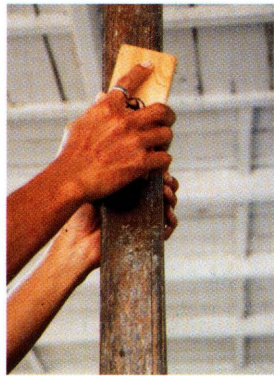
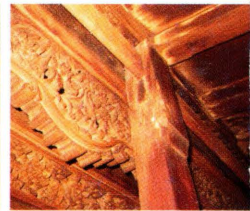


ISBN : 978-602-98592-1-8

KONSERVASI

**Cagar Budaya Berbahan Kayu
Dengan Bahan Tradisional**



**Balai Konservasi Peninggalan Borobudur
2010**

KONSERVASI CAGAR BUDAYA BERBAHAN KAYU DENGAN BAHAN TRADISIONAL

ISBN 978-602-98592-1-8

Diterbitkan oleh :
Balai Konservasi Peninggalan Borobudur
Jl. Badrawati Borobudur Magelang 56553
Telp. (0293) 788225, 788175
Fax. (0293) 788367
Email : balai@konservasiborobudur.org
konservasiborobudur@yahoo.com
Website : www.konservasiborobudur.org

REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB

Drs. Marsis Sutopo, M.Si

KETUA TIM REDAKSI

Iskandar Mulia Siregar, S.Si

ANGGOTA TIM REDAKSI

Yudi Suhartono, S.S, M.A

Ari Swastikawati, S.Si, M.A

Joni Setiyawan, S.T

Irawan Setiyawan

PENULIS

Nahar Cahyandaru, S.Si

Parwoto, S.E

Arif Gunawan

EDITOR AHLI

Ir. Yustinus Suranto Setyoharjono, M.P

SAMBUTAN

KEPALA BALAI KONSERVASI PENINGGALAN BOROBUDUR

Sebagai Unit Pelaksana Teknis di bawah Direktorat Peninggalan Purbakala, Direktorat Jenderal Sejarah dan Purbakala, Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata, Balai Konservasi Peninggalan Borobudur memiliki tugas dan fungsi antara lain melaksanakan kajian bidang konservasi, teknik sipil, arsitektur, geologi, biologi, kimia, dan arkeologi di lingkungan candi Borobudur dan peninggalan purbakala lainnya di seluruh Indonesia. Hasil kajian diharapkan dapat bermanfaat bagi upaya pelestarian terhadap cagar budaya. Berkenaan dengan hal itu, pada kesempatan ini Balai Konservasi Peninggalan Borobudur menerbitkan buku hasil kajian dengan judul *Konservasi Cagar Budaya Berbahan Kayu Dengan Bahan Tradisional*

Di Indonesia banyak terdapat peninggalan purbakala (cagar budaya) yang terbuat dari bahan kayu seperti rumah-rumah tradisional, Istana, perahu kuna dan sebagainya. Cagar budaya yang terbuat dari kayu ini sangat rentan mengalami kerusakan baik dari faktor internal maupun eksternal. Hal ini mengingat Indonesia terletak di wilayah khatulistiwa yang memiliki iklim tropis, yang menyebabkan bangunan berbahan kayu tidak dapat bertahan lama. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk melestarikan cagar budaya berbahan kayu sehingga dapat bertahan lebih lama dan dapat diwariskan kepada generasi berikutnya, sebagai bukti sejarah masa lalu.

Selanjutnya dalam kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penerbitan buku ini. Kami berharap mudah-mudahan buku ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Borobudur, Desember 2010
Kepala

Drs. Marsis Sutopo, M.Si
NIP 19591119 199103 1 001

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penyusunan buku ini dapat kami selesaikan. Penyusunan buku pada dasarnya merupakan hasil akhir dari rangkaian kajian mengenai penggunaan bahan tradisional pada konservasi kayu. Kajian mengenai konservasi kayu dengan bahan tradisional telah dimulai sejak disadarinya efektivitas penggunaan bahan tersebut oleh masyarakat.

Perkembangan metode konservasi cagar budaya juga mengarah pada penggunaan bahan yang ramah lingkungan dan bahan tradisional. Disadari atau tidak, cukup banyak metode tradisional yang didasarkan pada kearifan dan pengalaman nenek moyang yang ternyata efektif sebagai metode konservasi benda cagar budaya. Meskipun secara empiris terbukti efektif namun masih perlu didukung oleh kajian yang memadai untuk menjadi sebuah metode baku yang diakui.

Kajian mengenai bahan tradisional sangat menarik untuk dilakukan. Kajian pertama yang harus dilakukan adalah evaluasi efektivitas penggunaan bahan tersebut baik secara observasi di lapangan maupun percobaan di laboratorium. Kajian lebih lanjut mengenai efektivitas perlu diuji secara statistika sehingga lebih meyakinkan secara ilmiah. Selanjutnya kajian mengenai senyawa aktif yang terkandung dalam bahan tradisional akan mampu menjelaskan secara lebih ilmiah terhadap efektivitas bahan konservasi tersebut. Kajian analisis senyawa aktif dalam bahan tradisional memiliki tingkat kesulitan yang tinggi dan harus didukung dengan dasar ilmu kimia khususnya metodologi isolasi (pemisahan) dan analisis instrumental.

Kami berharap buku ini dapat menjawab secara ilmiah dalam penggunaan bahan tradisional sebagai konservasi benda cagar budaya kayu. Sebagai sebuah kumpulan tulisan dan hasil kajian maka buku ini disusun secara sistematis namun isi dari masing-masing Bab dapat dipandang sebagai sebuah tulisan tersendiri, sehingga hubungan antar Bab tidak secara langsung berkaitan dan berurutan. Kami menyadari sepenuhnya buku ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu masukan dan saran sangat kami harapkan untuk perbaikan lebih lanjut.

Borobudur, Desember 2011

Tim Redaksi

DAFTAR ISI

SAMBUTAN KEPALA BALAI KONSERVASI PENINGGALAN BOROBUDUR ..	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
 BAB I. KAYU	 1
1.1. Kayu	1
1.1.1. Tumbuhan Penghasil Kayu dan Bahan Berkayu	1
1.1.2. Proses Pertumbuhan Pohon	1
1.1.3. Proses Pembentukan Kayu	2
1.1.4. Pembentukan Pati dan Pemanfaatannya	4
1.1.5. Proses-Proses Fisiologis Pohon	5
1.1.6. Keberadaan dan Kadar Pati di dalam Kayu	6
1.2. Kerusakan dan Pelapukan	6
1.2.1. Berbagai Agen Penyebab Kerusakan Kayu	6
1.2.2. Faktor Lingkungan Penyebab Kerusakan Kayu	7
1.2.2.1. Cuaca sebagai Faktor Perusak Kayu	7
1.2.2.2. Proses Degradasi Oleh Beban Mekanis	9
1.2.2.3. Kerusakan Kayu Oleh Bahan Kimia	9
1.2.2.4. Proses Degradasi Kayu Oleh Suhu	9
1.2.3. Kerusakan Kayu yang Disebabkan Oleh Mikro-organisme	10
1.2.3.1. Bakteri	10
1.2.3.2. Jamur dan Cendawan	10
1.2.4. Organisme Makro Penyebab Kerusakan Kayu	10
1.2.4.1. Rayap	11
1.2.4.2. Kumbang Penggerek Kayu (Pemakan Pati)	11
1.2.4.3. Hymenoptera	11
 BAB II. PENGAWETAN KAYU SECARA TRADISIONAL	 12
2.1. Kearifan Budaya Pada Teknologi Pengawetan Kayu	12
2.2. Studi Lapangan Pengawetan Tradisional	15
 BAB III. PENGUJIAN EFEKTIVITAS BAHAN TRADISIONAL	 20
3.1. Bahan Percobaan dan Penyiapannya	20
3.1.1. Tembakau Srintil	20
3.1.2. Tembakau Biasa	20
3.1.3. Cengkeh	21
3.1.4. Pelepah Daun Pisang	21
3.1.5. Bahan Pengumpuan	22
3.1.6. Sasaran Umpuan	22
3.2. Metode Percobaan	23
3.2.1. Pembuatan Larutan	23
3.2.2. Konsentrasi Larutan	24
3.2.3. Pembuatan Sampel Kertas Tissue	24
3.2.4. Pembuatan Tempat Uji	25
3.2.5. Uji Pengumpuan	25

3.3. Hasil Studi	26
3.3.1. Pengurangan Berat	26
3.3.2. Mortalitas Rayap	30
3.3.3. Kesimpulan	33
BAB IV. SENYAWA AKTIF DALAM BAHAN TRADISIONAL	34
4.1. Tembakau dan Hipotesis Senyawa Aktifnya	34
4.2. Cengkeh dan Hipotesis Senyawa Aktifnya	35
4.3. Cara Kerja Percobaan	37
4.3.1. Isolasi Bahan Aktif Tembakau	37
4.3.2. Isolasi Bahan Aktif Cengkeh	37
4.3.3. Analisis Kimia Organik Isolat Bahan Aktif	37
4.3.4. Uji Fungisida Invitro	38
4.4. Hasil Percobaan	38
4.4.1. Bahan Aktif Tembakau	38
4.4.1.1. Ekstraksi Nikotin Dari Tembakau	38
4.4.1.2. Analisis Nikotin	39
4.4.1.3. Uji Efektivitas Ekstrak	41
4.4.1.4. Pembahasan	42
4.4.2. Bahan Aktif Cengkeh	44
4.4.2.1. Ekstraksi Eugenol Dari Cengkeh	44
4.4.2.2. Analisis Eugenol	45
4.4.2.3. Uji Efektivitas Ekstrak	47
4.4.2.4. Pembahasan	48
BAB V. PENUTUP	53
Daftar Pustaka	55

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Komposisi kimia daun tembakau	21
Tabel 2.	Komposisi dan konsentrasi larutan bahan pengawet	24
Tabel 3.	Pengurangan berat kertas setelah pengumpanan (%)	26
Tabel 4.	Analisa varians pengurangan berat kertas (%)	28
Tabel 5.	Pengujian LSD bagi pengaruh interaksi antara metode perendaman dan bahan pengawet terhadap pengurangan berat kertas	28
Tabel 6.	Pengujian LSD bagi pengaruh interaksi jenis bahan pengawet dan konsentrasi larutan pengawet terhadap persentase pengurangan Berat kertas	29
Tabel 7.	Pengujian LSD atas pengaruh bahan pengawet terhadap pengurangan berat kertas	30
Tabel 8.	Mortalitas rayap kayu kering (%)	31
Tabel 9.	Analisis varians mortalitas rayap (%)	32
Tabel 10.	Pengujian LSD bagi pengaruh jenis bahan pengawet terhadap mortalitas rayap	32
Tabel 11.	Prosentase Alkaloid dalam Ekstrak dan Tembakau	40
Tabel 12.	Data spektroskopi infra merah	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Pintu geser rumah tradisional Kudus	15
Gambar 2.	Ruang tamu rumah tradisional Kudus	16
Gambar 3.	Gebyok khas Kudus	16
Gambar 4.	Rumah tradisional Kotagede	17
Gambar 5.	Struktur tumpang sari pendopo rumah joglo di Kotagede	17
Gambar 6.	Bahu danyang aksesoris rumah tradisional Kotagede	17
Gambar 7.	Bangunan mushola kuno di Ngrajek	18
Gambar 8.	Rumah tradisional di Ngrajek	18
Gambar 9.	Pengawetan secara tradisional	18
Gambar 10.	Rumah gerilya Jendral Sudirman di Pacitan tampak depan	19
Gambar 11.	Rumah gerilya Jendral Sudirman di Pacitan tampak dalam	19
Gambar 12.	Tembakau, cengkeh dan pelepah pisang dikeringkan sebelum ditumbuk	22
Gambar 13.	Bahan pengawet ditumbuk/dihaluskan	22
Gambar 14.	Bahan pengawet yang direndam dalam air dingin	23
Gambar 15.	Sampel di timbang sebelum dioles bahan pengawet	24
Gambar 16.	Pengolesan bahan pengawet pada sampel	25
Gambar 17.	Sampel yang telah dioles, dikeringkan dan di timbang	25
Gambar 18.	Posisi sampel kertas dan rayap kayu kering di dalam botol plastik	26
Gambar 19.	Sampel yang sudah diberi perlakuan sebelum diumpankan	26
Gambar 20.	Kondisi kertas tissue kontrol (K) setelah diumpankan	27
Gambar 21.	Struktur kimia nikotin	34
Gambar 22.	Reaksi isolasi nikotin	35
Gambar 23.	Rumus kimia eugenol	36
Gambar 24.	Reaksi isolasi eugenol	36
Gambar 25.	Proses ekstraksi tembakau dengan pelarut metanol-asam asetat	38
Gambar 26.	Alkaloid kasar yang diperoleh dari ekstraksi tembakau	39
Gambar 27.	Pola kromatogram ekstrak tembakau dilihat dibawah sinar ultraviolet (Tembakau Temanggung sebelah kiri, dan tembakau srintil sebelah kanan)	39
Gambar 28.	Kromatogram ekstrak tembakau Temanggung	40
Gambar 29.	Kromatogram ekstrak tembakau srintil	40
Gambar 30.	Spektra serapan ultraviolet alkaloid pada tembakau Temanggung	41
Gambar 31.	Spektra serapan ultraviolet alkaloid pada tembakau srintil	41
Gambar 32.	Uji aktivitas ekstrak tembakau terhadap jamur pada kayu	41
Gambar 33.	Metode pengambilan minyak cengkeh dengan cara ekstraksi Pelarut	44
Gambar 34.	Tahapan isolasi Eugenol	45
Gambar 35.	Data kromatogram kadar eugenol	46
Gambar 36.	Data spektroskopi infra merah senyawa Eugenol	46
Gambar 37.	Data NMR senyawa Eugenol	47
Gambar 38.	Uji aktivitas ekstrak cengkeh tembakau terhadap jamur pada kayu	48
Gambar 39.	Ikatan hidrokarbon pada senyawa eugenol	48
Gambar 40.	Struktur kimia eugenol	50

BAB I

KAYU

Oleh : Yustinus Suranto

1.1. Kayu

1.1.1. Tumbuhan Penghasil Kayu dan Bahan Berkayu

Kayu dan bahan berkayu merupakan dua terminologi yang digunakan untuk menamai bahan alam berkekuatan mekanis yang dihasilkan dari tetumbuhan. Perbedaan antara kayu dan bahan berkayu didasarkan pada perbedaan secara taksonomis terhadap tetumbuhan yang menghasilkannya. Kayu dihasilkan oleh tetumbuhan dikotil, yang dikenal dalam wujud berbagai jenis pohon dan perdu. Sementara itu, bahan berkayu dihasilkan oleh tetumbuhan monokotil, yang dikenal dalam wujud berbagai jenis tetumbuhan kelapa, aren, ruyung, bambu dan rotan. Glugu, aren, ruyung, bambu dan rotan merupakan hasil alam yang dikelompokkan ke dalam bahan berkayu.

Meskipun kayu dibedakan dari bahan berkayu, keduanya memiliki hakekat yang sama, karena keduanya merupakan produk alam yang dihasilkan dari tetumbuhan tingkat tinggi. Kesamaan di dalam hakekat itulah yang mengakibatkan keduanya memiliki unsur yang sama, baik unsur kimiawi maupun unsur sitologi. Secara kimiawi, keduanya tersusun atas selulosa, hemiselulosa, lignin, dan zat ekstraktif. Secara sitologi, keduanya tersusun atas jaringan serat, jaringan pembuluh, jaringan parenkim.

Di dalam keaneka-ragaman tetumbuhan penghasil kayu dan tetumbuhan penghasil bahan berkayu sebagaimana terpapar di atas, pohon merupakan tetumbuhan yang menempati posisi terpenting dilihat dari dua hal. Pertama, pohon merupakan tetumbuhan yang dominan sebagai penghasil kayu. Kedua, kayu merupakan bahan alam yang paling banyak digunakan sebagai komponen penyusun benda cagar budaya. Oleh karena itu, pohon diambil sebagai obyek untuk ditilik lebih lanjut sebagai obyek untuk mewakili tumbuhan berkayu.

1.1.2. Proses Pertumbuhan Pohon

Pertumbuhan pohon dapat dikenali secara bertahap dari perkembangan status dirinya. Semula, tetumbuhan berstatus sebagai biji, kemudian mengalami pertumbuhan menjadi kecambah. Dari status kecambah ini, tetumbuhan ini mengalami pertumbuhan lebih lanjut dan berdasarkan dimensi tinggi tetumbuhan dan atau diameter batangnya, status tetumbuhan itu berturut-turut berubah menjadi semai, sapihan, tiang, dan akhirnya pohon.

