BAB I
PENDAHULUAN

A. Dasar

1. Undang-undang Republik Indonesia No. 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya.
2. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 42 Tahun 2002 tentang Pedoman Pelaksanaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara.
3. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 29 Tahun 2015 Tanggal 9 Oktober 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Konservasi Borobudur.
4. Surat Keputusan Kepala Balai Konservasi Borobudur No. 2503/HK.501/BK/V/2016 tanggal 2 Mei 2016 tentang Tim Pelaksana Kajian Balai Konservasi Borobudur.
5. DIPA Balai Konservasi Borobudur Tahun 2016

B. Latar Belakang

Indonesia mempunyai benda cagar budaya yang melimpah. Banyak benda cagar budaya yang ditemukan di Indonesia, baik di daratan maupun di laut. Benda cagar budaya yang ditemukan dapat berupa logam, batuan, keramik, dan kayu. Benda peninggalan yang berupa kayu sangat rentan terhadap degradasi/pengerusakan disebabkan karena faktor biologis, kimiawi ataupun fisik. Hal ini disebabkan karena kayu merupakan benda organik yang dengan mudah dapat menarik mikroorganisme dan serangga.

Beberapa permasalahan yang sering terjadi pada benda cagar budaya kayu adalah terjadinya kerusakan struktur morfologi dan anatomi dari kayu itu sendiri. Degradasi morfologi dan anatomi disebabkan karena adanya mikroorganisme (fungi) dan penguraian selulosa kayu oleh rayap. Beberapa jenis fungi pada benda cagar budaya kayu yang telah berhasil diidentifikasi adalah dari genus *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Aureobasidium sp.*, dan *Eupenicillium sp.*, (Ortiz *et al.*, 2014), sedangkan rayap yang umum menyerang kayu adalah rayap kayu kering (*Cryptotermes spp.*) dan rayap tanah *(Macrotermes spp.)* (Wijaya *et al.*, 2008).

Usaha konservasi dan preservasi kayu telah banyak dilakukan. Konservasi benda cagar budaya kayu dengan memanfaatkan bahan tradisional sedang banyak dikembangkan. Karena bahan tradisional lebih aman bagi lingkungan dan manusia. Beberapa bahan tradisional yang telah diuji untuk konservasi benda cagar budaya kayu seperti tembakau, cengkeh, dan pelepah pisang terbukti efektif untuk melawan jamur dan rayap (Cahyandaru *et al.*, 2010).

Salah satu bahan tradisional yang telah banyak digunakan sebagai pengawet kayu adalah asap cair. Asap cair juga banyak digunakan sebagai pengawet makanan. Komponen utama penyusun asap cair adalah fenol 4,13%, asam 10,2%, dan karbonil 11,3% (Wagiman *et al.*, 2014). Komponen-komponen tersebut dapat bersifat sebagai anti mikroba dan anti rayap (*antitermite*). Oleh karena itu, kajian pada tahun ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas asap cair sebagai bahan konservasi benda cagar budaya kayu. Pengujian pada tahun ini meliputi uji asap cair terhadap jamur yang tumbuh pada benda cagar budaya kayu dan pengujian pada rayap.

C. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada kajian ini adalah:

Bagaimana efektivitas konservasi cagar budaya kayu dengan menggunakan asap cair?

D. Tujuan Kajian

Tujuan kajian ini adalah :

1. Mengetahui proses pembuatan asap cair sebagai bahan untuk penghambat serangan rayap dan jamur pada kayu.
2. Mengetahui efektivitas ekstrak asap cair sebagai penghambat serangan rayap dan jamur pada kayu.

E. Manfaat Kajian

Manfaat kajian ini ini adalah agar konservasi kayu dapat dilakukan secara efektif dan aman dengan penggunaan bahan-bahan tradisional yang mudah didapatkan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Kayu

Sebagai produk dari organisme hidup, kayu merupakan produk biologis pohon dengan berbagai keragaman sifatnya. Sifat dan kualitas kayu secara alami sangat ditentukan oleh sifat gentik dan kondisi lingkungan yang mempengaruhinya. Kayu dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kayu lunak (*soft wood*) dan kayu keras (*hard wood*). Kayu lunak memiliki struktur yang lebih sederhana karena terdiri dari 90-95% trakeid, sedangkan struktur kayu keras lebih kompleks lagi , karena sudah mempunyai jaringan pembuluh angkut seperti xylem dan floem. Contoh pohon berkayu lunak seperti, pinus, agathis, jumuju dan lain-lain, sedangkan contoh kayu keras adalah kayu jati, mahoni, kayu ulin dan lain-lain.

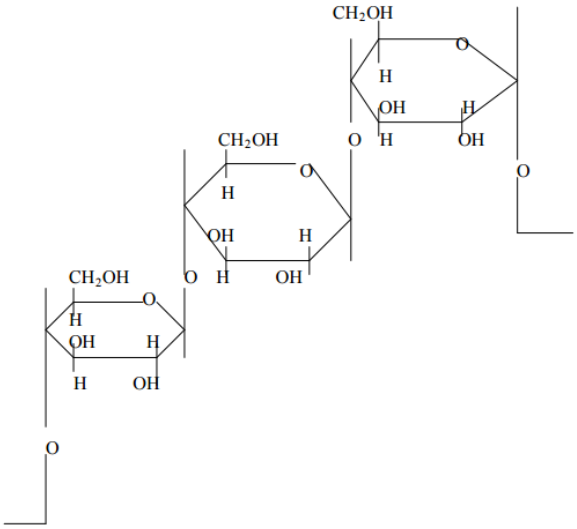
Proses pembentukan kayu melalui dua tahapan, yaitu pembentukan dinding primer dan pembentukan dinding sekunder. Pada masa awal pertumbuhannya, tanaman akan membentuk dinding primer. Dinding primer biasanya memiliki struktur lebih lunak daripada dinding sekunder. Hal ini dikarenakan dinding primer terdiri dari 81-90% karbohidrat (pektin 34%, hemiselulosa 24%, dan selulosa 23%) dan 10-19% protein. Biasanya dinding primer terletak pada jaringan tanaman yang masih aktif untuk membelah (jaringan meristematis) (Harry, 2006). Dinding sekunder mulai terbentuk ketika tanaman sudah melakukan diferensiasi, pembesaran, penebalan, dan pengerasan. Yang membedakan antara dinding sel primer dan sekunder adalah pada dinding sel sekunder sudah terbentuk lignin. Lignin inilah yang menyebabkan kayu mempunyai struktur yang keras dan kaku (Abe dan Funada, 2005).

Secara kimiawi, unsur kimia dalam kayu dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu unsur struktural dan unsur fungsional. Unsur kimia structural menyusun struktur sel kayu, seperti struktur dinding sel, struktur membran sel dan membran inti. Unsur fungsional biasanya mengisi lumen sel dan mempunyai fungsi tertentu. Unsur struktural contohnya seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Unsur fungsional secara keseluruhan dapat disebut sebagai zat ekstraktif, seperti karbohidrat, asam amino, lemak, terpena, karbosiklis dan lain-lain. Berikut akan dijelaskan beberapa komponen struktural kayu:

1. Selulosa

   Selulosa merupakan komponen kimia kayu yang terbesar, yang dalam kayu lunak dank eras kuantitasnya hamper mencapai setengah. Selulosa adalah polimer dari

rantai unit α-D-1-4 anhidroglukosa $(C_6H_{12}O_6)_n$, jumlahnya dapat mencapai 40-50% dalam dinding sel kayu (Lynd *et al.*, 2002).



Gambar 2.1 Struktur selulosa (Lynd *et al.*, 2002)

Sifat-sifat kimia selulosa :

1. Terhidrolisa sempurna dalam suasana asam akan menghasilkan glukosa

   $(C_6H_{10}O_5)n + nH_2O \xrightarrow{H_2SO_4} nC_6H_{12}O$

2. Hidrolisa parsial menghasilkan maltosa (disakarida)

   $2(C_6H_{10}O_5)n + Nh_2O \longrightarrow nC_{12}H_{22}O$

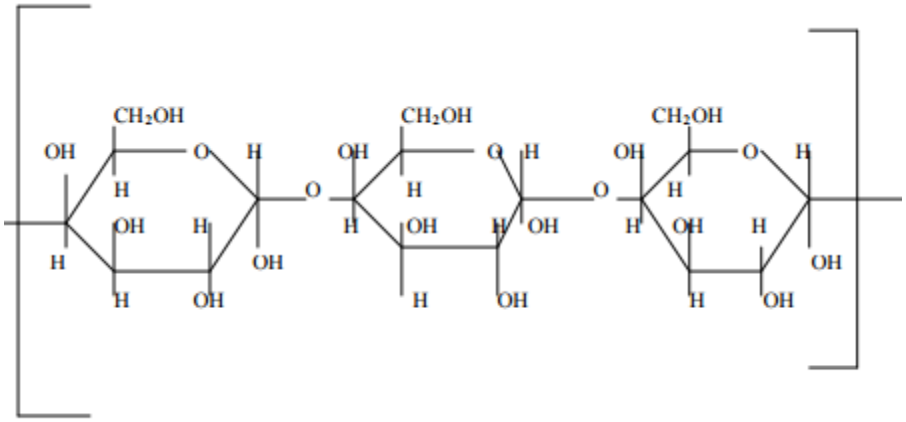
3. Hidrolisa berlebih menghasilkan asam oksalat

   $(C_6H_{10}O_5)n + 41/2\ nH_2O \longrightarrow 3nH_2C_2O_4 + 2nH_2$

4. Hidrolisa lengkap dengan HCl 40% dalam air hanya menghasilkan D-glukosa
5. Selulosa tidak mempunyai karbon

2. Hemiselulosa

Hemiselulosa mempunyai kemiripan dengan selulosa dalam hal termasuk polimer gula. Tetapi, hemiselulosa mempunyai beberapa perbedaan dengan selulosa, di antaranya penyusun hemiselulosa tidak hanya glukosa, tetapi juga monomer gula berkarbon 5 (C-5) dan 6 (C-6), misalnya: xylos, mannos, galaktosa, arabinos, dan sejumlah kecil ramnosa (Carvalheio *et al.*, 2008). Sejumlah hemiselulosa mengandung senyawa tambahan berupa asam uronat. Kandungan hemiselulosa dalam kayu keras lebih besar daripada dalam kayu lunak.



