimura, K. Sakka, and K. Ohmiya. 1998. *Cellulase Complex from Ruminococcus albus*. Annual Report of International Center for Biotechnology Vol. 21, p. 358-369.
- Shallom, D. and Y. Shoham. 2003. *Microbial Hemicellulases*. Current Opinion in Microbiology, 6: 219-228.
- Sjöström, E. 1996. Kimia Kayu Dasar-Dasar Penggunaan. Edisi Kedua. Yogyakarta. Gajah Mada University Press.
- Surata, I K., I M. Widnyana. 2001. Teknik Budidaya Gaharu. Aisuli 14. Balai Penelitian Kehutanan Kupang.