Pada pohon, pertumbuhan tersebut dibedakan menjadi dua macam, yaitu pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder. Pertumbuhan primer adalah pertumbuhan meninggi atau pertumbuhan ke arah vertikal, sedangkan pertumbuhan sekunder ke arah samping atau lateral. Pertumbuhan primer akan mengakibatkan penambahan tinggi pohon, sedangkan pertumbuhan sekunder akan memperbesar diameter batang dan diameter cabang serta diameter ranting.

Adanya pertumbuhan meninggi dan membesar pada pohon tersebut diakibatkan oleh adanya pembentukan kayu baru. Kayu baru ini ditambahkan pada kayu yang sudah ada. Pada pertumbuhan meninggi, kayu baru ditambahkan pada bagian ujung-ujung pohon yang ada pada pucuk-pucuk ranting atau tunas. Pada pertumbuhan membesar, kayu baru ditambahkan pada bagian terluar batang, catang dan ranting pohon yang ada pada batas antara kayu dan kulit kayu.

Kayu baru tersebut tersusun atas matriks (kerangka) yang terdiri atas unsur-unsur kimia kayu, yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Meskipun fungsi setiap unsur itu tidak dapat dipilah secara tegas, unsur selulosa dan hemiselulosa akan mengakibatkan kayu memiliki kekuatan, sedang unsur lignin akan mengakibatkan kayu memiliki kekerasan. Di samping matrik yang terdiri atas selulosa, hemiselulosa dan lignin tersebut, kayu juga mengandung zat ekstraktif. Zat ekstraktif merupakan zat yang mengakibatkan kayu memiliki sifat keawetan. Zat ekstraktif dapat diekstrak atau dikeluarkan dari kayu tanpa merusak matriks atau kerangka kayu tersebut. Dengan demikian, kayu masih memiliki kekuatan dan kekerasannya meskipun zat ekstraktifnya telah dikeluarkan dari kayu. Di samping itu, kayu juga tersusun dari satu lagi unsur kimia kayu, yaitu zat mineral kayu. Zat ini akan tersisa sebagai abu apabila kayu tersebut terbakar habis.

1.1.3. Proses Pembentukan Kayu

Pohon tersusun atas sel yang jumlahnya amat sangat banyak. Semua sel tanaman terdiri atas dinding sel yang merupakan suatu matrik, dan rongga sel. Dinding sel memegang peranan yang bersifat multi-fungsi, yaitu dalam hal pertumbuhan tanaman, perkembangan dan pertahanan tanaman. Matrik dinding sel ini mengandung polisakarida sangat tinggi. Polisakarida merupakan biopolimer yang disusun dari monosakarida dan monosakarida ini termasuk ke dalam karbohidrat atau gula.

Dinding sel dibedakan menjadi dua bagian, yaitu dinding sel primer dan dinding sel sekunder. Dinding Primer merupakan dinding yang pertama terbentuk pada sel. Oleh karena itu, pembentukan dinding sel primer berlangsung pada sel-sel meristematis di dalam jaringan lunak. Pembentukan dinding sel primer menyertai sel-sel yang sedang mengalami pembelahan dan pembesaran. Komposisi bahan untuk membentuk dinding sel primer terdiri atas komposisi 90-81% karbohidrat dan 10-19%

protein. Karbohidrat tersebut terdiri atas polisakarida pektin 34%, hemiselulosa 24% dan Selulosa 23%. Setelah pembentukan dinding sel primer diselesaikan, dibentuk pula dinding sel sekunder yang posisinya berada pada bagian dalam dinding sel primer.

Dinding sekunder mulai dibentuk ketika sel itu mengalami diferensiasi, pembesaran, penebalan, dan pengakuatan atau pengerasan. Diferensiasi adalah proses pembedaan komunitas sel menjadi kelompok-kelompok berdasarkan fungsi-fungsi spesifiknya dan setiap kelompok sel yang memiliki fungsi yang sama. Kelompok sel yang memiliki fungsi yang sama disebut jaringan. Proses pengakuatan itu disebut juga lignifikasi. Hal itu disebabkan karena terjadinya sintesis lignin yang berlangsung pada dinding sekunder. Oleh karena itu, dinding sel sekunder memiliki komposisi polisakarida sebagai penyusun yang berbeda terhadap dinding sel primer. Di samping selulosa dan hemiselulosa, pada dinding sel sekunder juga terdapat lignin.

Selulosa merupakan hasil polimerisasi dari monomer dasar yang disebut glukosa atau monosakarida. Prinsip struktur monosakarida adalah $C_6H_{12}O_6$ atau hexopyranoses hanya untuk turunan dari struktur cincin. Sepasang monosakarida berikatan dengan ikatan glikosidik membentuk di sakarida, antara lain berupa selobiosa dan maltobiosa. Mengingat bahwa selobiose itu merupakan gabungan antara dua glukosa, sementara selulosa merupakan polimerisasi atas glukosa, maka selulose dapat disebut sebagai polimer syndiotactic β -D-glucose atau polimer isotactic cellobiose.

Hemiselulosa merupakan salah satu jenis unsur kimia kayu yang terkelompok ke dalam polisakarida. Hemiselulosa bersama dengan selulosa dan lignin membentuk dinding sel. Hemiselulosa memiliki bagian yang memiliki keterikatan dengan selulosa berupa ikatan hidrogen. Hemiselulosa tersusun atas beberapa polimer, yaitu (1) xiloglukan, (2) glukorono-arabino-xilan, (3) xilan, (4) mannan dan (5) kalose sebagai campuran rantai glukukan yaitu β 1.3 glukukan dan β 1.3- β 1.4 glukukan dan (6) galaktomanan

Lignin adalah polimer yang besar dan kompleks yang diperoleh terutama dari polimerisasi yang mungkin berlangsung secara acak dan bersifat dehidro-generatif atas monomer lignin. Monomer lignin merupakan sub-unit aromatik yang biasanya berasal dari phenilalanine. Monomer lignin disebut monolignol atau alkohol cinnamyl. Ada tiga jenis monolignol yaitu alkohol p-coumaryl, alkohol coniferyl dan alkohol sinapyl. Di dalam polimer lignin, residu monolignol saling-terhubung/interkoneksi dengan berbagai ikatan. Di samping berikatan antar mono lignol, residu ini dapat juga berikatan dengan polisakarida dan protein dan menghasilkan struktur tiga dimensi yang bermacam-macam dan kuat. Mengingat hal ini, lignin juga merupakan suatu heteropolimer aromatik. Sifat kompleks dari struktur protein-polisakarida-lignin inilah yang menjadi sumber kesulitan untuk menentukan komposisi kimia lignin yang tepat.

Secara ringkas, kayu dapat dimengerti secara kimiawi sebagai berikut. Kayu secara kimiawi tersusun atas banyak jenis unsur-unsur kimia. Unsur-unsur kimia itu dibedakan menjadi dua kelompok besar, yaitu unsur struktural sebagai penyusun dinding sel dan unsur non struktural sebagai pengisi sel, baik pada rongga sel maupun ruang inter-seluler. Unsur struktural sebagai penyusun dinding sel meliputi selulosa, hemi selulosa, dan lignin. Sementara itu, unsur non struktural sebagai pengisi sel disebut secara keseluruhan sebagai zat ekstraktif. Zat ekstraktif berdasarkan susunan kimianya dibedakan lebih lanjut menjadi 5 kelompok, yaitu (1) karbohidrat, gula alkohol, siklita dan asam turunan siklita, (2) Asam amino, protein dan enzim, (3) lemak dan asam lemak, (4) terpena, terpenoida, tropolona dan stereoida, (5) senyawa karbosiklis, khinon dan alkaloida.

1.1.4. Pembentukan Pati dan Pemanfaatannya

Semua unsur kimia kayu tersebut (yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin, zat ekstraktif dan zat mineral) disusun dari pati atau karbohidrat. Pati merupakan zat yang dihasilkan di dalam proses fotosintesis. Proses fotosintesis berlangsung pada daun tetumbuhan, khususnya bagian hijau daun, yakni bagian daun yang berwarna hijau. Di samping pati, proses fotosintesis juga menghasilkan oksigen. Untuk menghasilkan pati dan oksigen, proses fotosintesis memerlukan bahan. Bahan yang diproses di dalam fotosintesis adalah air dan garam mineral dan karbon dioksida. Air dan garam mineral berasal dari tanah dan diserap oleh pohon melalui bagian akar, sementara itu karbon dioksida diperoleh dari udara dan diserap oleh pohon melalui stomata yang ada pada daun. Proses fotosintesis tersebut hanya dapat terselenggara bila ada sinar matahari.

Pati mengalami proses polimerisasi secara bertahap untuk membentuk selulosa, hemiselulosa, lignin, zat ekstraktif dan zat mineral. Unsur kimia yang mana yang akan dibentuk lebih dulu pada suatu waktu, dan unsur kimia yang mana yang dibentuk selanjutnya, serta bagaimana urutan proses pembentukan bagi masing-masing unsur kimia tersebut, merupakan misteri (rahasia) alam sampai pada sekarang. Pertanyaan-pertanyaan tersebut merupakan proses fisiologis pohon yang sampai saat ini belum dapat dipahami sepenuhnya oleh para peneliti yang melakukan penelitian-penelitian sampai dengan sampai saat ini.

Di samping sebagai bahan untuk membentuk unsur-unsur kimia kayu yang menyatu menjadi kayu, pati juga difungsikan sebagai sumber energi yang digunakan oleh pohon untuk menyelenggarakan proses-proses fisiologis dalam menjaga keberlangsungan hidup dan reproduksinya.

Dengan demikian, pertumbuhan pohon ditentukan oleh kondisi lingkungan dan proses-proses fisiologis yang berlangsung di dalam pohon. Proses-proses fisiologis itu antara lain fotosintesis, metabolisme nitrogen, respirasi, asimilasi,

akumulasi garam, pencernaan, absorpsi, translokasi, transpirasi, pertumbuhan dan reproduksi. Beberapa proses yang penting dari proses-proses fisiologis itu akan disajikan dalam sub-sub bab berikut.

1.1.5. Proses-Proses Fisiologi Pohon

Beberapa proses penting dari proses-proses fisiologi pohon meliputi fotosintesis, metabolisme nitrogen, translokasi, respirasi, asimilasi, transpirasi, absorpsi, pertumbuhan, reproduksi. Setiap proses fisiologis pohon diuraikan sebagai berikut.

Sebagaimana disebutkan, bahwa Fotosintesis merupakan proses sintesis glukosa atau karbohidrat atau pati. Glukosa juga sering disebut gula. Glukosa ini merupakan hasil proses fotosintesis yang berlangsung di dalam klorofil pada daun. Di dalam proses fotosintesis ini, karbon dioksida dari udara direaksikan dengan air bersama garam mineral dari tanah. Reaksi ini berlangsung dengan bantuan sinar matahari. Di samping glukosa, oksigen juga dihasilkan di dalam proses fotosintesis tersebut. Dari gula atau glukosa ini, disintesislah berbagai unsur-unsur kimia kayu melalui proses dan jalurnya masing-masing. Dengan demikian, semua unsur kimia yang ada pada sel itu berasal dari glukosa. Proses sintesis ini berlangsung di dalam tanaman yang hidup dan menjalani metabolisme. Oleh karena itu, proses fotosintesis ini disebut sebagai biosintesis.

Metabolisme nitrogen merupakan proses sintesis persenyawaan nitrogen organik dari nitrogen anorganik dalam rangka persiapan untuk sintesis protein protoplasma. Respirasi adalah proses oksidasi karbohidrat di dalam sel-sel yang hidup sehingga menghasilkan energi yang akan digunakan oleh proses-proses fisiologis lainnya, semisal asimilasi dan absorpsi mineral.

Asimilasi adalah proses pengubahan karbohidrat menjadi protoplasma baru, dinding sel (selulosa, hemiselulosa, dan lignin) dan bagian-bagian lainnya sel. Akumulasi garam merupakan proses peningkatan konsentrasi garam di dalam sel dan jaringan sebagai akibat dari mekanisme transpor aktif yang berlangsung atas ketersediaan energi hasil proses respirasi. Pencernaan merupakan proses yang melibatkan aktivitas enzim dalam rangka pengubahan bentuk makanan yang kompleks dan tidak larut semisal pati menjadi makan yang lebih sederhana dan larut agar dapat ditranslokasikan serta digunakan untuk proses fisiologis lainnya.

Absorpsi merupakan proses penyerapan air dan mineral dari tanah dan penyerapan oksigen dan zat karbon dioksida dari udara. Translokasi merupakan proses perpindahan air, mineral, makanan dan hormon dari satu tempat ke tempat lain di dalam pohon.

Transpirasi merupakan proses hilangnya air dalam bentuk uap dari pohon menuju ke udara yang melingkupinya. Pertumbuhan merupakan proses peningkatan

ukuran pohon secara tetap sebagai hasil dari berbagai proses fisiologis tersebut di atas. Reproduksi merupakan hasil interaksi dari sejumlah proses fisiologi yang terarah pada berkembang-biakan (regenerasi) tetumbuhan berupa produksi bunga, buah dan biji.

1.1.6. Keberadaan dan Kadar Pati di dalam Kayu

Dari uraian di atas, dapat dipahami bahwa kayu akan mengandung pati. Dari proses-proses fisiologis pohon di atas, diketahui bahwa ada proses fisiologis yang menghasilkan pati, yaitu proses fotosintesis. Sebaliknya, ada proses-proses fisiologis yang menggunakan atau mengkonsumsi pati. Dengan demikian, maka kandungan pati di dalam pohon akan berbeda-beda setiap saat. Dengan kata lain, kandungan pati akan bervariasi di dalam kayu.

Pati di dalam kayu akan disimpan di dalam jaringan parenkim dan sel-sel lainnya yang masih hidup dan berfungsi secara fisiologis. Jaringan parenkim ini secara struktural akan diwakili oleh parenkim longitudinal dan parenkim jari-jari.

Batang kayu dibedakan menjadi dua bagian, yaitu kayu gubal dan kayu teras. Di dalam batang kayu, bagian kayu gubal akan tersusun atas jaringan parenkim dan sel-sel lain yang masih hidup secara fisiologis. Sebaliknya, bagian kayu teras tersusun oleh sel-sel yang telah mati, kecuali sel parenkim. Oleh karena itu, kayu gubal akan mengandung zat pati yang lebih banyak daripada bagian kayu teras.

Selain itu, batang kayu juga tersusun atas lingkaran-lingkaran tahun. Setiap lingkaran tahun akan terdiri atas bagian kayu awal dan bagian kayu akhir. Bagian kayu awal merupakan bagian kayu yang dibentuk pada awal pertumbuhan pohon. Sebaliknya, bagian kayu akhir merupakan bagian kayu yang dibentuk pada akhir pertumbuhan. Pada umumnya, bagian kayu awal memiliki sel yang berukuran besar dengan dinding sel yang tipis dan rongga sel yang besar. Di samping itu, kayu awal mengandung lebih banyak parenkim, terutama parenkim inisial. Oleh karena itu, kayu awal mengandung pati lebih banyak daripada kayu akhir.

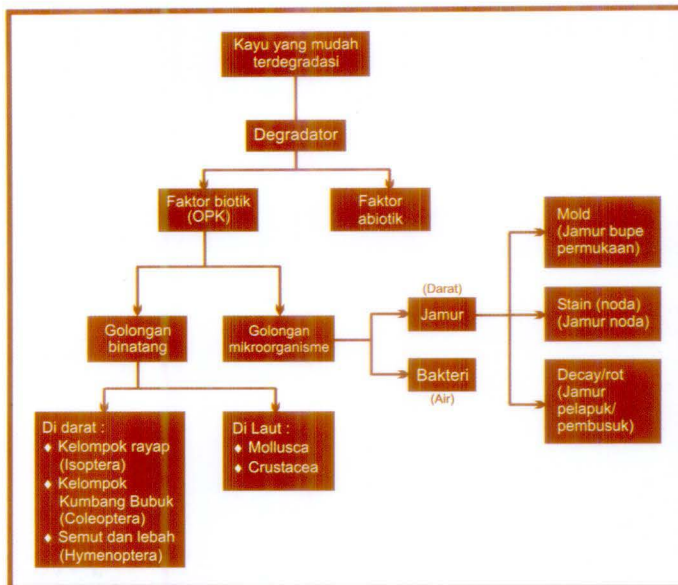
1.2. Kerusakan dan Pelapukan Kayu

Sebagai bahan organik kayu mudah mengalami kerusakan dan pelapukan, berbagai faktor mempengaruhi laju kerusakan dan pelapukan. Agen dan faktor yang menyebabkan terjadinya kerusakan dan pelapukan kayu adalah sebagai berikut.

1.2.1. Berbagai Agen Penyebab Kerusakan Kayu

Segala jenis kayu, baik yang berkualitas tinggi apalagi yang berkualitas rendah, akan mengalami kerusakan. Kerusakan kayu disebabkan oleh berbagai penyebab. Penyebab kerusakan kayu sangat beragam, yakni faktor lingkungan dan faktor biotik.