Gambar 2.2 Struktur hemiselulosa

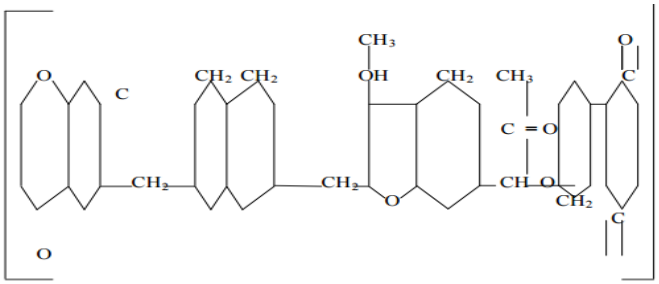
Sifat-sifat hemiselulosa :

1. Larut dalam alkali encer dan air panas
2. Ikatan karbonnya lebih lama dibandingkan dengan selulosa
3. Terhidrolisis oleh asam-asam encer membentuk pentosa heksosa

3. Lignin

Lignin adalah suatu makromolekul kompleks, suatu polimer aromatik alami yang bercabang-cabang dan mempunyai struktur tiga dimensi yang terbuat dari fenilpropanoid yang saling terhubung dengan ikatan yang bervariasi. Jumlah lignin dalam kayu lunak lebih banyak daripada kayu keras dan juga terdapat perbedaan struktur lignin dalam kayu lunak dan kayu keras (Whetten dan Sederoff, 1995).

Lignin banyak dijumpai pada ruang antar sel dan dinding primer serat kayu. Fungsi utamanya bagi tumbuhan adalah sebagai perekat yang berhubungan dengan kekakuan dan kekuatan serat kayu sehingga tumbuhan dapat berdiri kokoh.



Gambar 2.3 Struktur lignin

4. Zat Ekstraktif

Menurut Achmadi (1990), komponen kimia lainnya yang terdapat dalam kayu selain ketiga hal di atas adalah substansi yang biasa disebut dengan zat ekstraktif. Zat ekstraktif biasanya berada di dalam pori-pori dan dinding sel tanaman berkayu dalam jumlah yang sedikit. Zat ekstraktif tersebut tidak semuanya bisa larut dalam pelarut kimia, hal ini disebabkan karena adanya komponen lain dalam zat ekstraktif tersebut seperti mineral atau getah yang mempunyai derajat kondensasi yang tinggi. Zat ekstraktif yang umumnya mempunyai gugus alkohol dan berikatan dengan lignin, kadang dapat diekstraksi dengan pelarut netral.

Persentase zat ekstraktif ini rata-rata 3-8% dari berat kayu kering. Termasuk di dalamnya minyak-minyakan, resin, lilin, lemak, tannin, gula pati dan zat warna. Zat ekstraktif ini merupakan bagian struktur dinding sel, tetapi terdapat dalam rongga sel. Dalam arti yang sempit, zat ekstraktif merupakan senyawa-senyawa yang larut dalam pelarut organik dan dalam pengertian ini, nama zat ekstraktif digunakan dalam analisis kayu (Fengel dan Wegener, 1995)

Zat ekstraktif dapat digunakan untuk mengenali suatu jenis kayu. Jenis kayu yang berbeda menyebabkan kandungan zat ekstraktif yang berbeda pula, sehingga dapat dijadikan sebagai alat identifikasi/ pengenalan kayu (Dumanauw, 1993). Menurut Sjostrom (1995) bahwa tipe-tipe ekstraktif yang berbeda adalah perlu untuk mempertahankan fungsi biologi pohon yang bermacam-macam. Sebagai contoh lemak merupakan sumber energi sel-sel kayu, sedangkan terpenoid-terpenoid rendah, asam-asam resin, dan senyawa-senyawa fenol melindungi kayu terhadap kerusakan secara mikrobiologi atau serangan serangga.

B. Faktor Perusak Kayu

Kerusakan kayu terjadi karena tindakan atau keadaan yang mengakibatkan menurunnya kekuatan kayu. Kerusakan-kerusakan yang menyebabkan penurunan kekuatan kayu misalnya retak, pecah dan belah, pelapukan karena iklim, serangan serangga dan cendawan/jamur. Secara umum, faktor perusak kayu dapat dikelompokan menjadi faktor biologis dan faktor non biologis.

1. Faktor biologis

Hampir sebagian besar perusak kayu adalah jenis serangga, seperti sebagian besar kelompok rayap, bark bettle (*Scotylidae*), *cigarette bettles* dan lain-lain. Selain itu pula, hama seperti *Lyctidiae* yaitu sejenis kumbang kecil berbentuk gepeng mampu membuat lubang pada kayu berdiameter 1,5 mm dengan ekstremen berbentuk serbuk di dalam lubang gerekan (Anon, 1969).

Hewan lain yang menyerang kayu adalah hewan penggerek. Hewan penggerek terutama menyerang pada kayu yang terdapat di dekat laut atau di muara-muara sungai. Hewan penggerek ini seperti, *Mollusca*, *Arthropoda, Crustaceae*. Kerusakan yang disebabkan oleh hewan penggerek tersebut berupa lubang berdiameter 4-30 mm dengan kedalaman bias mencapai 1 meter dengan arah sejajar dengan serat kayu.

Selain itu, organisme lain perusak kayu adalah jamur dan bakteri. Tobing (1977) membagi jamur penyerang kayu menjadi 3 kelompok, yaitu jamur perusak kayu (*wood destroying fungi*) , jamur pewarna kayu (*wood staining fungi*), dan jamur di permukaan (*surface mold*).

2. Faktor non Biologis

   Yang dimaksud dengan non biologis adalah semua factor yang dapat merusak kayu selain organisme. Kerusakan-kerusakan ini dipengaruhi oleh:

   a. Mekanis

      Kerusakan mekanis adalah kerusakan yang disebabkan oleh bekerjanya gaya (beban) dari luar terhadap kayu. Keruskan mekanis dapat disebabkan karenaadanya pukulan, gesekan, dan tekanan.

   b. Fisis

      Yang dimaksud dengan faktot fisis ini adalah udara, cahaya, air, dan api. Terpaparnya kayu terhadap udara akan menyebabkan kerusakan karena kayu memiliki sifat higroskopis.

   c. Kimiawi

      Kayu dapat dirusak oleh bahan kimia, seperti asam, basa, atau garam.

C. Pengawetan Kayu

Salah satu kekurangan kayu adalah dapat dirusak oleh organisme, seperti jamur, serangga, dan binatang laut yang hidup merombak komponen utama pembentuk kayu seperti lignin dan selulosa, serta menurunkan kekuatan kayu. Organisme tersebut menggerek kayu sebagai makanan atau sebagai tempat tinggal. Keawetan kayu diartikan sebagai daya tahan kayu terhadap serangan factor perusak kayu dari golongan biologis (Martawijaya & Barly, 1982). Keawetan alami kayu ditentukan oleh zat ekstraktif yang bersifat toksik terhadap organisme perusak. Keawetan kayu berbeda-beda tergantung jenis organisme perusak yang menyerangnya. Jadi kayu memiliki keawetan secara khusus terhadap organisme tertentu.

Keterawetan kayu adalah kemampuan kayu untuk dapat ditembus oleh bahan pengawet, sampai mencapai retensi dan penetrasi tertentu yang secara ekonomi menguntungkan dan efektif untuk mencegah factor perusak kayu (Batubara, 2006).

Keterawetan kayu sangat bervariasi, kayu gubal mempunyai keterawetan yang lebih tinggi karena bagian ini sebelumnya berfungsi sebagai penyalur air dari akar ke daun, sedangkan kayu teras memiliki sifat keterawetan yang kurang baik, karena terbentuknya tylosis serta deposit-deposit lainnya yang menutupi sel-sel kayu.

Terdapat empat factor penting yang harus diperhatikan ketika melakukan pengawetan kayu, yaitu: (1) Kondisi kayu yang diawetkan, (2) Bahan pengawet, (3) Cara pengawetan, dan (4) Perlakuan setelah pengawetan (Barly & Lelana, 2010). Efektifitas bahan pengaawet tidak hanya ditentukan oleh daya bunuhnya saja, tetapi ditentukan juga oleh metode pengawetan serta retensi dan penetrasinya ke dalam kayu. Besarnya absorbs dan penetrasi yang dapat dicapai ditentukan oleh Struktur anatomi kayu, persiapan kayu sebelum diawetkan, metode pengawetan, jenis dan konsentrasi bahan pengawet.

D. Asap Cair

Asap cair merupakan asam cuka (veenegar) yang diperoleh melalui proses pirolisis bahan yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada suhu 400^0C selama 90 menit lalu diikuti proses kondensasi dalam kondensor pendingin (Pszczola, 1995). Sedangkan menurut Amritama (2007) asap cair merupakan hasil destilasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan – bahan yang banyak mengandung karbon dan senyawa – senyawa lain dan merupakan salah satu hasil pirolisis tanaman atau kayu pada suhu sekitar 400^0C. Penelitian yang dilakukan Darmadji (1996) menunjukkan bahwa asap cair tempurung kelapa memiliki kandungan senyawa fenol 4,13%, asam 10,2% dan karbonil 11,3%. Kandungan tersebut diketahui dapat berfungsi sebagai bahan antimikroorganisme dan antirayap.