Secara skematis, penyebab kerusakan kayu dapat digambarkan sebagai berikut.



Dari skema tersebut, terlihat bahwa penyebab kerusakan kayu dikelompokkan menjadi dua, yaitu faktor lingkungan dan faktor biotis. Faktor lingkungan yang menjadi penyebab kerusakan kayu meliputi cuaca, panas dan api, bahan kimia dan beban mekanis. Sementara itu, faktor biotis penyebab kerusakan kayu dibedakan lebih lanjut menjadi golongan, yaitu organisme mikro dan binatang. Masing-masing penyebab kerusakan itu akan dibahas sebagai berikut.

1.2.2. Faktor Lingkungan Penyebab Kerusakan Kayu

Sebagaimana disebutkan, bahwa faktor lingkungan yang menjadi penyebab kerusakan kayu dibedakan menjadi faktor-faktor: cuaca, panas dan api, bahan kimia dan beban mekanis. Masing-masing faktor tersebut secara singkat akan dipaparkan sebagai berikut.

1.2.2.1. Cuaca sebagai Faktor Perusak Kayu

Kayu dalam pemakaiannya memiliki kemungkinan besar untuk menjadi obyek kerusakan oleh kondisi lingkungan yang bervariasi. Variabilitas lingkungan pemakaian itu dapat mengakibatkan reaksi dan perubahan yang bersifat degradatif atau pelapukan terhadap unsur kimia penyusun kayu. Reaksi dan perubahan

Terpending yang bersifat degradatif tersebut mempengaruhi selulosa, hemiselulosa dan lignin serta zat ekstraktif sebagai penyusun kayu. Reaksi dan perubahan unsur kimia kayu itu tergantung pada banyak faktor yang saling berinteraksi. Faktor-faktor tersebut meliputi empat macam, yaitu (1) temperatur, (2) durasi (panjangnya waktu) pendedahan terhadap temperatur, (3) kadar air kayu dan (4) kesadahan (pH) sistem lingkungan tempat kayu tersebut digunakan.

Proses pelapukan kayu oleh cuaca akan berlangsung sebagai berikut. Ketika kayu didedah di lingkungan terbuka dan kayu tersebut tidak berada di bawah atap, maka komponen-komponen kimia kayu akan mengalami perubahan secara degradatif (perlahan-lahan) oleh kombinasi berbagai unsur cuaca. Unsur cuaca tersebut terdiri atas empat hal, masing-masing berupa (1) energi sinar matahari, (2) kelembaban atau uap air atau hujan, (3) suhu udara dan (4) oksidasi udara.

Energi sinar matahari meliputi radiasi sinar matahari, antara lain sinar ultraviolet (UV), sinar yang tampak pada warna merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, ungu, dan sinar inframerah (mejikuhibiniu). Kelembaban sebagai uap air dapat tampil dalam bentuk air hujan, embun, salju dan kelembaban itu sendiri. Oksidasi udara termasuk oksidasi yang disebabkan oleh gas oksigen dan gas-gas polutan (antara lain sulfur dioksida dan nitrogen dioksida). Di antara berbagai unsur cuaca itu, sinar ultra violet yang merupakan komponen dari sinar matahari, dinilai sebagai faktor yang paling dahsyat menyebabkan degradasi kayu. Sinar ultra-violet memiliki daya yang paling besar untuk merusak kayu.

Degradasi kayu oleh faktor cuaca ini berlangsung dengan mekanisme sebagai berikut. Pertama, sinar ultra violet yang menerpa kayu akan menyebabkan depolimerisasi terhadap komponen kimia kayu penyusun dinding sel, terutama selulosa, di samping juga menyebabkan depolimerisasi terhadap hemiselulosa dan lignin. Kedua, air yang berupa embun, salju atau hujan akan melibas, mengerosikan dan membawa pergi unsur kimia yang telah mengalami degradasi itu meninggalkan permukaan kayu. Di samping oleh air, angin juga berperan dalam menghembus dan memisahkan bagian kayu yang lapuk pada permukaan kayu tersebut terhadap kayu yang masih sehat yang berada pada lapisan di bawah lapisan permukaan kayu. Ketiga, sebagai akibat dari erosi permukaan kayu tersebut, maka lapisan kayu yang berada di bawah permukaan kayu yang tererosi akan berubah statusnya menjadi permukaan kayu yang baru. Sebagai permukaan kayu yang baru, maka permukaan baru ini akan diterpa lagi oleh sinar ultraviolet yang terkandung di dalam sinar matahari. Dengan demikian langkah pertama berlangsung kembali dan langkah kedua juga mengikutinya. Keberlanjutan langkah pertama dan langkah kedua itu secara siklis (berulang-ulang) pada gilirannya akan mengakibatkan erosi permukaan kayu secara terus menerus.

1.2.2.2. Proses Degradasi Oleh Beban Mekanis

Kayu yang digunakan sebagai bahan untuk membuat konstruksi merupakan obyek yang rentan terhadap degradasi yang disebabkan oleh gaya mekanis yang membebani kayu. Sebagai obyek beban, kayu yang berfungsi sebagai komponen di dalam suatu konstruksi cenderung untuk mengalami degradasi atau kerusakan yang disebabkan oleh beban, apalagi bila beban itu sangat berat dan melampaui kekuatan maksimum kayu.

Beban yang menimpa kayu dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu beban statis dan beban dinamis. Beban statis adalah beban yang membebani kayu secara terus-menerus. Sementara itu, beban dinamis adalah beban yang membebani kayu secara sesaat. Perpaduan atau resultante antara beban statis dan beban dinamis akan menjadi beban riil bagi kayu. Apabila penjumlahan beban statis dan beban dinamis itu menghasilkan resultante beban yang besarnya melampaui kekuatan maksimum kayu, maka kayu tersebut akan mengalami kerusakan atau degradasi.

1.2.2.3. Kerusakan Kayu Oleh Bahan Kimia

Kayu akan mengalami degradasi kualitas bila dirinya diinteraksikan terhadap bahan kimia kelompok tertentu, yaitu (1) bahan kimia yang bersifat asam, dan (2) bahan kimia yang bersifat basa. Sebaliknya kayu akan menjadi lebih awet bila diinteraksikan dengan (3) kelompok bahan kimia yang berupa garam.

Degradasi kayu oleh bahan kimia bersifat asam berlangsung lewat mekanisme depolimerisasi unsur selulosa, hemiselulosa dan lignin. Dalam kaitannya dengan bahan kimia yang bersifat basa, kayu akan mengalami degradasi yang lebih akut dibandingkan dengan degradasinya bila diinteraksikan dengan bahan kimia bersifat asam. Larutan bahan kimia bersifat basa yang kuat mengakibatkan oksidasi polisakarida sebagai penyusun utama kayu. Polisakarida yang mengalami oksidasi akan menyebabkan kayu mengalami kehilangan kekuatan yang barangkali lebih serius dibandingkan dengan kehilangan kekuatan kayu yang diakibatkan oleh interaksinya dengan bahan kimia asam.

1.2.2.4. Proses Degradasi Kayu Oleh Suhu

Proses degradasi kayu oleh suhu (degradasi termal) berdasarkan gejalanya dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu 1. proses degradasi termal pada suhu rendah dan 2. proses degradasi termal pada suhu tinggi. Deliniasi bagi kedua proses itu terletak pada titik suhu 200°C. Dengan demikian, degradasi kayu oleh suhu dikategorikan sebagai proses degradasi kayu pada suhu rendah bila proses degradasi kayu itu berlangsung pada suhu kurang dari 200°C. Sebaliknya, degradasi kayu oleh suhu dikategorikan sebagai proses degradasi kayu pada suhu tinggi bila proses itu berlangsung pada suhu di atas 200°C dan selalu disertai dengan pemunculan api (kebakaran).

1.2.3. Kerusakan Kayu yang Disebabkan Oleh Mikro-organisme

Organisme mikro atau organisme renik penyebab kerusakan kayu (MOPK) dibedakan menjadi dua, yaitu bakteri dan jamur. Jamur ini juga sering disebut cendawan. Masing-masing penyebab tersebut akan dibahas sebagai berikut.

1.2.3.1. Bakteri

Bakteri adalah organisme renik (mikro organisme) sehingga dirinya hanya dapat dilihat secara individual di bawah mikroskop. Organisme ini merupakan mikroorganisme yang uniseluler (bersel tunggal), tidak mempunyai klorophyl, dan memperbanyak diri dengan pembelahan sel, khususnya pembelahan sel ke arah transversal seperti halnya pada tanaman. Struktur vegetatif bakteri ini terdiri atas sel-sel tunggal yang mengelompok merupakan masa atau rantai, tetapi belum ada hubungan dalam aktivitas hidupnya antara sel satu dengan sel lainnya. Bakteri di dalam suatu koloni (kelompok) mempunyai kemampuan untuk melakukan sintesa seperti halnya tanaman. Di samping itu, organisme ini menyerap bahan makanannya dalam bentuk larutan.

Sumber energi dan makanan bakteri ialah karbohidrat, protein dan lemak. energi dan makanan diperlukan oleh bakteri untuk dapat mempertahankan hidupnya.

1.2.3.2. Jamur dan Cendawan

Cendawan atau jamur adalah organisme yang kecil, menyerupai tumbuh-tumbuhan, sering hanya nampak apabila dilihat dengan mikroskop. Organisme ini tidak mempunyai klorophyl, dan belum dapat dibedakan bagian batang, akar dan daun, serta berkembang biak dengan membentuk spora. Pada umumnya bagian vegetatif yang terkecil dari jamur berupa benang-benang halus, memajang, bersekat atau tidak, disebut hifa. Kumpulan hifa tersebut disebut miselium.

Secara umum cendawan/jamur penyebab kerusakan kayu dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu cendawan penyebab buluk kayu, cendawan penyebab noda kayu dan cendawan penyebab busuk kayu.

1.2.4. Organisme Makro Penyebab Kerusakan Kayu

OPK yang akan dibahas ini adalah jenis-jenis dari filum Arthropoda dan filum Mollusca. Filum Arthropoda meliputi dua kelas, yaitu kelas Insecta dan kelas Crustacea.

Kelas Insecta (Hexapoda) adalah serangga yang hidup di darat, diwakili oleh :

- 1) Golongan rayap (ordo Isoptera)
 - Rayap tanah,
 - Rayap kayu kering;

- 2) Golongan kumbang penggerek kayu (kpk) (ordo Coleoptera)
 - Kumbang penggerek kayu kering,
 - Kumbang penggerek kayu basah/ segar terbang,
 - Kumbang penggerek kayu basah kering;
- 3) Golongan lebah-lebah penggerek dan penyengat kayu (ordo Hymenoptera);
- 4) Golongan semut tukang kayu (ordo Hymenoptera).

Kelas Crustacea merupakan penggerek kayu di perairan laut, dikenal dengan penggerek laut, diwakili oleh dua genera, yaitu genus *Limnoria* dan genus *Sphaeroma*.

1.2.4.1. Rayap

Rayap tanah adalah rayap yang hidup dalam tanah, membuat sarang di dalam tanah, namun kadang-kadang juga membuat sarang di atas permukaan tanah, diantaranya ditemukan di atas plafon suatu gedung bertingkat.

Rayap kayu kering yaitu rayap yang bersarang di dalam kayu kering, baik dalam kayu kering yang digunakan untuk bahan bangunan, maupun dalam ranting atau batang mati yang terdapat di lapangan. Rayap atau anai-anai atau disebut semut putih (*white ant*) adalah serangga sosial pemakan selulosa yang keberadaannya di dunia meliputi 1990 jenis. Mereka hidup dalam masyarakat-masyarakat dengan organisasi yang tinggi dan terpadu, atau koloni-koloni dengan individu-individu yang secara morfologi dibedakan menjadi bentuk-bentuk berlainan disebut kasta, yaitu kasta reproduktif, kasta pekerja dan kasta prajurit yang melakukan fungsi biologi yang berbeda tetapi mempunyai kepentingan yang sama untuk koloninya.

1.2.4.2. Kumbang penggerek kayu (pemakan pati)

1. Kumbang bubuk (Lyctidae, Bostrychidae, Anobiidae);
2. Penggerek lubang- jarum (Scolytidae, Platypodidae), dan
3. Cacing kayu (Brentidae, Lymexylidae).

1.2.4.3. Hymenoptera (membuat gerakan untuk tempat tinggal)

Ada 3 yang penting dalam degradasi kayu, yaitu Formicidae (semut), Xylocopidae (lebah tukang kayu), dan Siricidae (lebah tanduk dan penyengat kayu).

BAB II

PENGAWETAN KAYU SECARA TRADISIONAL

Oleh : Yustinus Suranto dan Nahar Cahyandaru

Tujuan utama pengawetan kayu adalah memperpanjang umur pemakaian bahan, sehingga dapat mengurangi biaya akhir dari produk itu dan menghindari penggantian yang terlalu sering dalam konstruksi yang permanen maupun semi permanen. Peningkatan umur pakai kayu dengan penggunaan bahan pengawet yang cocok mempunyai pengaruh lain yang nyata dalam bidang penggunaan kayu, yaitu dimungkinkannya penggunaan banyak jenis kayu yang sebelumnya dianggap kurang baik sama sekali atau terutama karena jenis kayu tersebut secara alami kurang awet dan hanya memberikan suatu umur pakai yang pendek apabila tanpa diawetkan.

Bahan pengawet diperlukan untuk melindungi kayu dari serangan serangga, jamur dan organisme lain yang menyebabkan kerusakan dan pelapukan kayu.

Syarat-syarat yang diperlukan dalam pengawetan kayu adalah :

1. mempunyai daya racun yang ampuh terhadap makhluk perusak kayu.
2. mempunyai daya penetrasi tinggi.
3. harus tetap ada dalam kayu selama pemakaian dan tidak boleh tercuci ataupun menguap.
4. bahan kimia yang dipakai merupakan persenyawaan yang mantap dan tidak boleh kehilangan daya racunnya.
5. harus aman dipakai dan tidak boleh membahayakan manusia dan hewan.
6. tidak boleh bereaksi dengan bahan yang berhubungan dengannya yang dapat menyebabkan karat atau noda.
7. bersih dalam pemakaian dan tidak boleh mencemari bahan makanan dan lingkungan.
8. kayu yang telah diawetkan harus tetap dapat dicat, diwarnai atau divernis seperti halnya kayu yang tidak diawetkan.

2.1. Kearifan Budaya Pada Teknologi Pengawetan Kayu

Proses pengawetan kayu secara tradisional dilakukan dengan cara merendam kayu masih segar ke dalam lumpur, air tergenang, atau air mengalir. Dalam mengawetkan kayu dengan cara ini, kita hanya memikirkan berapa lama (durasi) kayu itu harus direndam. Dalam kaitan dengan penentuan jangka waktu perendaman ini, kita perlu memperhatikan dua hal penting tentang sifat kayu yang diawetkan, yaitu keawetan kayu dan kekuatan kayu setelah direndam. Kedua sifat kayu ini berada pada posisi yang berlawanan bila dihadapkan pada pengaruh jangka waktu perendaman.

Semakin lama jangka waktu yang diperlukan untuk merendam kayu, akan membuat proses pengawetan semakin efektif. Artinya, kayu akan semakin terhindar dari serangan perusak kayu, khususnya kumbang bubuk (antara lain *Dinoderus minutus*). Sebaliknya, semakin lama jangka waktu yang diperlukan untuk merendam kayu akan membuat kayu itu semakin rendah kekuatannya bila dibandingkan dengan kekuatan kayu sebelum direndam. Hal ini karena sel-sel kayu akan semakin renggang dan akhirnya terurai bila kayu direndam dalam jangka waktu yang semakin lama. Kondisi hubungan antar sel kayu yang demikian akan menurunkan kekuatan kayu.

Oleh karena itu, jangka waktu perendaman perlu ditentukan sedemikian rupa sehingga proses pengawetan dapat meningkatkan ketahanan kayu terhadap serangan serangga-serangga perusak kayu tersebut tanpa harus disertai penurunan kekuatan kayu secara berarti.

Tetapi sayang, sampai saat ini belum ada suatu penelitian yang mampu menjawab berapa lama waktu perendaman optimal yang diperlakukan untuk mengawetkan masing-masing jenis kayu secara tradisional. Terhadap bambu, penelitian yang berkait dengan pengawetan secara tradisional ini telah dilakukan, yaitu oleh Dr. Achmad Sulthoni dari Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Hasilnya menyatakan bahwa bambu dalam kondisi terbelah memerlukan perendaman selama 2-3 bulan untuk menghindarkannya dari serangan kumbang bubuk (*Dinoderus sp*) tanpa mengurangi kekuatan bambu. Perendaman di dalam air tergenang paling efektif mengawetkan bambu, kemudian diikuti dengan perendaman dalam lumpur, dan terakhir baru perendaman bambu dalam air mengalir.

Tentu saja kayu memerlukan waktu perendaman yang lebih lama dibandingkan dengan waktu perendaman untuk bambu, mengingat kayu mempunyai ukuran lebih tebal. Pedoman yang perlu dipegang dalam mengawetkan bambu secara tradisional ini adalah merendam kayu sampai kondisi lingkungannya menimbulkan bau yang sangat merangsang. Bau demikian dalam bahasa Jawa sering disebut sebagai bau “kecing”. Mekanisme yang mengakibatkan kayu atau bambu menjadi lebih awet setelah direndam selama jangka waktu tertentu, dapat diuraikan sebagai berikut.

Selama direndam, kayu atau bambu itu akan menyerap air dan ukuran dimensinya mengembang, baik dalam arah panjang, lebar maupun tebal. Proses pengembangan ini diikuti dengan proses melarutnya zat ekstraktif dari golongan yang larut air, misalnya gula, glukosida, tanin, beberapa senyawa nitrogen, dan zat pewarna kayu atau bambu. Sementara itu, zat ekstraktif dari golongan yang tidak larut dalam air, misalnya pati, akan tetap berada dalam jaringan kayu atau bambu.

Kehadiran zat ekstraktif yang larut dalam air mengakibatkan air rendaman secara berangsur-angsur mengalami perubahan susunan kimia. Hal itu terlihat dari warna air yang mengeruh dan konsentrasinya menjadi pekat. Air yang kondisinya

demikian sangat baik bagi pertumbuhan mikrobia (jasad renik). Mikrobia ini didominasi oleh bakteri, terutama *Bacillus subtilis*, *B. masentiricus*, *Lactobacillus sp.*, dan *Staphylococcus sp.* Kehadiran berbagai jenis bakteri ini akan mengeluarkan berbagai jenis enzim yang dapat menguraikan pati yang ada di dalam kayu atau bambu itu menjadi unsur-unsur lebih sederhana yang larut dalam air. Penguraian ini berlangsung melalui fermentasi berantai.

Dengan fermentasi berantai itu, pati akan diubah menjadi disakarida oleh enzim amilase. Disakarida akan diubah menjadi glukosa oleh enzim maltase. Glukosa akan difermentasi menjadi asam piruvat oleh enzim glukonase. Asam piruvat akan direduksi menjadi asam laktat, kemudian didekarbosisasi menjadi asetaldehida. Asetaldehida akan direduksi menjadi etanol. Etanol ini merupakan salah satu jenis alkohol, sehingga etanol akan larut dalam air.

Secara keseluruhan, pada akhir proses fermentasi itu akan terbentuk asam-asam organik (misalnya asam cuka dan asam butirat) dan gas-gas (seperti karbondioksida, asam arang, metan, dan hidrogen sulfida) serta alkohol (seperti etanol, butanol dan aseton). Senyawa-senyawa produk fermentasi berantai inilah yang menimbulkan bau kecing tersebut.

Semua senyawa yang dihasilkan dalam proses fermentasi itu akan larut dalam air. Dengan demikian, pati yang semula tidak larut dalam air akan berubah oleh proses fermentasi menjadi unsur yang dapat larut dalam air. Lama kelamaan, proses fermentasi akan mengakibatkan penurunan kadar air di dalam kayu atau bambu.

Mengingat pati merupakan zat makanan bagi serangga perusak kayu, khususnya kumbang bubuk tadi, maka tidak adanya pati dalam kayu atau bambu itu menurunkan minat serangga tersebut untuk mengerat (menggerek) kayu atau bambu. Oleh karena itu, kayu atau bambu itu akan terbebas dari serangan serangga perusak sehingga kayu atau bambu menjadi lebih awet.

Di samping proses perendaman, terdapat pula proses pengawetan kayu secara tradisional lainnya, yang disebut proses pengarangan. Pengawetan dengan proses pengarangan dilakukan dengan membakar lapisan luar hingga menjadi arang pada bagian tonggak kayu yang akan ditanam dalam tanah. Lapisan arang ini tidak akan diserang oleh rayap atau cendawan pembusuk kayu sehingga kayu akan terhindar dari serangan kedua jenis perusak kayu tersebut. Dengan demikian, kayu menjadi lebih awet.

Meskipun demikian, efektivitas pengawetan ini sangat diragukan, khususnya bagi kayu ukuran kecil. Hal ini karena sulitnya mengusahakan kondisi pembakaran sempurna sehingga terjadi arang yang menyelimuti pangkal kayu itu tanpa mempengaruhi kekuatan pada kayu yang dibakar.

2.2. Studi Lapangan Pengawetan Tradisional

Studi lapangan mengenai efektivitas bahan tradisional sebagai pengawet kayu dilakukan untuk mengetahui secara empiris apakah kayu yang diawetkan tersebut terbukti menjadi lebih awet dan lebih baik. Metode pengawetan kayu dengan bahan tradisional menggunakan bahan rendaman tembakau dan cengkeh serta pelepah pisang telah populer di daerah Kudus. Metode tersebut cukup luas digunakan sebagai pengawet rumah tradisional Kudus baik di bagian ekterior, interior, maupun komponen arsitektural lainnya.

Rumah adat Kudus umumnya dibuat dari kayu jati dan dihiasi dengan ornamen ukir yang sangat kaya dan indah. Kayu jati sebenarnya merupakan kayu yang memiliki kelas awet 1, yang berarti sangat awet sehingga relatif tidak mudah lapuk. Meskipun demikian pelapukan tetap akan bisa terjadi dalam jangka waktu yang lama. Penggunaan bahan tradisional bertujuan untuk membersihkan dan meningkatkan estetika kenampakan kayu, sekaligus mengawetkan. Kayu jati yang diawetkan dengan bahan rendaman tembakau, cengkeh, dan pelepah pisang akan menjadi bersih dan warna yang dihasilkan juga akan semakin baik. Warna kayu jati yang diawetkan menjadi semakin menimbulkan kesan yang indah dan berkelas. Di sisi lain kayu menjadi semakin awet karena mampu mencegah serangan organisme perusak kayu. Studi lapangan yang disajikan berikut ini merupakan dokumentasi gambar rumah adat Kudus yang diawetkan dengan bahan tradisional tembakau, cengkeh, dan pelepah pisang. Aplikasi pengawetan sudah dilakukan cukup lama dan secara kontinyu terus dilakukan.

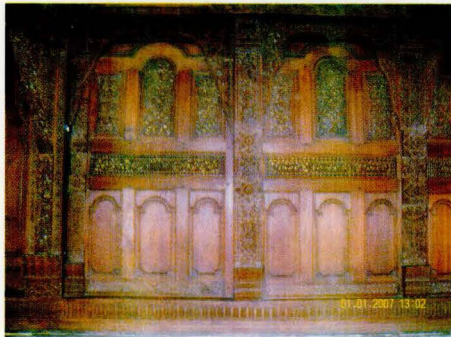


Gambar 1. Pintu geser rumah tradisional Kudus

Pada Gambar 1 tersebut terlihat bagian ekterior rumah adat Kudus yang nampak terawat dan kayu-kayunya terlihat indah dan awet. Gambar 2 menunjukkan bagian interior dan furnitur yang juga terawat, awet, dan indah. Gambar 3 merupakan gambar gebyok rumah adat Kudus yang sangat kaya dengan ornamen ukir yang terlihat indah dan sangat berkelas.



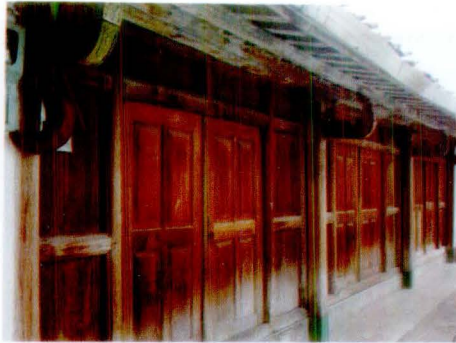
Gambar 2. Ruang tamu rumah tradisional Kudus



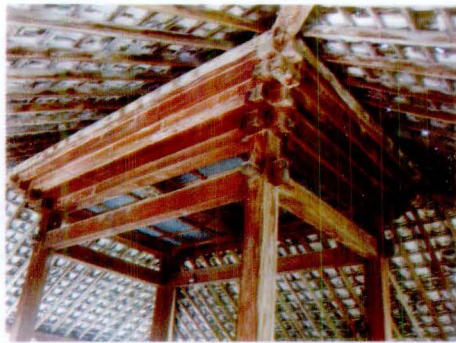
Gambar 3. Gebyok khas Kudus

Meskipun pengawetan tradisional menggunakan bahan tembakau, cengkeh, dan pelepah pisang berasal dari Kudus namun saat ini beberapa daerah juga sudah mulai mengenal. Penggunaan bahan tersebut tidak lepas dari peran para pelestari cagar budaya yang menyadari efektivitas dan kelayakan bahan tersebut. Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala di beberapa wilayah juga telah menerapkannya dalam kegiatan konservasi bangunan cagar budaya yang terbuat dari kayu di wilayahnya.

Kotagede merupakan salah satu daerah di Daerah Isimewa Yogyakarta yang juga kaya dengan rumah-rumah adat yang terbuat dari kayu, terutama dengan arsitektur joglo. Joglo di daerah Kotagede yang dimiliki oleh masyarakat saat ini masih sangat banyak. Secara umum arsitektur joglo di Kotagede menyerupai joglo pada umumnya dengan berbagai variasinya. Ragam hias ukiran yang ada tidak kaya seperti rumah adat di Kudus, namun secara arsitektural juga tidak kalah indah. Gambar berikut ini adalah gambar rumah adat joglo di Kotagede bagian eksterior (Gambar 4) dan interior/sistem sambungan dan susunan kayu utama joglo (Gambar 5). Gambar 6 merupakan kelengkapan arsitektural yang khas pada bagian depan/teras joglo Kotagede.



Gambar 4. Rumah tradisional Kotagede



Gambar 5. Struktur tumpang sari pendopo rumah joglo di Kotagede



Gambar 6. Bahu danyang aksesoris rumah tradisional Kotagede

Contoh lain yang kami sajikan dalam buku ini adalah bangunan kuno kayu di daerah Ngrajek yang tidak jauh dari Borobudur (kurang lebih 10 km). Bangunan kuno tersebut pernah dipergunakan sebagai sarana latihan konservasi kayu oleh Balai Konservasi Peninggalan Borobudur pada pelaksanaan Bimbingan Teknis

tahun 2010. Gambar 9 memperlihatkan kayu pada saat diaplikasi dengan bahan tradisional tembakau, cengkeh, dan pelepah pisang.



Gambar 7. Bangunan mushola kuno di Ngrajek



Gambar 8. Rumah tradisional di Ngrajek



Gambar 9. Pengawetan secara tradisional

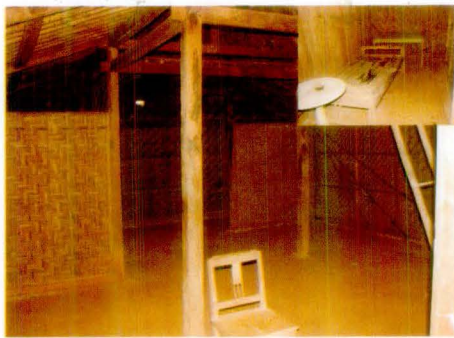
Cagar budaya berikut yang kami sajikan merupakan rumah gerilya Panglima Besar Jenderal Soedirman di Nawangan, Pacitan, Jawa Timur. Rumah tersebut merupakan rumah yang bersejarah karena pernah menjadi markas Panglima

Besar Jenderal Soedirman pada saat melakukan perang gerilya dalam mempertahankan kemerdekaan melawan agresi militer Belanda.

Kawasan Nawangan yang meliputi rumah gerilya dan patung Jenderal Soedirman yang terbuat dari perunggu, direvitaliasi tahun 2008 oleh Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata, Kementerian Pekerjaan Umum, dan TNI. Pada saat itu bangunan kayu rumah gerilya di konservasi oleh Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala Jawa Timur. Konservasi kayu rumah tersebut menggunakan bahan tradisional rendaman tembakau, cengkeh, dan pelepah pisang. Berikut ini gambar rumah gerilya dari bagian luar (Gambar 10) dan bagian dalam (Gambar 11)



Gambar 10. Rumah gerilya Jenderal Soedirman di Pacitan tampak depan



Gambar 11. Rumah gerilya Jenderal Sudirman di Pacitan tampak dalam

Berdasarkan uraian dan gambar-gambar di atas dapat diketahui bahwa secara empiris bahan pengawet tradisional tersebut efektif dan telah terbukti di lapangan. Kajian lebih lanjut mengenai efektivitas bahan tersebut diperlukan untuk membuktikan dan menjelaskan secara lebih ilmiah.

BAB III

PENGUJIAN EFEKTIVITAS BAHAN TRADISIONAL

Oleh : Parwoto dan Arif Gunawan

Efektivitas bahan tradisional sebagai pengawet kayu telah diteliti oleh tim studi Balai Konservasi Peninggalan Borobudur tahun 2004 dan 2005. Tim studi Parwoto, dkk telah berhasil menguji efektivitas bahan tradisional tembakau, cengkeh, dan pelepah pisang. Studi tahun 2004 menggunakan media pengumpan kayu yang dioles dengan bahan pengawet tradisional. Studi selanjutnya tahun 2005 didasarkan pada percobaan pengumpanan kertas tisu yang diolesi dengan bahan pengawet pada rayap. Kertas tisu digunakan karena efektivitas pengumpanan lebih baik dibanding kayu dan mempermudah pengamatan pengurangan berat. Data pengamatan berupa pengurangan berat kertas dan mortalitas rayap dihitung secara statistika untuk mengetahui efektivitas dan pengaruh antar perlakuan. Studi tersebut dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

3.1. Bahan Percobaan dan Penyiapannya

3.1.1. Tembakau Srintil

Tembakau srintil adalah daun tembakau yang pertumbuhannya sudah menunjukkan spesifikasi tertentu yaitu daunnya berkerut, tanaman tersebut tumbuhnya tidak normal daunnya berkerut dan melingkar karena banyaknya zat perekat yang dikandungnya. Ciri khas dari tembakau srintil ini adalah apabila sudah tua dan daunnya dipetik akan terasa lebih pekat apabila dibandingkan dengan tembakau biasa. Proses perajangan tembakau srintil sama dengan perajangan tembakau biasa, yaitu daun yang sudah tua dipetik kemudian diperam beberapa hari, setelah itu dirajang, kemudian dikeringkan lalu disimpan di dalam keranjang.

3.1.2. Tembakau Biasa (*Nicotiana Tabacum*)

Tembakau rajangan adalah tembakau yang pengeringannya dilakukan setelah dirajang atau singkatnya pengolahannya adalah daun-daun basah diperam kemudian dirajang lalu dikeringkan. Tembakau merupakan bahan dasar dalam pembuatan rokok, daun ini banyak mengandung nikotin (C₁₀H₁₄N₂). Nikotin merupakan alkaloida yang banyak terdapat pada daun tembakau. Alkaloida yang lain adalah nornicotin (C₁₀H₁₂N₂), dan anabasin (C₁₀H₁₄N₂).

Komposisi dari daun bervariasi tergantung dari letak daun batang dan umurnya. Dinyatakan bahwa penyebaran zat-zat di dalam tiap-tiap daun adalah tidak sama, sedangkan letak daun pada batang juga digunakan untuk menentukan grade

dan kualitas daun. Kadar nikotin meningkat dari bawah ke atas dan kenaikan terbesar pada daun pucuk.

Tabel 1. Komposisi kimia daun tembakau

Komposisi kimia	Daun bawah	Daun tengah	Daun atas
Nitro	3,04	3,37	3,38
Protein nitro	7,13	1,14	1,33
Nikotin	2,02	2,09	2,6
PEE	4,26	4,71	4,5
Pati	1,34	1,36	1,41
Asam tidak volatil	28,54	27,32	24,61

3.1.3. Cengkeh (*Syzygium Aromaticum*)

Cengkeh tergolong family Myrtacetaea, banyak ditemukan di kepulauan vulkanik Molucca utara di bagian timur Indonesia, tanaman ini juga ditanam dan tumbuh liar di Ternate, Tidore, Motir, Makian, Bacan, dan bagian barat Irian Jaya. Nama lainnya adalah *Caryophyllus aromatica* L, *Eugenia aromatica* Kuntze, *E. caryophyllata* Thunb, dan *E. caryophyllus*.

Cengkeh sering digunakan sebagai bumbu masakan, pengobatan, kosmetika, campuran rokok, dan lain-lain. Cengkeh mengandung minyak-minyak yang mudah menguap 15 - 20 % dari beratnya. Komponen terbesar dari minyak yang terdapat pada tunas/ bunga cengkeh adalah eugenol (70 - 95%), eugenol acetate sampai dengan 17 %, dan β -caryophyllene (12-15 %).