Menurut Darmadji *et al.,* (1996), pirolisis tempurung kelapa yang telah menjadi asap cair akan memiliki senyawa fenol sebesar 4,13%, karbonil 11,3% dan asam 10,2%. Senyawa - senyawa tersebut mampu mengawetkan makanan sehingga mampu bertahan lama karena memiliki fungsi utama yaitu sebagai penghambat perkembangan bakteri. Hal ini sejalan dengan pendapat (Amrita 2007, pada Endah, 2010). Asap cair merupakan bahan kimia hasil destilasi asap hasil pembakaran yang mampu menjadi desinfektan sehingga bahan makanan dapat bertahan lama tanpa membahayakan konsumen. Pemanfaatan limbah kayu sebagai asap cair telah mendapat perhatian bela kangn ini. Pada umumnya diperoleh secara pirolisis. Pada proses pirolisis terjadi dekomposisi dari senyawa selulosa, hemi selulosa dan lignin C (Soldera 2008).

Luditama (2006) mengungkap bahwa kandungan asap cair tempurung dan sabut kelapa terdiri dari fenol 31,93-44,30%. Di mana luas area tertinggi di dapat daripada

hasil pirolisis sabut kelapa pada suhu 500^{o}C. Senyawa dominan lainnya yaitu 2,6 dimetoksi fenol dan 1,2 benzenediol dengan luas area yang juga bervariasi tergantung dari masing-masing sampel dan suhu yang digunakan. Menurut Zaitsev (1969) mengemukakan bahwa asap mengandung beberapa zat antimikroba, antara lain:

1. Asam dan turunannya: format, asetat, butirat, propionate, metal ester
2. Alkohol: metil, etil, propil, alkil, dan isobutyl alcohol
3. Aldehid: formaldehid, asetaldehid, furfural, dan metil furfural
4. Hidrokarbon: silene, kumene, dan sumene
5. Keton: aseton, metil etil keton, metil propil keton, dan etil propil keton
6. Fenol
7. Piridin dan metil piridin

Senyawa yang sangat berperan sebagai antimicrobial adalah senyawa fenol dan asam asetat, dan peranannya semakin meningkat apabila kedua senyawa tersebut ada bersama-sama.

Mutu dan kualitas asap yang dihasilkan tergantung dari jenis kayu, kadar air, dan suhu pembakaran yang digunakan dalam proses pengasapan. Untuk mendapatkan mutu dan volume asap sesuai yang diharapkan digunakan jenis kayu keras (non-resinous) seperti tempurung kelapa. Bila menggunakan kayu yang lunak (resinous), asap yang dihasilkan banyak mengandung senyawa dan bau yang tidak diharapkan. (Eddy, 1993).

Komposisi asap dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya jenis kayu, kadar air kayu dan suhu pembakaran yang digunakan (Girard, 1992; Maga, 1987). Jenis kayu yang mengalami pirolisis menentukan komposisi asap. Kayu keras pada umumnya mempunyai komposisi yang berbeda dengan kayu lunak. Kayu keras (misalnya kayu oak dan beech) adalah yang paling umum digunakan karena pirolisis terhadap kayu keras akan menghasilkan aroma yang lebih unggul, lebih kaya kandungan senyawa aromatik dan senyawa asamnya dibandingkan kayu lunak (kayu yang mengandung resin) (Fujimaki *et. al* ., 1974 dalam Girard, 1992). Kadar air juga memberikan variasi terhadap komposisi asap. Jumlah kadar air yang meningkat menyebabkan kadar fenol yang rendah dan meningkatkan kadar senyawa karbonil. Flavor dari produk yang diasap pada kondisi ini bersifat lebih asam. Suhu pembakaran kayu juga memberikan pengaruh terhadap komposisi asap. Menurut Girard (1992), kadar maksimum senyawa fenol, karbonil dan asam tercapai pada suhu pirolisis 600°C. Produk yang diberi perlakuan asap yang diproduksi pada suhu 400^{o}C lebih unggul dalam mutu organoleptiknya terhadap produk yang diberi perlakuan asap pada suhu yang lebih tinggi. Fretheim *et. al*. (1980), mengemukakan bahwa dengan

peningkatan temperatur sebesar 150ºC (dari 350-500ºC), secara nyata tidak merubah komposisi kondensat asap tetapi terjadi sedikit peningkatan efek antioksidatif dan tidak berpengaruh pada efek antimikrobianya. Fretheim *et. al.* (1980), menyimpulkan bahwa temperatur optimum untuk pembuatan asap berkisar 400ºC.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

A. Ruang Lingkup Kajian

Ruang lingkup kajian Konservasi Cagar Budaya Kayu dengan Asap Cair ini dibatasi pada percobaan laboratorium untuk mengetahui efektivitasnya dalam menghambat serangan rayap dan jamur pada kayu.

B. Jenis dan Sumber Data

1. Jenis Data

Adapun data yang digunakan dalam kajian ini adalah data kualitatif dan kuantitatif.

a. Data Kualitatif, yaitu data yang disajikan dalam bentuk verbal bukan dalam bentuk angka. Yang termasuk dalam data kualitatif pada kajian ini adalah gambaran umum kondisi cagar budaya kayu yang terawetkan dengan asap di penduduk Kupang, kondisi mikroiklim di sekitar cagar budaya kayu, letak cagar budaya kayu.

b. Data Kuantitatif, yaitu jenis data yang dapat diukur atau dihitung secara langsung, yang berupa informasi atau penjelasan yang dinyatakan dengan bilangan atau berbentuk angka. Dalam hal ini, data kuantitatif yang diperlukan adalah jumlah mortalitas rayap dan luasan zona hambat yang terbentuk.

2. Sumber Data

Yang dimaksud dengan sumber data dalam kajian adalah subyek dari mana data diperoleh. Dalam kajian ini penulis menggunakan dua sumber data, yaitu:

a. Sumber data primer, yaitu data yang langsung dikumpulkan oleh penulis dari sumber pertamanya. Adapun yang menjadi sumber data primer dalam kajian ini adalah hasil pengujian asap cair terhadap mortalitas rayap dan terbentuknya luasan zona hambat jamur di laboratorium.

b. Sumber data sekunder, data yang langsung dikumpulkan oleh penulis sebagai penunjang data primer. Dalam kajian ini data sekunder berupa artikel, jurnal, dan laporan hasil kajian terdahulu tentang asap cair maupun konservasi kayu.

C. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam kajian ini meliputi Observasi, wawancara, dan eksperimen. Metode observasi dilakukan dengan cara mengunjungi

daerah Kupang yang telah menggunakan metode pengasapan untuk mengawetkan cagar budaya kayu, mengunjungi tempat produksi asap cair untuk mengetahui cara membuat asap cair, dan melakukan pengamatan secara langsung terhadap pengaruh asap cair terhadap mortalitas rayap. Metode wawancara dalam kajian ini berupa berdialog langsung dengan warga adat Kupang dan berdiskusi dengan produsen asap cair. Sedangkan metode Eksperimen dilakukan di laboratorium dengan melakukan pengujian asap cair terhadap rayap dan jamur. Sebelumnya, dilakukan pembuatan asap cair dengan prosedur sebagai berikut:

Bahan dimasukkan ke dalam reaktor kemudian ditutup dan rangkaian kondensor dipasang. Selanjutnya dapur pemanas dihidupkan dengan suhu yang dikehendaki. Pada penelitian ini suhu yang digunakan adalah 350^{o}C, 400^{o}C, dan 450^{o}C. Waktu pirolisis yang digunakan adalah 90 menit. Asap yang keluar dari reaktor disalurkan ke kolom pendingin melalui pipa penyalur, kemudian ke dalam kolom pendingin ini dialirkan air dingin dengan menggunakan pompa. Embunan berupa asap cair ditampung dalam botol, sedangkan asap yang tidak dapat diembunkan dibuang melalui pipa penyalur asap sisa. Rendemen asap cair termasuk di dalamnya tar dan arang yang diperoleh dihitung sebagai % berat (Tranggono *et al.,* 1996; Darmadji *et al.,* 2000).

Pengujian anti rayap dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

a. Persiapan umpan

   Sebelumnya, kertas umpan di sesuaikan ukurannya dengan gelas plastik sebagai tempat uji. Yang dijadikan sebagai umpan adalah kertas saring yang mengandung selulosa. Kertas saring selulosa dioven pada suhu 103±2^{o}C sampai konstan sebelum pengolesan asap cair.

b. Pengolesan

   Kertas saring yang telah disesuaikan ukurannya dengan botol kaca, diolesi asap cair dengan konsentrasi 0%, 7,5%, 15%, 30%, 50% dan 100%. Setelah itu, kertas saring dikeringainkan.

c. Pengumpanan rayap

   Kertas saring diletakkan di dasar botol sampel dan diusahakan bagian dasar tertutup rata oleh kertas saring. Setiap variasi konsentrasi dilakukan tiga kali ulangan. Masing-masing gelas diisi dengan 10 ekor rayap kayu kering, kemudian ditutup secara hati-hati dengan kertas saring yang kedua sehingga

posisi rayap berada diantara kertas saring. Gelas yang sudah berisi rayap diletakkan di tempat gelap dan kering.

d. Pengamatan

Pengamatan pengumpanan dilakukan selama 30 hari. Rayap kayu kering yang mati selama penelitian dikeluarkan setiap hari dan dicatat. Setelah 30 hari kertas saring dan rayap dikeluarkan dari gelas. Kertas saring dibiarkan diudara terbuka sampai kering angin, kemudian ditimbang kembali untuk menentukan berat yang berkurang selama pengumpanan.