3.1.4. Pelepah Daun Pisang (*Banana Musa paradisiana* LINN)

Tanaman pisang dapat tumbuh di sembarang tempat, dan banyak dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari mulai dari bonggol sampai daunnya. Dalam penelitian ini digunakan pelepah dari batang pisang yang sudah dikeringkan. Batang tanaman ini dalam kehidupan sehari-hari dimanfaatkan untuk membuat lubang pada bangunan, alas memandikan mayat, tancapan wayang dan pembungkus berbagai macam bibit. Selain itu biasanya dijadikan sebagai bungkus keranjang tembakau, pelepah pisang berasal dari pelepah pohon pisang yang sudah tua dikeringkan secara alami (dijemur di bawah sinar matahari). Setelah kering merupakan pelepah pisang yang siap untuk dibuat keranjang.



Gambar 12. Tembakau, cengkeh dan pelepah pisang dikeringkan sebelum ditumbuk



Gambar 13. Bahan pengawet ditumbuk/dihaluskan

3.1.5. Bahan Pengumpan

Bahan yang akan diumpankan sebagai mediator/perantara ialah kertas tissue. Pemilihan kertas tissue sebagai media pengumpan karena kertas dibuat dari pulp yang mengandung selulosa sebagai makanan utama serangga perusak kayu.

3.1.6. Sasaran Pengumpanan

Sebagai bahan untuk menguji daya bunuh bahan pengawet tradisional telah dipilih rayap sebahai makhluk yang akan dicobakan. Ada dua kelompok rayap yang lazim menyerang kayu, kelompok pertama adalah rayap kayu kering, kelompok kedua adalah rayap tanah atau rayap subteran. Kedua kelompok tersebut memerlukan kondisi lingkungan yang berbeda-beda bagi perkembangan dan pertumbuhannya.

Rayap kayu kering dipilih sebagai sasaran pengumpanan pada penelitian ini karena rayap kayu kering lebih tahan hidup dalam kondisi kering dengan kelembapan relatif kurang dari 90 %. Penyerangan rayap ini terhadap kayu bukan tergantung pada kondisi kadar air kayu, melainkan pada kondisi lingkungan hidup rayap.

Rayap kayu kering tidak memerlukan media tanah dalam hidupnya, berbeda dengan rayap tanah yang harus memerlukan media tanah dan kelembapan yang cukup. Kelembapan optimum bagi rayap subteran berkisar antara 97,5 % - 100 %. Selain itu rayap tanah akan mati apabila berpisah dengan koloninya. Sedangkan rayap kayu kering dapat bertahan lama walau dipisahkan dari koloninya.

3.2. Urutan Pelaksanaan Studi

3.2.1. Pembuatan Larutan

Bahan dipotong-potong sampai kecil, kemudian dikeringkan. Setelah kering ditumbuk sampai halus, kemudian direndam dalam air. Air untuk perendaman dibuat 2 variasi yaitu air panas (70 -80oC) dan air dingin. Lama perendaman adalah 3 x 24 jam. Penggunaan air panas dimaksudkan agar zat-zat yang terkandung di dalam bahan pengawet dapat larut dalam air tetapi tidak sampai terurai, sehingga daya racunnya tidak berubah.

Larutan bahan pengawet yang dipakai adalah:

- Tembakau (T) dalam air panas
- Tembakau (T) dalam air dingin
- Cengkeh (C) dalam air panas
- Cengkeh (C) dalam air dingin
- Pelelepah pisang (P) dalam air panas
- Pelelepah pisang (P) dalam air dingin
- Campuran tembakau + cengkeh (T + C) dalam air panas
- Campuran tembakau + cengkeh (T + C) dalam air dingin
- Campuran tembakau + pelepah pisang (T + P) dalam air panas
- Campuran tembakau + pelepah pisang (T + P) dalam air dingin
- Campuran cengkeh + pelepah pisang (C + P) dalam air panas
- Campuran cengkeh + pelepah pisang (C + P) dalam air dingin
- Campuran tembakau + cengkeh + pelepah pisang (T + C + P) dalam air panas
- Campuran tembakau + cengkeh + pelepah pisang (T + C + P) dalam air dingin



Gambar 14. Bahan pengawet yang direndam dalam air dingin

3.2.2. Konsentrasi Larutan

Tiap-tiap larutan dibuat 3 macam konsentrasi yaitu

- 100 g/1 Liter
- 300 g/ 1 liter
- 500 g/ 1 liter

Tabel 2. Komposisi dan konsentrasi larutan bahan pengawet

No	Komposisi Larutan	Konsentrasi		
		100 g/L	300 g/L	500 g/L
1	T	100 g/L	300 g/L	500 g/L
2	C	100 g/L	300 g/L	500 g/L
3	P	100 g/L	300 g/L	500 g/L
4	T + C	(50 + 50) g/L	(150 + 150)g/L	(250 + 250) g/L
5	T + P	(50 + 50) g/L	(150 + 150)g/L	(250 + 250) g/L
6	C + P	(50 + 50) g/L	(150 + 150)g/L	(250 + 250) g/L
7	T + C + P	(33,3 + 33,3 + 33,3) g/L	(100 + 100 + 100) g/L	(166,6 + 166,6 + 166,6) g/L

Keterangan:

- T = tembakau
C = cengkeh
P = pelepah pisang

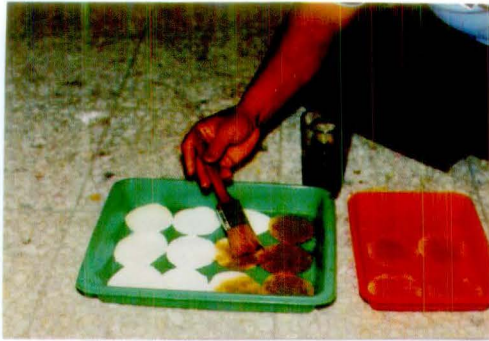
3.2.3. Pembuatan Sampel Kertas Tissue

Kertas tissue dipotong sesuai dengan diameter tabung atau botol plastik, tiap tabung dibuat 2 lapis masing-masing lapisan terdiri dari 4 lembar kertas tissue. Kertas tissue yang telah dipotong ditimbang untuk mengetahui berat awal.

Kertas tissue yang sudah ditimbang kemudian diolesi dengan bahan pengawet. Pengolesan dilakukan dengan cara sekali oles. Setelah itu kertas dikeringkan secara alami.



Gambar 15. Sampel di timbang sebelum dioles bahan pengawet



Gambar 16. Pengolesan bahan pengawet pada sampel



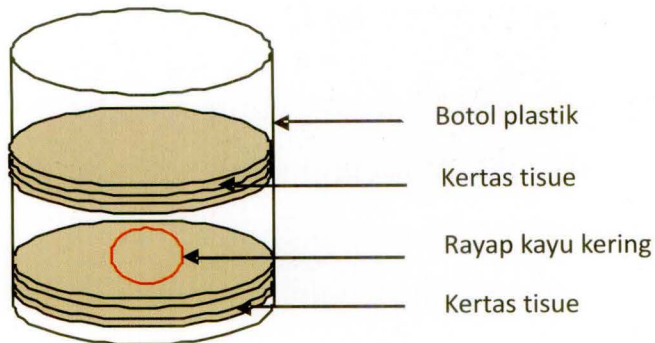
Gambar 17. Sampel yang telah dioles, dikeringkan dan di timbang

3.2.4. Pembuatan Tempat Uji

Kertas tisu dipotong sesuai dengan diameter tabung atau botol plastik, tiap tabung dibuat 2 lapis masing-masing lapisan terdiri dari 4 lembar kertas tisu. Kertas tisu yang telah dipotong ditimbang untuk mengetahui berat awal. Kertas tisu yang sudah ditimbang kemudian diolesi dengan bahan pengawet. Pengolesan dilakukan dengan cara sekali oles. Setelah itu kertas dikeringkan secara alami.

3.2.5. Uji Pengumpanan

Dasar botol plastik diberi alas lapisan kertas tisu yang telah diolesi bahan pengawet, kemudian rayap kayu kering dimasukkan dan ditutup kembali menggunakan lapisan kertas tisu di atasnya. Tiap-tiap sampel diberi rayap kayu kering sebanyak 50 ekor. Selanjutnya botol plastik yang telah diisi dengan kertas tisu dan rayap kayu kering ditaruh di tempat yang gelap dan kering. Pengamatan dilakukan selama 30 hari. Setelah 30 hari sampel kertas tisu dikeluarkan dari dalam botol plastik dan ditimbang untuk menentukan berat sampel setelah pengumpanan.



Gambar 18 . Posisi sampel kertas dan rayap kayu kering di dalam botol plastik



Gambar 19. Sampel yang sudah diberi perlakuan sebelum diumpankan

3.3. Hasil Studi

3.3.1. Pengurangan Berat

Pengurangan berat kertas setelah diumpankan kepada rayap dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 3. Pengurangan berat kertas setelah pengumpanan (%)

No	Perlakuan			Ulangan		
	Perendaman	Pengawet	Konsentrasi	1	2	3
1	Panas	T	100 g/l	0,0449	12,944	10,390
2	Panas	T	300 g/l	13,410	14,570	19,583
3	Panas	T	500 g/l	0,3609	14,233	10,329
4	Panas	C	100 g/l	0,3719	19,227	0,8699
5	Panas	C	300 g/l	72,127	19,086	19,603
6	Panas	C	500 g/l	0,9542	31,995	0,8996
7	Panas	P	100 g/l	21,900	0,3782	0,5291
8	Panas	P	300 g/l	0,2412	85,047	0,1358
9	Panas	P	500 g/l	0,1144	0,4866	0,1447
10	Panas	T + C	100 g/l	44,865	31,871	38,533
11	Panas	T + C	300 g/l	61,036	59,440	45,415

No	Perlakuan			Ulangan		
	Perendaman	Pengawet	Konsentrasi	1	2	3
12	Panas	T + C	500 g/l	19,587	0,6207	75,135
13	Panas	T + P	100 g/l	59,966	71,962	60,538
14	Panas	T + P	300 g/l	48,370	50,332	69,647
15	Panas	T + P	500 g/l	34,882	32,922	35,209
16	Panas	C + P	100 g/l	58,021	45,991	71,652
17	Panas	C + P	300 g/l	31,077	28,953	45,089
18	Panas	C + P	500 g/l	40,594	46,151	27,092
19	Panas	T + C + P	100 g/l	59,060	77,818	120,352
20	Panas	T + C + P	300 g/l	41,260	38,818	30,937
21	Panas	T + C + P	500 g/l	12,713	51,061	37,690
22	Kontrol			29,058	21,068	29,729
23	Dingin	T	100 g/l	0,3025	15,571	12,638
24	Dingin	T	300 g/l	0,4466	26,965	0,4634
25	Dingin	T	500 g/l	51,835	26,955	64,835
26	Dingin	C	100 g/l	17,172	34,942	76,595
27	Dingin	C	300 g/l	0,3061	0,4993	15,311
28	Dingin	C	500 g/l	0,3846	71,483	74,863
29	Dingin	P	100 g/l	0,2564	10,249	12,425
30	Dingin	P	300 g/l	0,6433	0,7472	0,6803
31	Dingin	P	500 g/l	10,681	35,352	0,6741
32	Dingin	T + C	100 g/l	35,426	20,978	36,582
33	Dingin	T + C	300 g/l	18,054	186,188	15,220
34	Dingin	T + C	500 g/l	41,354	46,072	59,594
35	Dingin	T + P	100 g/l	52,572	75,958	68,685
36	Dingin	T + P	300 g/l	33,590	31,416	17,391
37	Dingin	T + P	500 g/l	32,049	23,751	16,351
38	Dingin	C + P	100 g/l	69,847	66,282	61,815
39	Dingin	C + P	300 g/l	50,004	55,251	53,331
40	Dingin	C + P	500 g/l	57,183	42,880	49,824
41	Dingin	T + C + P	100 g/l	50,901	57,661	44,929



Gambar 20. Kondisi kertas tissue kontrol (K) setelah diumpankan

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan perendaman, bahan pengawet dan konsentrasinya terhadap pengurangan berat kertas setelah diumpankan kepada rayap kayu kering disusun analisa varians, hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Analisa varians pengurangan berat kertas (%)

Variasi	DF	Jumlah kuadrat	Rata-rata kuadrat	F hitung	Probabilitas
Perlakuan	42	5,451,571,159	129,799,313	2,68	0,0001
Kelompok	1	21,757,965	21,757,965	0,45	0,5046
Rendam	1	25,614,098	25,614,098	0,53	0,4691
Pengawet	6	2,691,189,895	448,531,649	9,26	0,0001
Konsentrasi	2	112,945,136	56,472,568	1,17	0,3166
Rendam*pengawet	6	331,270,076	55,211,679	1,14	0,3465
Rendam*Kons	2	335,308,422	167,654,211	3,46	0,0359
Pengawet*Kons	12	1,315,901,616	109,658,468	2,26	0,0152
Rend*Peng*Kons	12	617,583,951	51,465,329	1,06	0,4018
Error	86	4,166,603,016	48,448,872		
Corrected Total	128	9,618,174,175			

Dari analisa varians dapat diketahui bahwa bahan pengawet berpengaruh sangat nyata, sedang konsentrasi bahan pengawet serta interaksi antara jenis bahan pengawet dan konsentrasi bahan pengawet berpengaruh nyata. Sementara faktor tunggal lainnya dan interaksi yang terbentuk diantara faktor-faktor tunggal tersebut tidak berbeda secara nyata. Untuk mengetahui pengaruh interaksi antara kondisi perendaman dan konsentrasi bahan pengawet terhadap pengurangan berat kertas, dilakukan pengujian beda rusak terkecil (LSD).

Tabel 5. Pengujian LSD bagi pengaruh interaksi antara metode perendaman

Dan bahan pengawet terhadap pengurangan berat kertas

No	interaksi	N	Rata-rata (%)	Pengelompokan					
1	Dingin C + p	9	5,627	A					
2	Panas T + C + P	9	5,219	A	B				
3	Panas T + P	9	5,154	A	B				
4	Dingin T + C	9	5,104	A	B				
5	Panas C + P	9	4,385	A	B	C			
6	Panas T + C	9	4,245	A	B	C	D		
7	Dingin T + C + P	9	4,224	A	B	C	D		
8	Dingin T + P	9	3,908	A	B	C	D		
9	Dingin C	9	3,359		B	C	D	E	
10	KONTROL	3	2,662			C	D	E	F
11	Dingin T	9	2,334			C	D	E	F
12	Panas C	9	2,144				D	E	F
13	Panas P	9	1,414					E	F
14	Panas T	9	1,106						F
15	Dingin P	9	1,096						F

Catatan

- LSD 0,05 = 2,1959 %
- Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf sama berarti tidak berbeda nyata
- A, B, C, D, E, F = pengelompokan hasil nilai rata-rata masing-masing interaksi

Dari tabel di atas terlihat bahwa ada 6 pengelompokan pada nilai rata-rata masing-masing interaksi, yang ditandai dengan huruf A, B, C, D, E, F. Hal ini berarti bahwa interaksi antara campuran bahan pengawet C + P yang direndam dengan air dingin berbeda nyata terhadap C yang direndam dalam air dingin dan juga terhadap kontrol.

Untuk mengetahui pengaruh interaksi antara jenis bahan pengawet dan konsentrasi larutan pengawet dilakukan uji LSD seperti tabel di bawah.

Tabel 6. Pengujian LSD bagi pengaruh interaksi jenis bahan pengawet dan konsentrasi larutan pengawet terhadap persentase pengurangan berat kertas

No	Interaksi		n	Rata-rata (%)	Pengelompokan			
1	T + C + P	100 g/l	6	6,845	A			
2	T + P	100 g/l	6	6,495	A			
3	T + C	300 g/l	6	6,423	A	B		
4	C + P	100 g/l	6	6,227	A	B		
5	C + P	500 g/l	6	4,395	A	B	C	
6	C + P	300 g/l	6	4,395	A	B	C	
7	T + P	300 g/l	6	4,179		B	C	
8	T + C	500 g/l	6	4,132		B	C	
9	T + C + P	500 g/l	6	4,022		B	C	
10	T + C	100 g/l	6	3,471			C	D
11	C	500 g/l	6	3,345			C	D
12	T + C + P	300 g/l	6	3,296			C	D
13	T + P	500 g/l	6	2,919			C	D
14	T	500 g/l	6	2,863			C	D
15	C	100 g/l	6	2,673			C	D
16	KONTROL		3	2,662			C	D
17	C	300 g/l	6	2,236			C	D
18	P	300 g/l	6	1,825			C	D
19	T	300 g/l	6	1,394				D
20	P	500 g/l	6	1,004				D
21	P	100 g/l	6	0,937				D
22	T	100 g/l	6	0,917				D

Catatan

- Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata
- A,B,C,D = pengelompokan hasil nilai rata-rata masing-masing interaksi

Dari tabel di atas terlihat bahwa interaksi antara jenis bahan pengawet dan konsentrasi bahan pengawet dikelompokkan menjadi 4 kelompok, yaitu A, B, C, D. Hal ini berarti bahwa antara nilai rata-rata interaksi yang ditandai dengan huruf yang sama

berarti tidak memiliki perbedaan, Dengan demikian campuran T + C + P dengan konsentrasi 100 g/l tidak berbeda terhadap campuran T + P dalam konsentrasi 100 g/l dan seterusnya sampai dengan campuran C + P dalam konsentrasi 300 g/l karena semua nilai rata-rata interaksi ditandai dengan huruf A.