e. Perhitungan Nilai Mortalitas Rayap

Nilai mortalitas dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Mortalitas rayap (%) :

$$\frac{\sum \text{Rayap yang mati}}{\sum \text{Total Rayap}} \text{ x } 100\%$$

Nilai mortalitas dihubungkan dengan dengan LC_{50}

f. Perhitungan Persentase Penurunan Berat Uji

Persentase penurunan berat uji dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A = \frac{Bo - B1}{Bo} \text{ x } 100\%$$

Keterangan :

A = Persentase penurunan berat (%)

Bo = Berat sebelum pengumpanan (g)

B1 = Berat setelah pengumpanan (g)

Sedangkan untuk pengujian antijamur asap cair dilakukan melalui dua tahap, yaitu tahap pertama isolasi dan identifikasi jamur yang diperoleh dari cagar budaya kayu. Tahap kedua dilakukan pengujian antijamur.

a. Isolasi dan Identifikasi Jamur

Jamur uji diperoleh dari salah satu koleksi Museum Kupang, Nusa Tenggara Timur. Jamur diambil dengan cara mengoleskan *cotton bud* yang telah disterilisasi pada koleksi yang berjamur. Setelah itu dimasukkan ke dalam *aluminum foil* untuk diidentifikasi di Laboratorium Biologi, Balai Konservasi Borobudur. Cotton bud di oleskan pada medium PDA, lalu diinkubasikan

selama tujuh hari pada suhu kamar (28^{o}C) (Oramahi *et al.,* 2006; Oramahi *et al.*, 2008).

Identifikasi dilakukan dengan cara sebagai berikut : biakan murni yang diperoleh pada medium PDA dipindahkan ke cawan petri yang berisi medium PDA lainnya. Pemindahan biakan murni ke medium PDA dalam bentuk suspensi spora. Pembuatan suspensi spora menggunakan medium agar air (0,2%) dan Tween 80 (0,05%) (Pitt & Hocking, 1997). Identifikasi terhadap jamur hasil isolasi dilakukan dengan mengamati koloni (karakteristik makro) dan karakteristik mikro (spora). Preparat diamati secara mikroskopis dengan mengacu pada sifat-sifat morfologi jamur.

b. Aktivitas Antijamur Asap Cair

Efikasi aktivitas antijamur asap cair serbuk gergaji dilakukan dengan menggunakan peracunan makanan. Pengujian antijamur asap cair dilakukan secara in vitro dengan mengacu pada Loman, 1970 *cit.* Yoshimoto dan Syafii (1993) yang dimodifikasi. Petri dish yang sudah disterilkan diisi dengan media PDA masing-masing 10 ml, lalu dicampur dengan asap cair dengan konsentrasi sebagai berikut: 0%, 1%, 1,5%, dan 2%. Biakan murni jamur diinokulasi di bagian tengah petri dish dan diinkubasi pada suhu kamar. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan koloni jamur dengan mengukur diameter koloni pada hari ke 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 setelah inokulasi. Efikasi aktivitas anti jamur dinyatakan dengan indeks antijamur (Zhong *et al.*, 2007 *cit.* Velmurugan *et al.,* 2009) dengan persamaan sebagai berikut:

Indeks antijamur= (1-Dt/Dc) x 100%
Keterangan:
Dt= diameter koloni jamur perlakuan
Dc=diameter koloni jamur kontrol

D. Metode Analisis

Pengujian antirayap dan antijamur dilakukan 3 kali pengulangan. Selanjutnya data yang telah diperoleh diolah dengan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap). Pengaruh perlakuan terhadap respon dilihat dari uji ANOVA menggunakan program excel. Uji lanjutan dengan menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Pengujian LC_{50} dengan menggunakan analisis probit.

BAB IV
ANALISIS DATA

A. Pengujian Antirayap

Pengujian antirayap dilakukan sebanyak tiga ulangan pada tiap-tiap konsentrasi. Parameter yang diamati adalah mortalitas rayap kayu kering dan penurunan berat kertas uji.

1. Mortalitas Rayap Kayu Kering

   Jumlah mortalitas rayap kayu kering diamati selama pengujian. Lama waktu pengujian adalah 30 hari. Jumlah mortalitas dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

   Tabel 4.1. Mortalitas rayap setelah 30 hari

Konsentrasi	Kontrol	7,5%	15%	30%	50%	100%	
Ulangan	0	2	2	2	2	6	
	1	1	2	3	3	8	
	0	1	1	1	4	2	
Total	1	4	5	6	9	16	41

Untuk mengetahui efektifitas asap cair sebagai antirayap dilakukan analisis statistik analisis varian satu arah (*ANOVA One Way*). Perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Faktor Koreksi (FK)

   Faktor koreksi diperoleh dengan cara mengkuadratkan jumlah total keseluruhan data dan dibagi dengan banyaknya data.

   FK = $\frac{T_{..}^{\ 2}}{nk} = \frac{(41)^2}{18}$

   = 93,39

2. Menghitung Jumlah Kuadrat Total (JKT)

   JKT diperoleh melalui persamaan:

   $$JKT = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n} y_{ij}^{\ 2} - \frac{T_{..}^{\ 2}}{nk}$$

   JKT = ($0^2+1^2+0^2+2^2+1^2+1^2+2^2+2^2+1^2+$……$+2^2$)-93,39)

   = 69,61

3. Menghitung Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

   Persamaan JKP adalah sebagai berikut:

$$JKP = \frac{\sum_{i-1}^{k} T_i^{\,2}}{n} - \frac{T_{..}^{\,2}}{nk}$$

JKP = (1^2+4^2+5^2+6^2+9^2+16^2/3)-93,39

= 44,94

4. Perhitungan Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

   Jumlah Kuadrat Galat diperoleh dari :

   JKG = JKT-JKP

   = 69,61-44,94

   = 24,67

Tabel 4.2 Tabel ANOVA pengujian antirayap

SK	db	JK	KT	F_{hit}	F_{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	5	44,94	8,99	4,37	3,11	2,39
Galat	12	24,67	2,06			
Total	17	69,61				

Berdasarkan perhitungan ANOVA di atas, dapat diketahui bahwa Fhit>Ftabel. Maka dapat dikatakan bahwa asap cair efektif sebagai antirayap. Tetapi untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar konsentrasi terhadap rayap, perlu dilakukan uji lanjut, dalam hal ini dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kepercayaan 0,05.

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengurutkan nilai rata-rata perlakuan dari yang terkecil ke yang terbesar.

Tabel 4.3 Rerata tiap konsentrasi

Konsentrasi	**Rerata**
Kontrol	3,33
7,5	13,33
15	16,67
30	20
50	30
100	53,33

Setelah itu, langkah kedua menghitung nilai BNT dengan persamaan:

$$BNT_{\alpha} = \left(t_{\alpha,df_e}\right).\sqrt{\frac{2(MS_E)}{r}}$$

Maka nilai BNT adalah:

$$BNT = (2{,}18).\sqrt{\frac{2(2{,}06)}{1}}$$

BNT = 4,42

Selanjutnya pemberian notasi pada masing-masing perlakuan sesuai dengan nilai BNT di atas. Maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.4 Notasi uji BNT antirayap

Konsentrasi	Rerata
Kontrol	3,33[a]
7,5	13,33[b]
15	16,67[b]
30	20[b]
50	30[c]
100	53,33[d]

2. Penurunan Berat Kertas Uji

Penurunan berat kertas saring disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.5 Prosentasi Penurunan Berat Kertas Uji

Konsentrasi	Ulangan	B0	B1	Prosentase penurunan berat kertas	Rata-rata Prosentase penurunan berat kertas
K	1	0.234	0.13045	44.2521368	40.951169
	2	0.241	0.1399	41.9502075	
	3	0.215	0.1362	36.6511628	
7.50%	1	0.231	0.1795	22.2943723	39.94129608
	2	0.242	0.11315	53.2438017	
	3	0.231	0.1287	44.2857143	
15%	1	0.224	0.1267	43.4375	38.17842166
	2	0.252	0.1325	47.4206349	
	3	0.223	0.1702	23.67713	
30%	1	0.213	0.14465	32.0892019	34.80347612

	2	0.241	0.1473	38.879668	
	3	0.231	0.15375	33.4415584	
50%	1	0.212	0.1751	17.4056604	
	2	0.205	0.1668	18.6341463	20.43147878
	3	0.216	0.16145	25.2546296	
100%	1	0.261	0.219	16.091954	
	2	0.247	0.1935	21.659919	17.93451119
	3	0.271	0.2275	16.0516605	

B. Pengujian Antijamur

Pengujian antijamur dilakukan sebanyak tiga ulangan pada tiap-tiap konsentrasi. Parameter yang diamati adalah diameter terbentuknya zona hambat.