Untuk mengetahui pengaruh bahan pengawet sebagai faktor tunggal terhadap pengurangan berat serta setelah diumpankan kepada rayap kayu kering dilakukan pengujian LSD. Hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 7. Pengujian LSD atas pengaruh bahan pengawet terhadap pengurangan berat kertas

No	Bahan pengawet	n	Nilai rata-rata (%)	Pengelompokan		
1	C + P	18		A		
2	T + C + P	18		A		
3	T + C	18		A		
4	T + P	18		A	B	
5	C	18			B	C
6	KONTROL	3				C
7	T	18				C
8	P	18				C

Catatan

- LSD 0,05 = 1,8593 %
- Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata
- A,B,C = pengelompokan hasil nilai rata-rata masing-masing interaksi

Dari tabel di atas terlihat bahwa pengaruh bahan pengawet C + P, T + C + P, T + C, T + P adalah tidak berbeda terhadap pengurangan berat. Demikian pula T + P dan C. pengaruh yang tidak berbeda juga terjadi antara bahan pengawet C, T, P serta kontrol, sebaliknya C + P, T + C + P, T + C, T + P berbeda terhadap C, T, P dan kontrol

3.3.2. Mortalitas Rayap

Hasil penelitian tentang mortalitas rayap kayu kering setelah memakan kertas yang telah diolesi bahan pengawet selama 30 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 8. Mortalitas rayap kayu kering (%)

No	Perlakuan			Ulangan		
	Perendaman	Pengawet	Konsentrasi	1	2	3
1	Panas	T	100 g/l	100	100	100
2	Panas	T	300 g/l	100	100	100
3	Panas	T	500 g/l	100	100	100
4	Panas	C	100 g/l	78	64	66
5	Panas	C	300 g/l	82	72	84
6	Panas	C	500 g/l	82	74	70
7	Panas	P	100 g/l	66	82	92
8	Panas	P	300 g/l	80	92	86
9	Panas	P	500 g/l	90	82	72
10	Panas	T + C	100 g/l	100	100	100
11	Panas	T + C	300 g/l	100	100	100
12	Panas	T + C	500 g/l	94	100	100
13	Panas	T + P	100 g/l	100	100	100
14	Panas	T + P	300 g/l	86	86	86
15	Panas	T + P	500 g/l	100	100	100
16	Panas	C + P	100 g/l	66	90	54
17	Panas	C + P	300 g/l	94	76	86
18	Panas	C + P	500 g/l	88	94	78
19	Panas	T + C + P	100 g/l	100	100	100
20	Panas	T + C + P	300 g/l	100	100	100
21	Panas	T + C + P	500 g/l	100	100	100
22	Kontrol			54	82	32
23	Dingin	T	100 g/l	100	100	100
24	Dingin	T	300 g/l	100	100	100
25	Dingin	T	500 g/l	100	100	100
26	Dingin	C	100 g/l	76	72	80
27	Dingin	C	300 g/l	84	80	64
28	Dingin	C	500 g/l	72	72	74
29	Dingin	P	100 g/l	70	80	82
30	Dingin	P	300 g/l	78	78	74
31	Dingin	P	500 g/l	84	84	70
32	Dingin	T + C	100 g/l	100	94	100
33	Dingin	T + C	300 g/l	100	98	100
34	Dingin	T + C	500 g/l	100	100	100
35	Dingin	T + P	100 g/l	100	100	100
36	Dingin	T + P	300 g/l	100	100	100
37	Dingin	T + P	500 g/l	100	100	100
38	Dingin	C + P	100 g/l	74	88	88
39	Dingin	C + P	300 g/l	90	88	78
40	Dingin	C + P	500 g/l	76	90	76

Untuk mengetahui pengaruh perendaman, bahan pengawet dan konsentrasinya terhadap mortalitas rayap setelah memakan kertas yang telah diolesi dengan bahan pengawet, disusun analisis varians. Hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah

Tabel 9. Analisis varians mortalitas rayap (%)

Variasi	DF	Jumlah kuadrat	Rata-rata kuadrat	F hitung	Probabilitas
Perlakuan	42	5,451,571,159	129,799,313	2,68	0,0001
Kelompok	1	21,757,965	21,757,965	0,45	0,5046
Rendam	1	25,614,098	25,614,098	0,53	0,4691
Pengawet	6	2,691,189,895	448,531,649	9,26	0,0001
Konsentrasi	2	112,945,136	56,472,568	1,17	0,3166
Rendam*pengawet	6	331,270,076	55,211,679	1,14	0,3465
Rendam*Kons	2	335,308,422	167,654,211	3,46	0,0359
Pengawet*Kons	12	1,315,901,616	109,658,468	2,26	0,0152
Rend*Peng*Kons	12	617,583,951	51,465,329	1,06	0,4018
Error	86	4,166,603,016	48,448,872		
Corrected Total	128	9,618,174,175			

Dari analisis varians tersebut, dapat diketahui bahwa perlakuan, pengawetan, dan jenis bahan pengawet saja yang berpengaruh terhadap mortalitas rayap, sedang faktor konsentrasi dan metode perendaman serta interaksi yang terjadi antara ketiga faktor tersebut tidak berbeda nyata pengaruhnya. Hal ini berarti bahwa pengolesan bahan pengawet pada umpan berpengaruh nyata terhadap mortalitas rayap. Untuk mengetahui pengaruh jenis bahan pengawet terhadap mortalitas rayap, dilakukan pengujian LSD

Tabel 10. Pengujian LSD bagi pengaruh jenis bahan pengawet terhadap mortalitas rayap

No	Bahan pengawet	n	Nilai rata-rata (%)	Pengelompokan	
1	T	18	100,000	A	
2	T + C	18	99,222	A	
3	T + C + P	18	97,778	A	
4	T + P	18	97,667	A	
5	C + P	18	81,889		B
6	P	18	80,111		B
7	C	18	74,778		C
8	KONTROL	3	56,000		D

Catatan:

- LSD 0,01 = 6,1022 %
- Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata

Dari tabel di atas bahwa terdapat 4 pengelompokan atas pengaruh jenis bahan pengawet terhadap mortalitas rayap yaitu A, B, C, D. dalam pengelompokan A, T tidak berbeda pengaruhnya terhadap T + C, T + C + P, dan T + P. Dalam pengelompokan B, C + P tidak berbeda terhadap P. dalam pengelompokan C, P tidak berbeda terhadap C. Sementara itu kelompok A berbeda pengaruhnya terhadap kelompok B dan C maupun D.

3.3.3. Kesimpulan

- Bahan pengawet alami memiliki daya bunuh terhadap rayap kayu kering
- Bahan pengawet tembakau memiliki daya bunuh yang tertinggi terhadap rayap kayu kering bila dibandingkan dengan dengan cengkeh dan pelepah pisang. Meskipun tidak berpengaruh secara nyata daya bunuh itu semakin berkurang apabila tembakau dicampur dengan cengkeh, dengan pelepah pisang dan dicampur dengan cengkeh dan pelepah pisang
- Bahan pengawet yang merupakan campuran dari 2 dan 3 bahan (tembakau, cengkeh dan pelepah pisang) memiliki daya bunuh yang lebih efektif terhadap rayap kayu kering daripada bahan pengawet tunggal yaitu cengkeh dan pelepah pisang
- Metode ekstraksi bahan pengawet tidak berpengaruh secara nyata terhadap efektifitas pengawetan. Ekstraksi dengan air dingin tidak berbeda efektifitas pengawetannya dibandingkan dengan ekstraksi dengan air panas.

BAB IV

SENYAWA AKTIF DALAM BAHAN TRADISIONAL

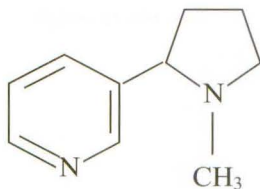
Oleh : Nahar Cahyandaru dan Arif Gunawan

Penggunaan bahan tradisional sebagai bahan pengawet kayu telah terbukti efektif, baik secara empiris melalui kajian observasi di lapangan maupun studi laboratorium. Pada Bab sebelumnya telah dibahas pengujian efektivitas bahan tradisional tersebut yang didukung dengan analisis statistika. Pertanyaan selanjutnya adalah sebenarnya bahan aktif apa yang terkandung dalam tembakau dan cengkeh sehingga mampu menjadi pengawet yang efektif. Studi lanjutan untuk mengetahui senyawa aktif dalam tembakau dan cengkeh telah dilakukan. Studi tersebut akan dijelaskan pada bab ini secara lebih mendalam.

4.1. Tembakau dan Hipotesis Senyawa Aktifnya

Tembakau (*Nicotiana tabacum*) merupakan bahan dasar dalam pembuatan rokok, daun ini banyak mengandung nikotin. Nikotin merupakan alkaloida yang banyak terdapat pada daun tembakau. Komposisi dari daun bervariasi tergantung dari letak daun batang dan umurnya. Dinyatakan bahwa penyebaran zat-zat di dalam tiap-tiap daun adalah tidak sama, sedangkan letak daun pada batang juga digunakan untuk menentukan grade dan kualitas daun. Kadar nikotin meningkat dari bawah ke atas dan kenaikan terbesar pada daun pucuk.

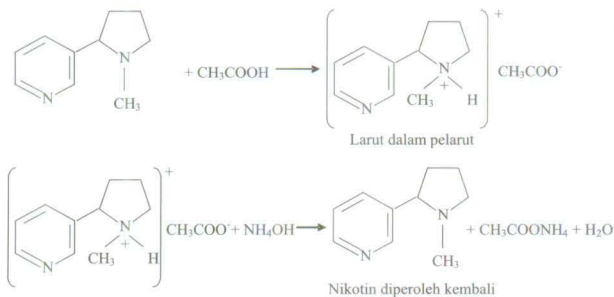
Alkaloid merupakan bahan aktif yang terkandung dalam tembakau. Alkaloid utama adalah nikotin yang berperan dalam memberikan efek dalam rokok. Alkaloid lain yang telah berhasil diisolasi (Stahl, 1969; 431) adalah nornikotin, nikotirin, anabasin, kotonin, norkotinin, dan nikotin N-oksida.



Gambar 21. Struktur kimia

Alkaloid merupakan senyawa organik aktif yang mengandung unsur nitrogen, sehingga bersifat sedikit basa. Sifat kebasaaan ini dapat digunakan sebagai dasar isolasi alkaloid dari suatu bahan alam. Isolasi alkaloid dapat menggunakan pelarut metanol yang mengandung asam asetat. Alkaloid akan terlarut di dalam asam asetat

sedang bahan lain tidak. Alkaloid dapat diperoleh kembali dengan menambahkan basa amoniak sehingga alkaloid dapat mengendap kembali.



Gambar 22. Reaksi isolasi nikotin

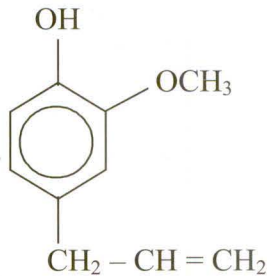
Berdasarkan studi yang telah dilakukan (Parwoto, dkk; 2003), tembakau dapat berfungsi sebagai bahan pengawet kayu . Kayu yang diolesi dengan ekstrak tembakau dan diumpankan kepada rayap kayu kering berpengaruh terhadap mortalitas rayap. Studi lebih lanjut (Parwoto, dkk; 2004) dengan menggunakan kertas tisue sebagai umpan menyimpulkan bahwa tembakau efektif sebagai pembunuh rayap kayu kering.

Studi-studi yang telah dilakukan dapat meyakinkan bahwa tembakau efektif sebagai bahan pengawet kayu yaitu dapat mematikan perusak kayu khususnya rayap. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengungkap bahan aktif pengawet kayu yang terkandung dalam tembakau.

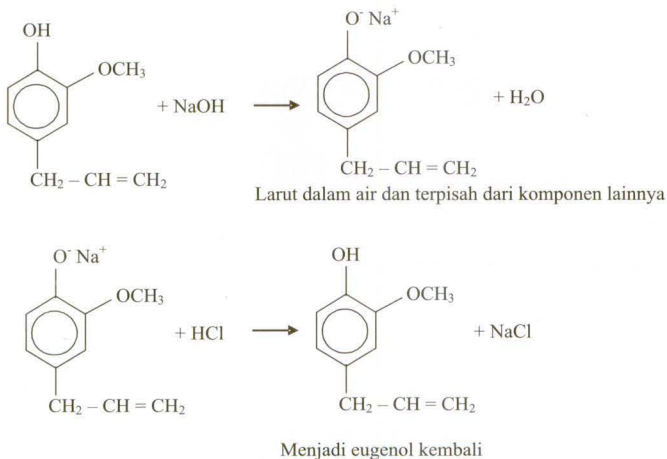
4.2. Cengkeh dan Hipotesis Senyawa Aktifnya

Hasil utama pohon cengkeh (*Caryophyllus aromaticus* L) adalah bunga cengkeh yang mengandung minyak atsiri, kualitas minyak atsiri bunga cengkeh lebih bagus bila dibandingkan dengan minyak atsiri daun cengkeh. Pohon cengkeh kemungkinan berasal dari Maluku, dari Maluku tanaman cengkeh tersebut dibawa ke daerah tropis lain oleh orang-orang Portugis, Spanyol, Belanda, Perancis dan Inggris. Saat ini pohon cengkeh ditanam di daerah Jawa, Irian Jaya, Sulawesi, dan pulau-pulau lain. Bunga cengkeh yang dikeringkan kebanyakan dipergunkan oleh pabrik rokok.

Konstituen minyak cengkeh dapat dibagi menjadi dua kelompok, kelompok pertama merupakan senyawa fenolat dengan eugenol sebagai komponen paling besar. Kelompok senyawa ini dapat diisolasi dengan NaOH dan kemudian dinetralkan dengan asam mineral. Kelompok kedua mengandung senyawa-senyawa nonfenolat yaitu β-kariofilen, α-kubeben, α-kopaen, α-humulen, σ-kadien, dan kadina-1,3,5-trien. Semua senyawa tersebut telah dapat diidentifikasi (Sastrohamidjo: 2002; 121).



Gambar 23. Rumus kimia Eugenol



Gambar 24. Reaksi isolasi Eugenol

Senyawa fenolat adalah senyawa aromatik aktif yang merupakan salah satu konstituen alami kayu. Senyawa fenolat merupakan senyawa ekstraktif yang terdapat dalam teras kulit dan sedikit dalam kayu gubal. Senyawa tersebut mempunyai sifat-sifat fungisida sehingga mampu melindungi pohon terhadap serangan mikrobiologi (Sjostrom, 1995; 132). Sifat senyawa fenolat yang berfungsi sebagai fungisida memungkinkan bahan alam yang mengandung senyawa fenol dapat digunakan sebagai bahan pengawet kayu, salah satunya adalah cengkeh.

Berdasarkan studi yang telah dilakukan (Parwoto, dkk; 2003), cengkeh dapat berfungsi sebagai bahan pengawet kayu. Kayu yang diolesi dengan ekstrak cengkeh dan diumpankan kepada rayap kayu kering berpengaruh terhadap mortalitas rayap. Studi lebih lanjut (Parwoto, dkk; 2004) dengan menggunakan kertas tissue sebagai umpan menyimpulkan bahwa cengkeh efektif sebagai pembunuh rayap kayu kering.

Studi-studi yang telah dilakukan dapat meyakinkan bahwa cengkeh efektif sebagai bahan pengawet kayu yaitu dapat mematikan perusak kayu khususnya rayap. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengungkap bahan aktif pengawet kayu yang terkandung dalam cengkeh.

4.3. Cara Kerja Percobaan

4.3.1. Isolasi Bahan Aktif Tembakau

Sampel tembakau (tembakau temanggung dan srintil) dihaluskan dengan cara ditumbuk menggunakan lumpang porselin. Sampel ditimbang sebanyak masing-masing 50 gram dan dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer, kemudian ditambahkan larutan asam asetat 5 % dalam metanol sebanyak 200 ml. Erlenmeyer ditutup rapat kemudian digojok dengan sheker selama 4 jam, selanjutnya didiamkan selama semalam agar padatan tembakau mengendap. Cairan disaring dengan kertas saring whatman, kemudian filtrat diuapkan sebagian pelarutnya hingga tinggal kurang lebih separuhnya. Larutan dibasakan dengan amoniak pekat sampai pH 10 (dicek dengan pH stik). Bahan aktif alkaloid pada tembakau bersifat basa sehingga akan mengendap pada pH 10. Endapan bahan aktif disaring dengan kertas saring whatman yang telah diketahui beratnya. Endapan tersebut dipisahkan dan siap untuk dilakukan analisis lebih lanjut.

4.3.2. Isolasi Bahan Aktif Cengkeh

Sampel cengkeh dihaluskan dengan cara ditumbuk menggunakan lumpang porselin. Sampel ditimbang sebanyak masing-masing 50 gram dan dimasukkan ke dalam labu distilasi uap. Dilakukan distilasi uap terhadap sampel dan menampung distilat sampai kira-kira bahan atsiri (mudah menguap) dalam cengkeh habis terdistilasi. Distilat dipisahkan bagian atasnya (minyak cengkeh) untuk dilanjutkan distilasi lebih lanjut. Minyak cengkeh ditambah dengan larutan NaOH dan diaduk dengan stirer. Larutan dimasukkan dalam corong pisah dan diambil bagian bawahnya (fase air). Fase air ditambah dengan larutan HCl sampai terbentuk 2 lapisan kembali, diambil lapisan atas (fase organik). Bagian ini merupakan kelompok senyawa-senyawa fenolat yang merupakan bahan aktif di dalam cengkeh, dan siap dilakukan analisis lebih lanjut.

4.3.3. Analisis Kimia Organik Isolat Bahan Aktif

Bahan aktif yang diisolasi di atas masih berupa campuran beberapa senyawa (belum murni). Untuk mengetahui masing-masing senyawa dilakukan analisis organik yang meliputi:

1. Analisis dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dilakukan terhadap sampel isolasi tembakau untuk melihat komponen-komponen yang terkandung. Analisis ini masih bersifat dugaan dengan membandingkan terhadap literatur.

2. Analisis dengan Spektrofotometri Infra Merah (FTIR). Dilakukan terhadap sampel isolasi tembakau dan cengkeh untuk mengamati jenis senyawa yang terkandung melalui pengamatan spektra infra merah yang menunjukkan gugus fungsi senyawa yang terkandung.
3. Analisis dengan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa. Dengan analisis ini isolat bahan aktif dapat dipisahkan komponen-komponen senyawanya dan dikarakterisasi masing-masing senyawa untuk mengetahui jenis senyawanya.

4.3.4. Uji Fungisida Invitro

Medium CDA dibuat sesuai dengan komposisinya kemudian disterilkan dalam botol selai. Pada medium CDA tersebut diinokulasikan jamur perusak kayu yang telah diidentifikasi. Dua balok kayu kecil ditempatkan di atas media CDA yang telah memadat secara aseptis. Satu balok kayu sebelumnya telah diolesi larutan bahan aktif dengan variasi konsentrasi (0,5 %, 1%, 2% dan 3%), sedangkan satu balok lainnya sebagai kontrol diolesi dengan pelarut tanpa bahan aktif. Botol diinkubasi pada suhu kamar dan diamati perbedaan pertumbuhan jamur antara kayu yang diberi bahan aktif dengan yang tidak diberi bahan.

4.4. Hasil percobaan

4.4.1. Bahan Aktif Tembakau

4.4.1.1. Ekstraksi Nikotin Dari Tembakau

Bahan aktif tembakau diekstrak menggunakan metode ekstraksi alkaloid. Metode ekstraksi dilakukan dengan cara merendam tembakau dalam larutan asam asetat 5% dalam metanol. Rendaman dikocok dengan shaker selama 2 jam dan didiamkan semalam. Campuran kemudian disaring dengan kertas saring biasa, kemudian disaring ulang dengan kertas saring Whatman 42. Filtrat ditambah dengan amoniak sampai pH mencapai 10. Pada kondisi basa ini alkaloid mengendap dari larutan, sehingga diperoleh endapan alkaloid yang kental. Endapan alkaloid berwarna coklat hitam dan menggumpal pada larutan sehingga dapat dipisahkan.



Gambar 25. Proses ekstraksi tembakau dengan pelarut metanol - asam asetat

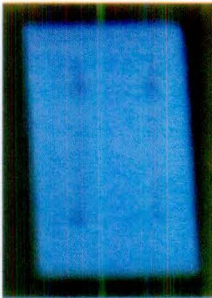
Endapan alkaloid disaring dengan kertas saring Whatman 42 yang telah ditimbang beratnya. Endapan dalam kertas saring dibiarkan hingga kering dan ditimbang untuk mendapatkan data persentase alkaloid dalam tembakau. Alkaloid yang diperoleh dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 26. Alkaloid kasar yang diperoleh dari ekstraksi tembakau

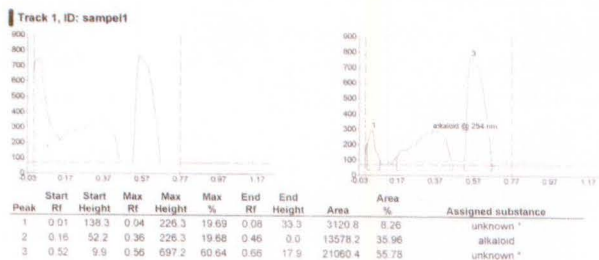
4.4.1.2. Analisis Nikotin

Analisis nikotin yang diperoleh dilakukan dengan metode kromatografi lapis tipis menggunakan fasa diam silika pada plat aluminium. Nikotin dilarutkan dengan sedikit metanol kemudian ditotolkan pada permukaan silika. Plat silika kemudian dielusi dalam chamber menggunakan pelarut campuran metanol-asam asetat dengan perbandingan 9 : 1. Setelah cairan pelarut merayap ke atas sampai ketinggian tanda, plat diambil dan dikeringkan. Hasil pemisahan dapat dilihat pada gambar berikut :

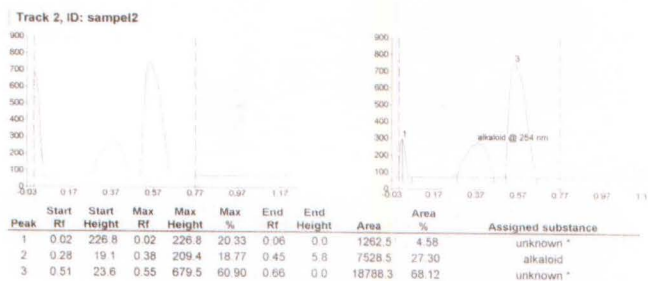


Gambar 27. Pola kromatogram ekstrak tembakau dilihat dibawah sinar ultraviolet (Tembakau Temanggung sebelah kiri, dan tembakau srintil sebelah kanan)

Komponen dalam ekstrak tembakau dianalisis untuk mengetahui komposisi dan jenis senyawanya. Analisis dilakukan dengan TLC-scanner (Thin Layer Chromatography-scanner) yang dilengkapi dengan spektrofotometri ultra-violet. Hasil scan menunjukkan kromatogram sebagai berikut :



Gambar 28. Kromatogram ekstrak tembakau Temanggung



Gambar 29. Kromatogram ekstrak tembakau srintil

Dari kromatogram tersebut dapat dilihat bahwa dalam ekstrak bahan aktif terkandung alkaloid sebesar 35,96% untuk tembakau temanggung dan 27,30% untuk tembakau srintil. Kadar alkaloid dari bahan tembakau dapat dihitung berdasarkan berat tembakau yang diekstrak dan berat alkaloid yang diperoleh. Data-data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 11. Prosentase Alkaloid dalam Ekstrak dan Tembakau

Jenis tembakau	Berat tembakau (g)	Berat hasil ekstrak (g)	Rendemen (%)	% alkaloid dalam ekstrak	% alkaloid dalam tembakau
Srintil	200	4.28	2,14	27,3	0,58
Temanggung	200	1,45	0,72	35,96	0,26

Untuk memastikan jenis senyawanya, scan dilanjutkan dengan analisis dengan spektrometri ultraviolet. Hasil analisis diperoleh spektra ultraviolet sebagai berikut :



T	Rf	Substance	Max. @
1	0.36 Rf	alkaloid	200 nm

Gambar 30. Spektra serapan ultraviolet alkaloid pada tembakau Temanggung



T	Rf	Substance	Max. @
2	0.38 Rf	alkaloid	200 nm

Gambar 31. Spektra serapan ultraviolet alkaloid pada tembakau sintil

4.4.1.3. Uji Aktivitas Ekstrak

Uji aktivitas yang dilakukan terhadap jamur yang ditumbuhkan pada kayu yang berada dalam media CDA menunjukkan bahwa bahan aktif efektif sebagai anti jamur. Kayu yang dioles dengan bahan tidak mengalami pertumbuhan jamur, sedangkan kayu kontrol yang tidak dioles tetap ditumbuhi.



Gambar 32. Uji aktivitas ekstrak tembakau terhadap jamur pada kayu

4.4.1.4. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat diketahui bahwa metode isolasi yang digunakan dapat dilakukan untuk memperoleh ekstrak bahan aktif. Ekstrak yang diperoleh merupakan cairan kental berwarna coklat hitam. Menurut analisis yang telah dilakukan dengan metode kromatografi lapis tipis ekstrak tersebut mengandung alkaloid sebanyak 0,58% untuk tembakau srintil dan 0,26% untuk tembakau temanggung. Alkaloid yang ada dalam tembakau terutama adalah nikotin.

Dari data tersebut diketahui bahwa kadar alkaloid dalam tembakau srintil lebih tinggi dibanding alkaloid dalam tembakau temanggung. Hal ini disebabkan tembakau srintil merupakan tembakau yang dikenal memiliki kualitas tinggi. Kualitas tinggi tersebut berhubungan dengan rasa tembakau jika digunakan untuk merokok. Tembakau yang berkadar nikotin tinggi akan memberikan efek rasa “nikmat” yang tinggi juga dalam rokok. Sehingga dapatlah dipahami bahwa tembakau srintil yang berkualitas tinggi akan menghasilkan alkaloid yang lebih tinggi.

Pada penelitian ini ekstraksi dan analisis bahan aktif secara umum telah dapat dilakukan. Namun analisis lebih lanjut terhadap alkaloid untuk mengetahui jenis alkaloid yang ada belum sepenuhnya dapat dilakukan. Jenis alkaloid dapat dianalisis dari ekstrak yang telah diperoleh, dengan terlebih dahulu memisah-misahkan komponen alkaloid tersebut. Metode pemisahan yang dapat dilakukan salah satunya adalah dengan kromatografi kolom. Dengan metode ini masing-masing komponen alkaloid akan terpisahkan menjadi partisi-partisi dalam pelarut yang sesuai. Setelah terpisah dapat dilakukan analisis lebih lanjut dengan berbagai instrumen analisis untuk mengetahui jenis senyawanya.

Ekstrak yang telah diperoleh masih menunjukkan tiga komponen yang ditunjukkan pada kromatogram. Salah satu dari komponen tersebut adalah alkaloid, sedangkan dua komponen lainnya adalah senyawa lain yang tidak diketahui yang bukan merupakan bahan aktif. Bahan lain tersebut dapat ikut dalam ekstrak dikarenakan metode ekstraksi yang dilakukan masih satu tahap. Untuk mendapatkan ekstrak yang lebih murni, ekstraksi dapat dilakukan beberapa kali sehingga diperoleh ekstrak yang murni alkaloid.

Senyawa alkaloid dapat dipastikan dari spektra ultraviolet yang diperoleh. Pada spektra tersebut terlihat adanya tiga puncak pada grafik dengan puncak tertinggi diperoleh pada panjang gelombang 200 nm. Puncak lainnya berada pada panjang gelombang 250, dan 300 nm. Puncak-puncak tersebut merupakan puncak yang khas untuk senyawa alkaloid. Hal ini diperkuat dengan data yang dimunculkan oleh software library pada alat, yang menunjukkan senyawa alkaloid (gambar spektra serapan ultraviolet di atas).

Efektivitas tembakau sebagai pengawet kayu berhubungan dengan kandungan alkaloid ini. Alkaloid dikenal sebagai bahan aktif alami yang terdapat pada beberapa tanaman. Aktivitas alkaloid sering diaplikasikan pada berbagai bidang, antara lain bahan obat-obatan dan pestisida. Beberapa alkaloid yang digunakan sebagai obat misalnya kinine dari pohon kina yang digunakan sebagai obat malaria, capsaicin pada cabe, hesperidin pada kulit jeruk, piperin pada lada, dan lain-lain. Beberapa bagian tanaman juga sering digunakan sebagai bahan pestisida. Selain tembakau, dikenal juga biji buah maja, biji buah sirsak, daun mimba, akar jenu dan beberapa tanaman lain yang semuanya mengandung bahan aktif alkaloid.

Alkaloid merupakan metabolit sekunder, artinya dihasilkan oleh tanaman sebagai produk samping dalam proses metabolismenya. Metabolit sekunder alkaloid dihasilkan sebagai hasil samping metabolisme asam amino dan protein, dimana senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa yang khas memiliki atom nitrogen dalam strukturnya. Setiap tanaman mempunyai karakteristik tersendiri dalam menghasilkan produk metabolit sekunder. Jenis alkaloid dalam tanaman berbeda antar satu tanaman dengan tanaman lainnya. Dalam tanaman metabolit sekunder ini tersimpan dalam bagian-bagian tanaman dengan kadar berbeda-beda. Sebagai contoh nikotin terkandung dalam tembakau pada semua bagian, namun kadar tertinggi terdapat pada bagian daun.

Kayu sebagai bagian dari tanaman juga mengandung alkaloid walaupun dalam kadar yang kecil. Alkaloid dalam kayu tersebut juga berperan dalam mempertahankan keawetan kayu secara alamiah. Dumanau (1982) menyebut senyawa metabolit sekunder sebagai senyawa ekstraktif, yaitu senyawa yang ada dalam kayu namun bukan termasuk kelompok selulosa, hemiselulosa, atau lignin. Senyawa ekstraktif dapat diambil (diekstrak) dari kayu menggunakan pelarut yang sesuai. Senyawa ekstraktif turut menentukan sifat keawetan dari kayu, karena senyawa ekstraktif dapat berupa bahan yang dapat mematikan atau menghambat pertumbuhan jasad perusak kayu. Alkaloid sebagai salah satu jenis senyawa ekstraktif juga dapat berperan dalam menghambat atau mematikan jasad. Alkaloid nikotin yang terdapat dalam tembakau dikenal sebagai senyawa kimia yang bersifat racun kuat.

Alkaloid merupakan bahan yang secara alamiah ada dalam kayu atau bagian lain dari tumbuhan. Keberadaan alkaloid ini dapat memberikan sifat keawetan kayu. Alkaloid sendiri tidak memberikan dampak negatif terhadap komponen kayu lainnya, seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Alkaloid tidak bereaksi dengan senyawa-senyawa tersebut, sehingga kayu tidak mengalami perubahan ketika ditambahkan alkaloid ke dalamnya.

Berdasarkan uraian tersebut alkaloid nikotin dapat berperan pada pengawetan kayu. Nikotin dapat masuk ke dalam struktur kayu dan menjadi bagian dari senyawa ekstraktif yang telah ada. Jasad yang akan merusak kayu dapat

dimatikan atau dihambat oleh adanya nikotin dalam kayu. Nikotin dalam kayu dapat bertahan cukup lama karena nikotin tidak mudah menguap, dan dapat berikatan dengan struktur kayu bersama dengan senyawa ekstraktif lainnya.

4.4.2. Bahan Aktif Cengkeh

4.4.2.1. Ekstraksi Eugenol dari Cengkeh

Ekstraksi dilakukan melalui dua tahap yaitu ekstraksi minyak cengkeh dari bunga cengkeh kering dilanjutkan isolasi eugenol dari minyak cengkeh. Ekstraksi minyak cengkeh telah dilaksanakan dengan dua cara, yaitu dengan distilasi uap dan dengan ekstraksi pelarut. Hasil yang diperoleh dengan ekstraksi pelarut lebih banyak (2,35%) tetapi kurang murni karena masih adanya pelarut yang belum teruapkan dan adanya komponen non-minyak yang turut terlarut. Dengan distilasi uap hasil lebih sedikit (0,98%) tetapi lebih murni, sehingga lebih sesuai untuk digunakan pada tahap selanjutnya.