Hasil pengukuran diameter zona hambat ditampilkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.6 Hasil pengukuran diameter zona hambat (mm)

Konsentrasi	Kontrol	7,5%	15%	30%	50%	100%	
Ulangan	0	0	1,2	6,5	13,6	26,3	
	0	0	3,2	7,9	10,7	21,2	
	0	0	1,4	7,4	10,8	11,6	
Total	0	0	5,8	21,8	35,1	59,1	121,8

Untuk menguji hipotesis bahwa asap cair efektif sebagai antijamur, dilakukan pengujian ANOVA dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Tahapan pengujian ANOVA sama dengan yang dilakukan pada antirayap di atas. Tetapi, sebelum dilakukan pengujian ANOVA, perlu dilakukan transformasi data, karena data kurang homogeny. Transformasi data yang di gunakan adalah transformasi akar kuadrat. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Transformasi Akar Kuadrat

Konsentrasi	**K**	**7.5**	**15**	**30**	**50**	**100**	
Ulangan	0.71	0.71	1.30	2.65	3.75	5.18	
	0.71	0.71	1.92	2.89	3.34	4.66	
	0.71	0.71	1.38	2.81	3.36	3.48	
Total	2.12	2.12	4.61	8.35	10.46	13.31	40.98

Hasil pengujian ANOVA disajikan dalam tabel ANOVA berikut ini:

Tabel 4.7 ANOVA pengujian antijamur

SK	db	JK	KT	F_{hit}	F_{tabel}	
					5%	1%
Perlakuan	5	35,62	7,12	45,37	3,11	5,06
Galat	12	1,88	0,16			
Total	17	37,50				

Berdasarkan uji ANOVA di atas dapat dilihat bahwa $F_{hit}>F_{tabel}$, sehingga hipotesis diterima. Hal ini berarti bahwa, asap cair efektif sebagai antijamur. Untuk mengetahui perbedaan pengaruh tiap konsentrasi perlakuan, perlu dilakukan uji BNT. Langkah pengujian BNT sama dengan uji BNT antirayap di atas. Nilai BNT pengujian antijamur ini adalah 1,22. Sehingga diperoleh hasil notasi sebagai berikut:

Tabel 4.8 Pemberian notasi uji BNT antijamur

Konsentrasi	Rerata
Kontrol	0,71[a]
7,5	0,71[a]
15	1,54[a]
30	2,78[b]
50	3,49[b]
100	4,44[c]

C. Perhitungan LC_{50} (*Lethal Consentration* 50%)

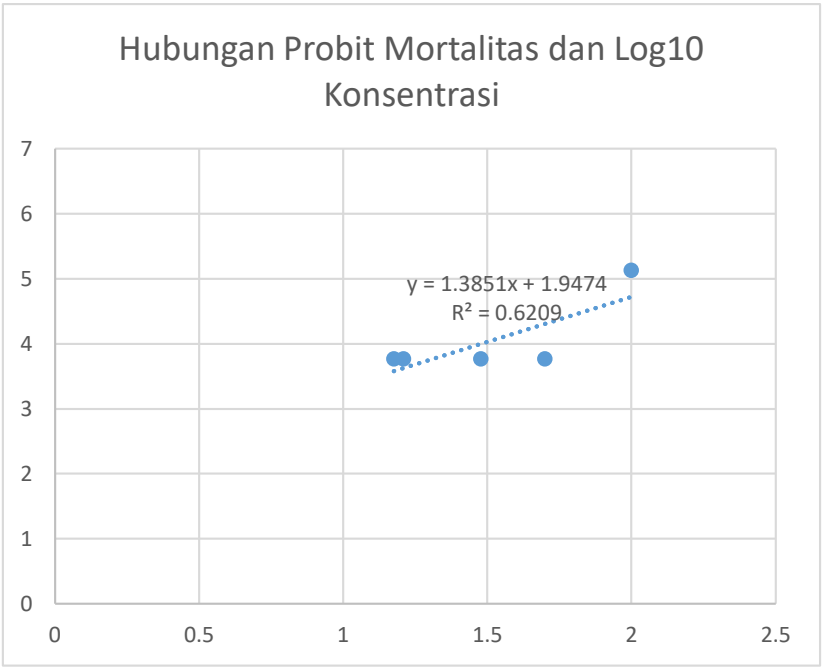
Nilai LC50 diperoleh dengan perhitungan analisis probit. Hasil perhitungan probit terlihat seperti di bawah ini:

Tabel 4.9 Tabel perhitungan analisis probit

Konsentrasi	Log_{10} Konsentrasi	Ulangan	Total Umpan	Jumlah Umpan Mati	% Mortalitas	Rerata % Mortalitas Terkoreksi	Nilai Probit
Kontrol	-	1	10	0	0	-	
		2	10	1	10	-	
		3	10	0	0	-	
7,5	1.21	1	10	2	20	11.11	3.77

		2	10	1	10	-	-
		3	10	1	10	-	-
15	1.18	1	10	2	20	11.11	3.77
		2	10	2	20	11.11	3.77
		3	10	1	10	-	-
30	1.48	1	10	2	20	11.11	3.77
		2	10	3	30	22.22	4.23
		3	10	1	10	-	-
50	1.69	1	10	2	20	11.11	3.77
		2	10	3	30	22.22	4.23
		3	10	4	40	33.33	4.56
100	2	1	10	6	60	55.55	5.13
		2	10	8	80	77.77	5.74
		3	10	2	20	11.11	3.77

Setelah nilai probit tiap-tiap perlakuan diketahui, kemudian dimasukkan ke dalam grafik untuk mendapatkan persamaan regresi. Grafik persamaan regresi adalah sebagai berikut:



Grafik 4.1 Hubungan antara probit mortalitas dengan Log10 Konsentrasi

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh persamaan regresi untuk menentukan nilai LC50. Persamaan tersebut adalah:

y = 1,3851x + 1,9474

5 = 1,3851x + 1,9474

3,0526 = 1,3851x

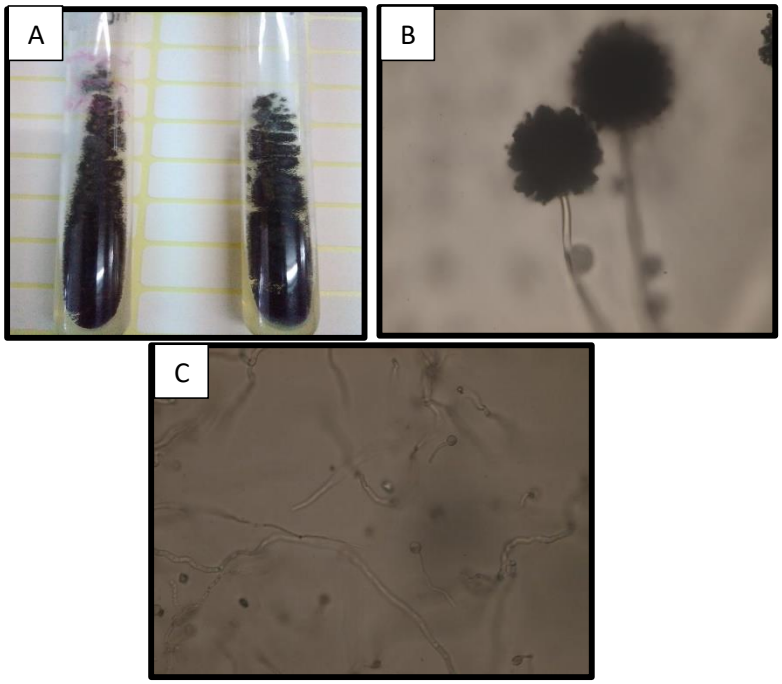
X = 2, 204 = antilog (2,204) = **159,91**

BAB V

PEMBAHASAN

A. Identifikasi Jamur

Berdasarkan hasil identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis, dapat diketahui bahwa isolate jamur yang diperoleh dari koleksi Museum Kupang tergolong ke dalam jamur *Aspergillus sp.* Koloni jamur dapat dilihat pada gambar 5.1 di bawah ini:

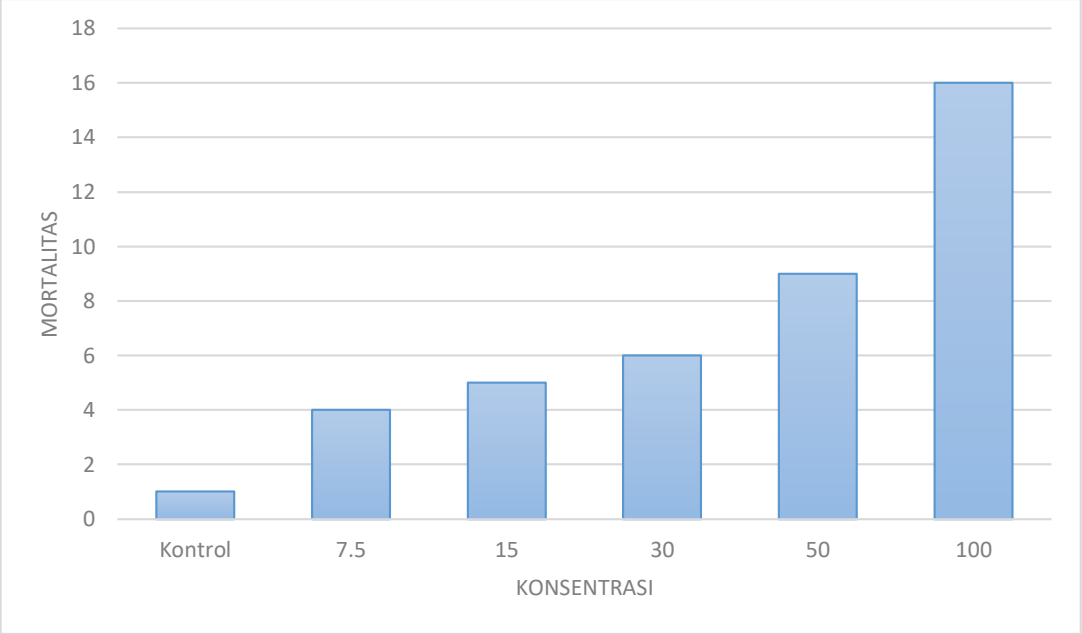


Gambar 5.1 Koloni dan konidia *Aspergillus sp.* (A) Koloni jamur *Aspergillus sp.* (B) Hifa dan konidia jamur *Aspergillus sp.* (C) Spora jamur *Aspergillus sp.*

Ciri makroskopis jamur Aspergillus sp. adalah warna basal koloni berwarna putih, bagian yang mengandung konidia berwarna hijau kehitaman. Sedangkan ciri mikroskopis meliputi bentuk konidia bulat, dinding konidiofor tipis dan berwarna putih, vesikel tertutupi oleh sel konidia, dan metula berukuran 3-5 (Barnelt, 1960).

B. Pengujian Efektivitas Antirayap

Pengujian asap cair sebagai agen antirayap memberikan hasil bahwa asap cair efektif membunuh rayap kayu kering, baik berdasarkan mortalitas rayap kayu kering maupun penurunan berat kertas uji. Mortalitas rayap akibat perlakukan berbagai macam konsentrasi asap cair terlihat seperti pada gambar di bawah ini:



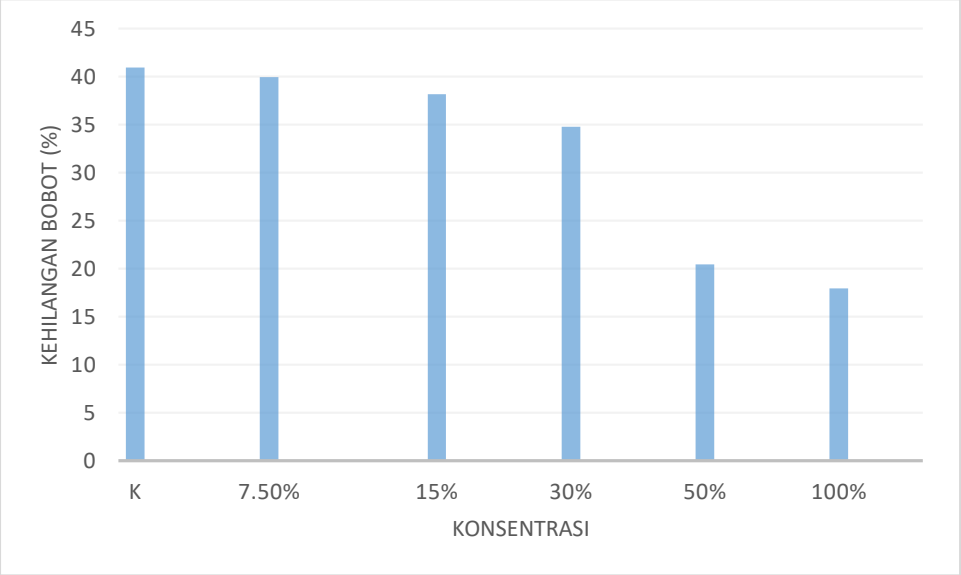
Gambar 5.2 Pengaruh Konsentrasi Asap Cair Terhadap Mortalitas Rayap

Hasil analisis dengan menggunakan uji ANOVA menunjukkan bahwa asap cair berpengaruh nyata terhadap mortalitas rayap (p<0,05). Uji lanjut BNT memberikan hasil perlakuan terbaik selain konsentrasi 100% adalah 50%. Sedangkan konsentrasi 30% tidak memberikan perbedaan nyata secara signifikan dengan konsentrasi 15% & 7,5%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asap cair, semakin tinggi mortalitas rayap. Hal ini sejalan dengan semakin tinggi konsentrasi asap cair, semakin tinggi pula komponen dalam asap cair yang berfungsi sebagai antirayap. Menurut Yatagi *et al.*, (2002) menyatakan bahwa konsentrasi asap cair yang tinggi mengakibatkan kematian rayap meningkat karena kemampuan bahan aktif dalam asap cair, terutama asam asetat juga semakin banyak.

Pengujian asap cair pada kajian ini menggunakan asap cair produksi CV. Al Madaniah, Bantul-Yogyakarta. Berdasarkan hasil study banding ke produsen asap cair tempurung kelapa tersebut, diketahui bahwa suhu pirolisis yang digunakan adalah 120^{o}C selama 90 menit. Sehingga kemungkinan komponen aktif yang ada pada asap cair yang dihasilkan belum optimal. Menurut Islam *et al.*, (2005) menyatakan bahwa suhu pirolisis berpengaruh terhadap kandungan senyawa aktif yang dihasilkan. Suhu pirolisis dibawah 300^{o}C dan di atas 500^{o}C menghasilkan asap cair lebih rendah daripada suhu 450^{o}C. Hal ini dapat disebabkan karena pada suhu yang rendah dimungkinkan belum terjadinya pirolisis secara sempurna, sehingga asap cair yang dihasilkan sedikit. Sedangkan pada suhu yang tinggi, dimungkinkan terjadinya dekomposisi kedua (*secondary decomposition*). Oleh karena itu, pada penelitian ini

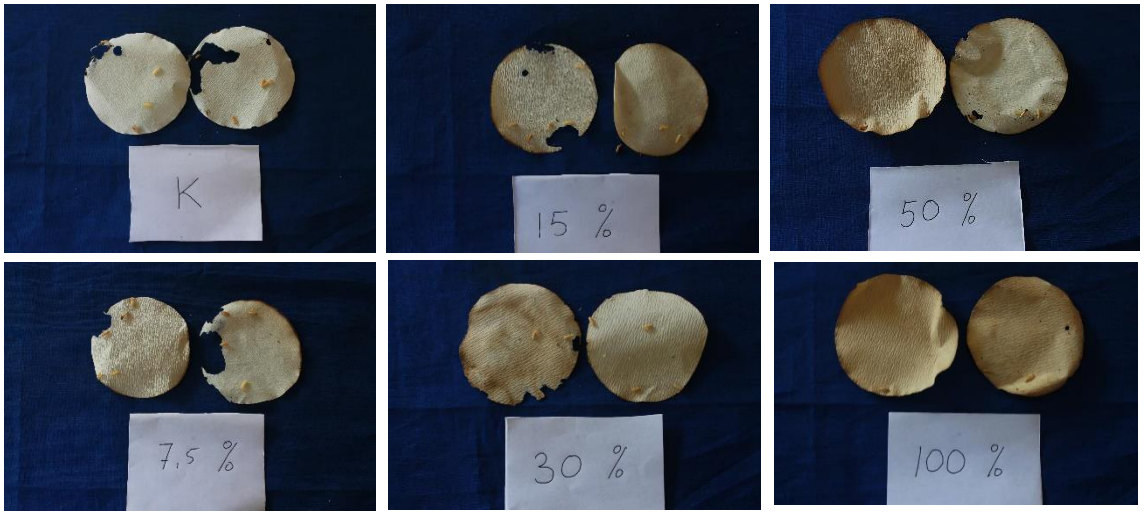
dibutuhkan konsentrasi asap cair yang tinggi untuk dapat mulai membunuh rayap kayu kering.

Hasil yang sama ditunjukkan pada analisis penurunan berat kertas uji. Berikut ini diagram pengaruh konsentrasi asap cair terhadap penurunan berat kertas uji:



Gambar 5.3 Pengaruh Konsentrasi Asap Cair (%) terhadap kehilangan berat kertas saring

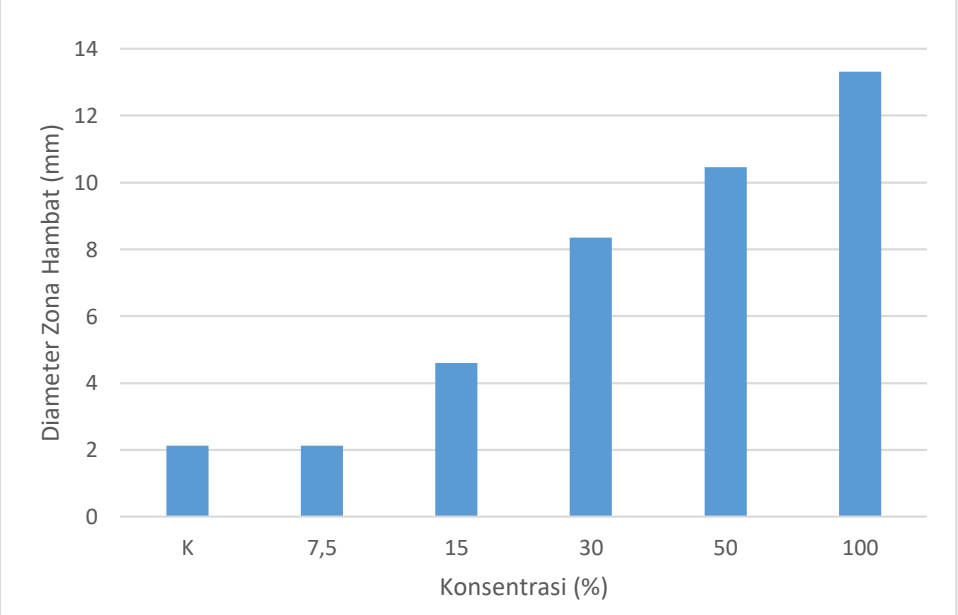
Penurunan berat kertas saring terkecil selain konsentrasi 100% adalah konsentrasi 50%. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi asap cair makin rendah persentase penurunan berat kertas saring. Hal ini berhubungan dengan aktivitas makan rayap dalam mengkonsumsi kertas saring. Kemampuan rayap untuk hidup dipengaruhi oleh kemampuan rayap untuk tetap memakan kertas saring. Kertas saring dengan konsentrasi asap cair rendah tetap dikonsumsi oleh rayap, hal ini dikarenakan konsentrasi senyawa aktif yang berfungsi sebagai antirayap rendah, sehingga rayap tetap memakan kertas saring dan tetap hidup. Penelitian yang dilakukan oleh Oramahi & Yoshimura (2013) menggunakan asap cair dari kayu Laban menunjukkan hasil bahwa pada konsentrasi 1%-5% terhadap rayap *Reticulitermes speratus* menyebabkan penurunan berat kertas saring sebesar 6,7%-23,7%.



Gambar 5.3 Kertas saring setelah percobaan pengumpanan rayap

C. Pengujian Efektivitas Antijamur

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa konsentrasi asap cair berpengaruh nyata terhadap indeks antijamur. Makin tinggi konsentrasi asap cair makin tinggi indeks antijamur.

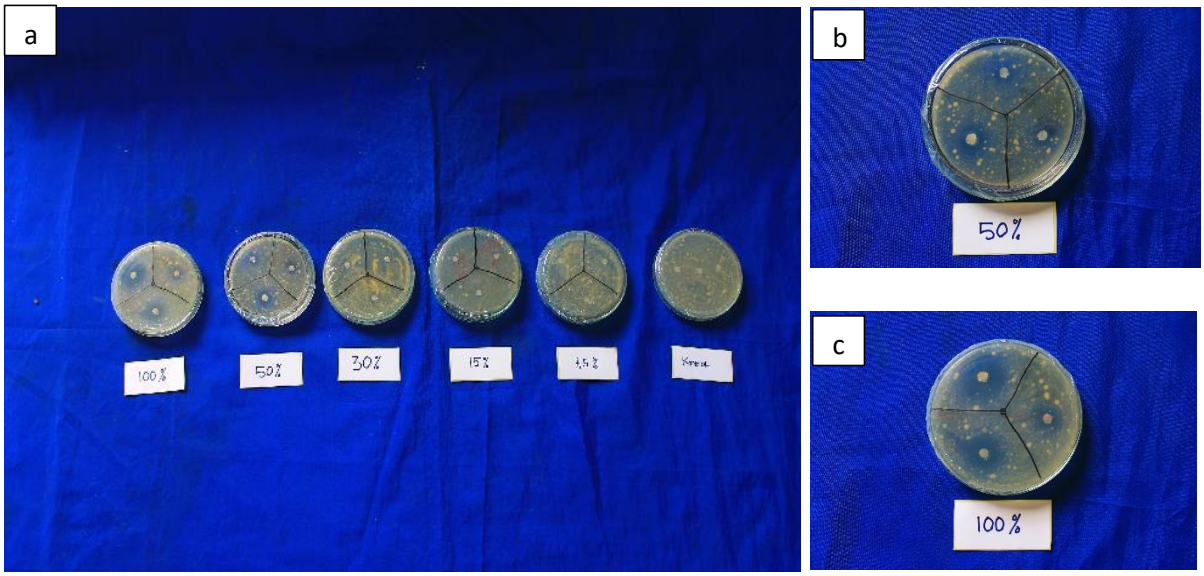


Gambar 5.4 Diagram pengaruh konsentrasi asap cair terhadap pertumbuhan jamur *Aspergillus sp.*

Aktivitas antijamur asap cair disebabkan karena adanya komponen asam asetat dan senyawa fenolik. Menurut Velmurugun *et al.,* (2009) menyatakan bahwa komponen 2,6 *dimethyl phenol*, *dehydroacetic acid*, dan 2,3,5 *trimethoxytoluene* dalam asap cair serbuk gergaji bamboo mampu berperan sebagai antijamur. Sedangkan Noor *et al.*, (2014) melakukan identifikasi komponen kimiawi asap cair dan menghasilkan bahwa komponen kimiawi dominan asap cair tempurung kelapa pada suhu pirolisis 500^{o}C

adalah fenol, 2,6-*dimethoxy fenol*, 2-*methoxy fenol*, 1,2-*benzenediol*, dan 3-*methoxy*-1,2-*benzenediol*.

Sifat antimikrobia asam asetat terkait dengan kondisi pH. Asam asetat yang tidak terdisosiasi lebih cepat berpenetrasi ke dalam sel. Sedangkan asam propionate mampu menghambat mikrobia dengan cara memblok system metabolisme sel melalui penghambatan kerja enzim di dalam jamur (Karseno *et al.*, 2001). Mekanisme senyawa fenolik sebagai antijamur adalah senyawa fenolik mampu bereaksi dengan membrane sel. Reaksi tersebut menyebabkan permeabilitas membrane sel meningkat, sehingga menyebabkan isi sel keluar, inaktivasi enzim-enzim esensial, dan inaktivasi fungsional materi genetic (David & Banen, 1993).



Gambar 5.5 Hasil pengujian antijamur asap cair terhadap jamur *Aspergillus sp.* a) hasil pengujian pada semua konsentrasi; b) konsentrasi 50%; c) konsentrasi 100%

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa diperlukan konsentrasi yang tinggi untuk menekan pertumbuhan jamur *Aspergillus sp.*. Menurut Shiah *et al.* (2006) pada konsentrasi yang tinggi berarti kandungan bahan aktif di dalam asap cair juga tinggi, sehingga lebih banyak bahan aktif yang dapat mengganggu metabolisme di dalam jamur.

D. Perhitungan LC_{50}

LC_{50} (*median lethal concentration*) adalah konsentrasi yang menyebabkan kematian sebanyak 50% dari organisme uji yang dapat diestimasi dengan grafik dan perhitungan pada suatu waktu pengamatan tertentu. Berdasarkan hasil perhitungan LC_{50} untuk pengaruh asap cair terhadap mortalitas rayap, diketahui bahwa toksisitas asap cair tempurung kelapa mempunyai sifat toksisitas rendah (100 ppm<Nilai LC_{50}<1000 ppm). Karena berdasarkan Mayer *et al.,* (1982) mengklasifikasikan tingkat toksisitas suatu ekstrak berdasarkan nilai LC_{50}, yaitu kategori sangat tinggi (*highly toxic*)

jika mampu membunuh 50% larva pada konsentrasi 1-10 ppm, sedang (*medium toxic*) pada konsentrasi 10-100 ppm, dan rendah (*low toxic*) pada konsentrasi 100-1000 ppm.

BAB VI
PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Asap cair tempurung kelapa efektif sebagai antirayap dan antijamur. Berpotensi untuk diterapkan sebagai bahan konservan benda cagar budaya kayu
2. Konsentrasi asap cair terbaik sebagai antirayap adalah pada konsentrasi 50%. Sedangkan untuk pengujian antijamur konsentrasi terbaik ada pada konsentrasi 30%.

B. Saran

Saran yang dapat disampaikan untuk menyempurnakan kajian asap cair adalah:

1. Hendaknya dilakukan pengujian GC-MS untuk mengetahui komponen kimiawi penyusun asap cair yang digunakan pada penelitian
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai berbagai macam asap cair dan metode pengaplikasian terbaik yang diterapkan pada objek

DAFTAR PUSTAKA

Abe, H. Funada, R. 2005. The Orientation of Cellulose Microfibrils in The Cell Wall Tracheids in Conifers. *IAWA Journals* 26: 161-174.

Achmadi, S. S. 1990. *Kimia Kayu*. Departemen Pendidikan dan Kebudayan Direktorat Jenderal pendidikan Tinggi Pusat Universitas Ilmu Hayat IPB. Bogor

Amritama, D. 2007. Asap Cair. http://tech.groups.yahoo.comessage/7945. Diakses tanggal 24 Mei 2016.

Anon. 1969. *Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber*. Indian Standards Institution. New Delhi.

Batubara, R. 2006. *Teknologi Pengawetan Kayu Perumahan dan Gedung dalam Upaya Pelestarian Hutan*. Karya Tulis. Universitas Sumatera Utara.

Barly dan N.E. Lelana. (2010). Pengaruh ketebalan kayu, Konsentrasi larutan dan lama perendaman terhadap hasil pengawetan kayu. Vol. 28. No.1. Hal 1-8. Bogor: Pusat Litbang Hasil Hutan.

Barnelt, H.L. 1960. Illustrated Genera Of Imperfect Fungi. Departement of Plant Pathology, Bacteriology, and Entomology West Virginia University. Morgantown. West Virginia.

Cahyandaru, N., Parwoto, Gunawan, A. 2010. *Konservasi Cagar Budaya Berbahan Kayu Dengan Bahan Tradisional*. Balai Konservasi Borobudur

Carvalheiro, F., Duarte, L., C., Girio, F., M. 2008. Hemicellulose Biorefineries. *Journal of Scientific and Industrial Research* 67 : 849-864.

Darmaji, P.1996. Aktivitas antibakteri asap cair yang diproduksi dari bermacam-macam limbah pertanian. *Agritech*. 16 (4): 19–22.

Darmadji, P., Oramahi, H.A., Haryadi & Armunanto, R., 2000. Optimasi Produksi dan Sifat Fungsional Asap Cair Kayu Karet. *Agritech* 20 (3): 147-155

Davidson, M.P. and Banen, A.L. 1993. *Antimicrobial In Food*. Second edition Revised. Marcel Decker Inc.: New York.

Dumanauw, J. F. 1993. *Mengenal Kayu*. Yogyakarta: Kanisius.

Eddy, Fretheim, K. Granum, P.E. Vold, E. 1993. Influence of Generation Temperaturon The Chemical Compotition, Antioxidative, and Antimicrobial Effect of Wood Smoke. *J.Food Science* (45) : 999-1003

Fengel, D., G. Wegener. 1995. *Kayu Kimia dan Ultrastruktur dan Reaksi-reaksi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta (Terjemahan).

Fretheim, K., Granum P.E.,and Vold E., (1980), “Influence of Ganeration Temperature on the Chemical Composition, Antioxidative, and Antimicrobial Effects of Wood Smoke”,Journal of Food Sci, 45, pp. 999- 1007.

Girard, J.P., 1992 . *Technology of Meat and Meat Product Smoking* . Ellis Harwood.

Harry, P. J. 2006. Primary and Secondary Cell Wall: A Comparative Overview. *New Zealand and Forestry Science* 36 (1): 36-53

Karseno, Darmadji, P., & R. Kapti. 2001. Daya Hambat Asap Cair Kayu Karet Terhadap Bakteri Pengkontaminan Lateks dan Ribbed Smoke Sheet. *Agritect*, 21 (1): 10-15

Lee R. Lynd,1 * Paul J. Weimer,2 Willem H. van Zyl,3 and Isak S. Pretorius. 2002. Microbial Cellulose Utilization Fundamentals and Biotechnology. *Molecular and Microbial Biology* 66 (3): 506-577

Luditama, Candra. 2006. *Isolasi dan Pemurnian Asap Cair Berbahan Dasar Tempurung dan Sabut Kelapa Secara Pirolisis dan Distilasi* (Skripsi Sarjana Teknologi Pertanian). IPB. Bogor

Maga, J.A., 1987. Smoke in Food Processing. CRC Press. Inc. *Boca Raton*. Florida. :1 -3;113-138.

Martawijaya, A., Barly. 1982. *Resistensi Kayu Indonesia Terhadap impregnasi dengan bahan pengawet CCA*. Pengumuman No. 5. Balai Penelitian Hasil Hutan. Bogor

Meyer, B.N., Ferrigni, N.R., Putman, J.E., Jacsben, L.B., Nicols, D.E., and McLaughlin, J.L. 1982. Brine shrimp : a convinient general bioassay for active plant constituent. *Plant Medica* 45: 31-34.

Oramahi, 2008. *Penyakit Simpanan pada Gaplek yang Disebebkan oleh Aspergillus flavus. Disertasi pada Program Studi Fitopatologi* Universitas Gadjah Mada (tidak dipublikasikan).

Oramahi, H.A., Sumardiyono, C., Pusposendjojo & Haryadi. 2006. Identifikasi Jamur Genus Aspergillus pada Gaplek di Kabupaten Gunungkidul, *J. Perlindungan Tanaman Indonesia 12* (1): 13-24.

Oramahi HA & Yoshimura T. 2013. Antifungal and antitermitic activities of wood vinegar from *Vitex pubescens* Vahl. *J. Wood Sci.* 59: 344–350

Ortiz, R., Parraga, M., Carrasco, I., Vega, E., Ortiz, M., Herrera, P., Jurgens, J., Held, J., Blanchette, R.. 2014. Investigation of Biodeterioration by Fungi in Historic Wooden Churches of Chile. *Microbial ecology*. 67(3): 568-575

Pitt. J.I & A.D. Hocking., 1997. Fungi and Food Spoilage. Academic Press, London Pszczola, Donald E. 1995. Tour Highlights Production and Uses of Smoke-Based Flavors. *Food Technol. 49*(1);70-74.

Pszczola, Donald E. 1995. Tour Highlights Production and Uses of Smoke-Based Flavors. *Food Technol*. 49(1);70-74.

Shiah TC, Wu SK, Huang JC & Lin HC. 2006. The Fungi Resistance of Bamboo Materials Treated with Bamboo Vinegar Using Soaking Treatment. *J. of Agriculture and Forestry NYCU* 3(1): 1–22.

Sjostrom. E, (1995) *Kimia Kayu, Dasar-dasar dan Penggunaannya* (Edisi Kedua), Gajah Mada University Press.

Soldera S, Sebastianutto N, and Bortolomeazzi R, 2008. "Composition of phenolic compounds and antioxidant activity of commercial aqueous smoke flavorings". *J. Agric. Food Chem.* 56(8): 2727–2734

Tobing, T.L. 1977. *Pengawetan Kayu*. Lembaga Kerjasama Fakultas Kehutanan IPB; Bogor

Tranggono, Suhardi, Setiadji, B., Darmadji, P., Supranto, & Sudarmanto., 1996, Identifikasi Asap Cair dari Berbagai Jenis Kayu dan Tempurung Kelapa, *J. Ilmu dan Teknologi Pangan*, vol. 1, No.2: 15-24.

Velmurugan, N. Han, S. S. & Y.S. Lee, 2009a. Antifungal Activity of Neutralized Wood Vinegar with Water Extracts of Pinus densiflora and Quercus serrata Saw Dusts, Int. *J. Environ. Res*., 3(2):167-176

Velmurugan, N., S. S Chun, N. Han, S. S. & Y.S. Lee, 2009b. Characterization of Chikusaku-Eki and Mokusaku-Eki and Its Inhibitory Effect on Sapstaining Fungal Growth in Laboratory Scale, Int. *J. Environ. Sci. Tech*., 6 (1), 13-22

Whetten, R., Sederoff, R. 1995. *Lignin Biosynthesis*. The Plant Cell 7: 1001-1013

Wijaya, M., E. Noor, T. Tedja Irawadi, dan G. Pari. 2008. Karakterisasi Asap Cair dan Pemanfaatannya sebagai Biopestisida. *Bionature*,vol 9(1):34-40. ISSN1411-4720

Yatagai M, Nishimoto M, Ohira KHT, & Shibata A. 2002. Termiticidal activity of wood vinegar, its components and their homologues. *J. Wood Sci*. 48(2):338–342.

Yoshimoto, T. & W. Syafii, 1993. Extractives from Some Tropical Hardwoods and Their Influnces on the Growth of Wood Decaying Fungi. *Journal Tropical Agriculture*, 4 (2): 31-35.

Zaitsev, I., Kizeveter, I., Lacunov, L., Makavora, L., Mineer, L., Podsevalor, V. 1969. *Fish Curing and Processing*. Mir Publisher. Moskow.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL KEBUDAYAAN

LAPORAN HASIL KAJIAN

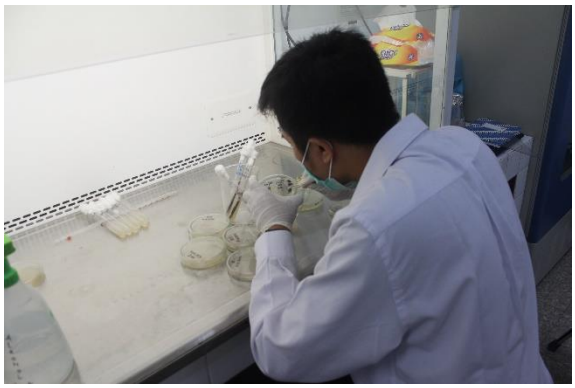
"KONSERVASI CAGAR BUDAYA KAYU dengan ASAP CAIR"

OLEH :

Moh. Habibi, S. Si
Dian Eka Puspitasari, S. T
Arif Gunawan
Heri Yulianto
Wahyudi

BALAI KONSERVASI BOROBUDUR
MAGELANG
2016

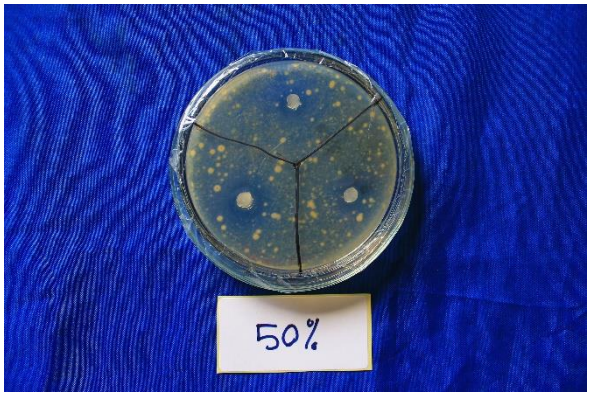
Lampiran



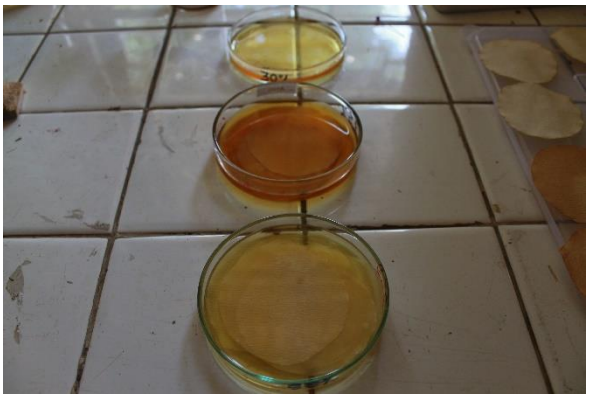
Gambar 1 proses inokulasi sampel jamur

Gambar 2 Inkubasi sampel jamur uji

Gambar 3 hasil pengujian asap cair berbagai konsentrasi terhadap jamur

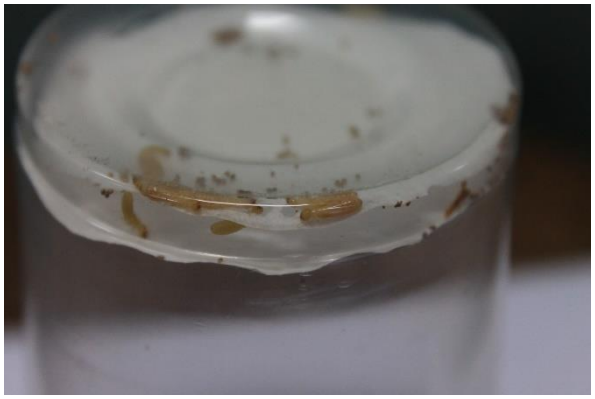


Gambar 4 hasil pengujian konsentrasi 50%



Gambar 1

Gambar 2



Gambar 3

Gambar 4

Gambar 5

Gambar 6

Hasil pengujian asap cair sebagai anti rayap. Gambar 1) perendaman kertas uji pada berbagai macam konsentrasi asap cair; 2) pemilihan rayap kayu kering; 3) dan 4) pengumpanan kertas pada rayap kayu kering; 5) dan 6) hasil pengumpanan kertas pada rayap kayu kering

Proses pembuatan asap cair tempurung kelapa dengan proses pirolisis di Bantul, Yogyakarta