Gambar 33. Metode pengambilan minyak cengkeh dengan cara ekstraksi pelarut

Minyak yang dihasilkan dari metode distilasi uap jumlahnya kurang memadai untuk dilanjutkan ke tahap isolasi eugenol, sehingga isolasi eugenol dilakukan dengan minyak cengkeh yang dibeli di toko kimia yang juga diproses melalui distilasi uap. Isolasi telah dilakukan dengan metode yang sesuai dengan cara kerja di atas menggunakan minyak cengkeh sebanyak 100 ml. Fraksi eugenol yang diperoleh sebanyak 42 ml. Langkah kerja isolasi dapat dilihat pada gambar berikut :

- a. Minyak cengkeh ditambah dengan larutan NaOH,
- b. Minyak cengkeh yang sudah ditambah dengan larutan NaOH dimasukkan dalam corong pisah,
- c. Terbentuk dua lapisan, lapisan bawah diambil di corong pemisah,
- d. Lapisan bawah ditambah HCl sampai asam dan terbentuk dua lapisan lagi (pH kurang dari 4),
- e. Kedua lapisan dipisahkan dalam corong pisah, lapisan atas diambil
- F. Didapat eugenol dari hasil isolasi



a



b



c



d



e



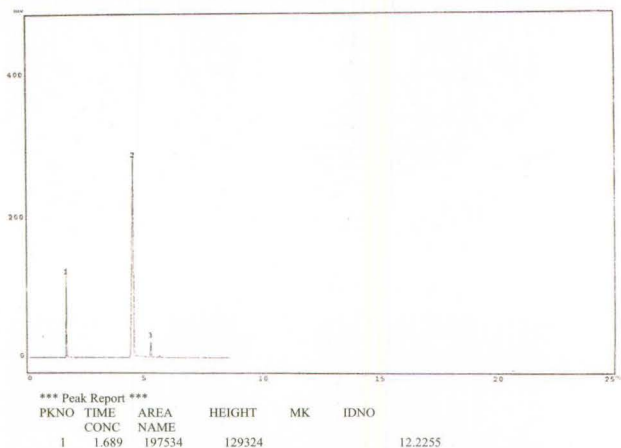
f

Gambar 34. Tahapan isolasi Eugenol

4.4.2.2. Analisis Eugenol

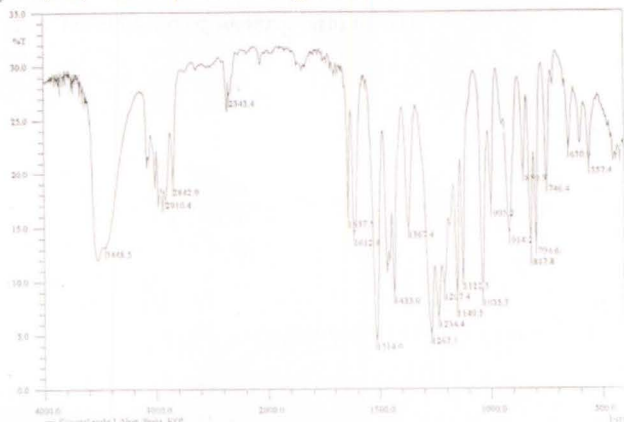
Setelah dilakukan isolasi diperoleh fraksi eugenol. Untuk mengetahui (memastikan) komponen fraksi ini dilakukan analisis dengan beberapa metode sebagai berikut.

Kadar eugenol dalam fraksi ditentukan dengan analisis menggunakan kromatografi gas (GC) diperoleh data kromatogram sebagai berikut :



Gambar 35. Data kromatogram kadar Eugenol

Dari kromatogram dapat diketahui kadar eugenol dalam fraksi hasil isolasi adalah sebesar 84,4997%. Fraksi 1 pada puncak-puncak tersebut merupakan puncak pelarut yang ditambahkan sebelum injeksi ke alat kromatografi gas. Sehingga komponen minyak cengkeh yang telah diisolasi terdiri dari komponen 2. Komponen utama merupakan senyawa eugenol sebesar 96,26% dan senyawa lain sebesar 3,74%. Minyak hasil isolasi yang kandungan utamanya mencapai 96,26% ini dilanjutkan dengan analisis untuk memastikan nama senyawa aktif tersebut. Analisis bertujuan untuk memastikan hipotesis bahwa senyawa aktif yang terkandung adalah eugenol. Pemastian senyawa eugenol dilakukan dengan analisis menggunakan spektroskopi infra merah (FT-IR), diperoleh spektra sebagai berikut :

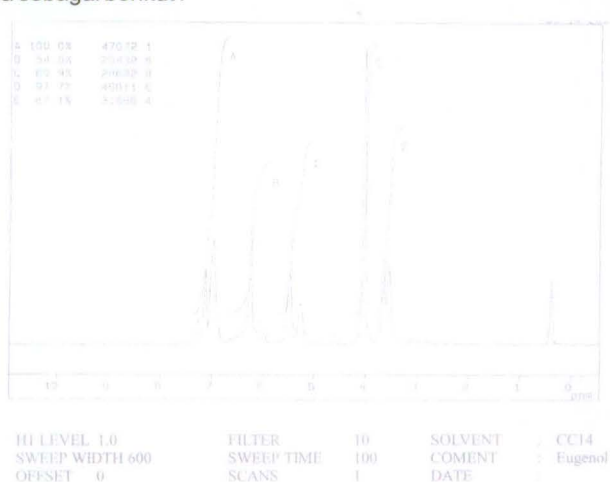


Eugenol 1, Neat, Spl
 Peaktable of EUGKOL.IRS, 23 Peaks
 Threshold: 80, Noise: 4, No Range Selection

Nr.	Pos. (1/cm)	Inten. (%)
1	5574	20.796
2	650.0	22.358
3	746.4	19.073
4	794.6	13.388
5	817.8	14.060
6	850.5	20.088
7	914.2	14.393
8	995.2	16.836

Gambar 36. Data spektroskopi infra merah senyawa Eugenol

Analisis diperlengkap dengan menggunakan instrumen resonansi magnet inti (NMR), diperoleh spektra sebagai berikut :



Gambar 37. Data NMR senyawa Eugenol

Dari kedua data instrumen di atas dapat diketahui bahwa komponen senyawa yang diperoleh dari isolasi cengkeh adalah eugenol.

4.4.2.3. Uji Efektivitas Ekstrak

Uji aktivitas yang dilakukan terhadap jamur yang ditumbuhkan pada kayu yang berada dalam media CDA menunjukkan bahwa bahan aktif efektif sebagai anti jamur. Kayu yang dioles dengan bahan tidak mengalami pertumbuhan jamur, sedangkan kayu kontrol yang tidak dioles tetap ditumbuhi.

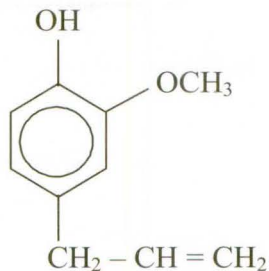


Gambar 38. Uji aktivitas ekstrak cengkeh tembakau terhadap jamur pada kayu

4.4.2.4. Pembahasan

Berdasarkan penelitian, isolasi bahan aktif dari cengkeh telah dapat dilakukan. Hasil isolasi yang diperoleh adalah cairan berwarna coklat dengan kandungan utama eugenol. Tahap isolasi dimulai dari pengambilan minyak cengkeh dari bunga cengkeh, dilanjutkan dengan isolasi eugenol. Kadar minyak dalam cengkeh relatif rendah (0,98% dengan cara distilasi uap), namun kadar eugenol dalam minyak tersebut cukup tinggi (42%). Kadar yang tinggi ini disebabkan karena eugenol merupakan komponen utama minyak cengkeh. Komponen lain yang ada dalam minyak cengkeh adalah kariofilen dengan kadar yang lebih rendah. Eugenol dikenal sebagai senyawa aktif dalam minyak cengkeh dan sering digunakan sebagai bahan baku pada sintesis senyawa-senyawa obat.

Eugenol merupakan senyawa metabolit sekunder kelompok fenil propanoid. Yaitu senyawa yang tersusun atas gugus benzena (aromatik) yang mengikat hidrokarbon berantai tiga. Hal ini dapat dilihat pada gambar struktur berikut, dimana cincin aromatik sebagai pusat senyawa mengikat hidrokarbon rantai tiga pada bagian bawah. Gugus hidroksida dan metoksi pada bagian atas dan samping merupakan gugus yang khas untuk eugenol. Senyawa fenil propanoid dibedakan oleh posisi ikatan rangkap pada rantai hidrokarbon dan gugus fungsi yang diikat oleh cincin aromatik.



Gambar 39. Ikatan hidrokarbon pada senyawa Eugenol

Eugenol memiliki sifat berbau tajam, dan memiliki sifat penghilang rasa sakit (antipiretik) sehingga sering digunakan pada bidang pengobatan. Salah satunya adalah sebagai obat penghilang nyeri pada sakit gigi. Sebagai senyawa yang mengikat gugus hidroksi eugenol dapat dipandang sebagai senyawa turunan fenol (fenolat) yang memiliki sifat antiseptik. Senyawa turunan fenol bersifat mematikan bakteri (bakteriside) dan jamur (fungiside). Sifat inilah yang berperan pada pengawetan kayu, yaitu membunuh atau menghambat pertumbuhan organisme perusak kayu.

Senyawa fenolat merupakan senyawa aromatik aktif yang merupakan salah satu konstituen alami kayu. Senyawa fenolat merupakan senyawa ekstraktif yang umumnya terdapat dalam teras kulit dan sedikit dalam kayu gubal. Senyawa tersebut mempunyai sifat-sifat fungisida sehingga mampu melindungi pohon terhadap serangan mikrobiologi (Sjostrom, 1995; 132). Sifat senyawa fenolat yang berfungsi sebagai fungisida memungkinkan bahan alam yang mengandung senyawa fenol dapat digunakan sebagai bahan pengawet kayu, salah satunya adalah cengkeh.

Isolasi eugenol dari minyak cengkeh telah dapat dilakukan dan memperoleh rendemen hasil yang cukup tinggi (42%). Sebagai senyawa turunan fenolik maka eugenol dapat dilarutkan dengan larutan basa (NaOH). Setelah dipisahkan eugenol dapat diperoleh kembali dengan mengasamkan larutan agar NaOH terlepas. Cara ini cukup efektif dan dapat menghasilkan isolat dengan kemurnian cukup tinggi. Kemurnian isolat pada penelitian ini dianalisis dengan kromatografi gas. Hasil kromatografi gas menunjukkan kadar eugenol dalam isolat sebesar 96,26%.

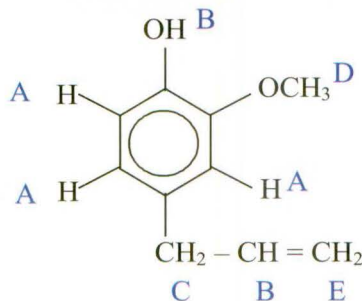
Data kromatografi gas menunjukkan kadar isolat namun belum dapat memastikan senyawanya. Untuk memastikan senyawa eugenol maka dilanjutkan dengan analisis menggunakan instrumen lain. Instrumen analisis yang digunakan adalah spektroskopi infra merah dan spektroskopi resonansi magnet inti (nuclear magnetic resonance/NMR).

Data spektroskopi infra merah menunjukkan spektra serapan yang dapat dilihat di atas. Dari data-data tersebut selanjutnya dilakukan interpretasi untuk menguatkan dugaan senyawa eugenol. Hasil interpretasi dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 12. Data spektroskopi infra merah

No	Panjang gelombang serapan (nm)	Gugus fungsi pada eugenol
1	3448,5 dan 1267,1	Serapan pada daerah 3200-2500 merupakan serapan yang khas untuk gugus hidroksi (-OH). Bentuk puncak yang melebar (tidak runcing) menunjukkan bahwa gugus hidroksi tersebut terikat pada cincin aromatik. Hal ini juga didukung oleh adanya serapan pada daerah
2	1514,0 dan 1612,4	Serapan pada daerah 1500-1650 merupakan serapan yang khas untuk hidrokarbon dengan ikatan rangkap. Serapan 1612,4 menunjukkan ikatan rangkap dari cincin aromatik, sedangkan serapan tajam 1514,0 menunjukkan cincin aromatik yang tersubstitusi (mengikat tiga
3	1267.1	Serapan ini merupakan serapan yang khas untuk senyawa metil eter (-OCH ₃) yang terikat pada cincin aromatik.
4	2910,4 dan 1433,0	Serapan pada daerah 2800-3000 merupakan serapan dari senyawa organik secara umum. Serapan ini berasal dari energi vibrasi molekul pada ikatan C-H. Sedangkan ikatan C-C akan menghasilkan serapan yang dijumpai pada daerah 1400-1500.
5	1637.5	Serapan daerah ini menunjukkan serapan dari ikatan rangkap. Bilangan yang lebih besar dibanding serapan aromatik menunjukkan bahwa serapan berasal dari ikatan rangkap non-aromatik. Dalam hal ini merupakan ikatan rangkap pada gugus alil (hidrokarbon rantai

Berdasarkan uraian pada tabel di atas dapat diperkuat kesimpulan bahwa senyawa tersebut adalah eugenol. Untuk lebih meyakinkan lagi, maka dilakukan analisis dengan spektroskopi NMR. Adapun hasil analisis dapat dilihat pada hasil penelitian di atas, kemudian dilakukan interpretasi sebagai berikut :



Gambar 40. Struktur kimia eugenol

Berdasarkan data di atas dapat diketahui bahwa senyawa memiliki 5 jenis hidrogen (proton). Adapun perbandingan masing-masing jenis proton adalah 3:2:2:3:2 (A:B:C:D:E). Masing-masing hidrogen diinterpretasikan pada posisi seperti tanda huruf pada gambar struktur eugenol di atas. Penjelasan dari masing-masing hidrogen adalah sebagai berikut :

- A : Merupakan hidrogen dengan jumlah 3 dan menurut posisi pergeserannya (7 ppm) merupakan jenis hidrogen aromatik. Jumlah puncak doublet (dua puncak utama) menunjukkan hidrogen bertetangga dengan satu hidrogen lain.
- B : Merupakan hidrogen dengan jumlah 2. Puncak multiplet (terdiri dari banyak puncak) menunjukkan hidrogen bertetangga dengan banyak atom hidrogen, pada atom Hidrogen B hidrokarbon rantai tiga di sebelah kanan dan kiri terdapat atom karbon yang mengikat masing-masing dua atom hidrogen. Di tengah puncak multiplet terdapat puncak yang tinggi (singlet) yang menunjukkan adanya hidrogen lain yang tidak bertetangga dengan pergeseran yang sama sehingga menumpuk. Puncak ini merupakan puncak dari hidrogen B pada gugus OH.
- C : Merupakan hidrogen dengan jumlah 2 dan berbentuk doublet yang menunjukkan bertetangga dengan satu hidrogen ($n+1$). Pergeserannya yang relatif lebih besar (5,5 ppm) menunjukkan hidrogen tersebut dekat dengan cincin aromatik.
- D : Merupakan hidrogen dengan jumlah 3 dan berbentuk singlet yang menunjukkan tidak bertetangga. Puncak ini berasal dari hidrogen pada gugus OCH_3 .
- E : Merupakan hidrogen dengan jumlah 2 dan berbentuk doublet yang menunjukkan bertetangga dengan satu atom hidrogen. Posisi pergeseran 3,7 ppm menunjukkan hidrogen terikat pada atom karbon rantai (metilen).

Berdasar uraian di atas yang diperkuat hasil interpretasi spektra infra merah dan spektroskopi NMR maka dapat disimpulkan senyawa yang dianalisis adalah eugenol.

Cengkeh dan tembakau memiliki bahan aktif yang berpotensi sebagai pengawet kayu. Bahan aktif yang terkandung pada kedua bahan tersebut berbeda. Pada tembakau bahan aktif berupa alkaloid, sedangkan pada cengkeh bahan aktifnya eugenol yang merupakan kelompok senyawa fenil-propanoid. Masing-masing bahan aktif memiliki aktivitas sebagai pengawet dengan mematikan atau menghambat pertumbuhan jasad perusak kayu.

Perbedaan bahan aktif ini menyebabkan kedua bahan memungkinkan untuk dikombinasikan pada aplikasinya. Kombinasi akan menyebabkan bahan pengawet mengandung dua bahan aktif yang bekerja sendiri-sendiri. Adanya dua bahan aktif akan menyebabkan efek pengawetan menjadi semakin kuat, karena jangkauan daya bunuh dan daya hambat jasad semakin luas.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Isolasi bahan aktif dalam tembakau telah dapat dilakukan metode ekstraksi pelarut menggunakan metanol-asam asetat, dan diendapkan kembali dengan amoniak.
2. Bahan aktif dalam tembakau merupakan senyawa alkaloid (dengan senyawa utama nikotin), rendemen yang diperoleh sebanyak 0,58% untuk tembakau srintil dan 0,26% untuk tembakau temanggung.
3. Isolasi bahan aktif dalam cengkeh telah dapat dilakukan dengan ekstraksi minyak cengkeh dengan cara distilasi uap dilanjutkan dengan isolasi eugenol.
4. Bahan aktif dalam cengkeh adalah senyawa eugenol yang dapat dimurnikan dengan cara isolasi hingga mencapai kadar 96,26%.
5. Tembakau dan cengkeh dapat mengawetkan kayu karena adanya kandungan bahan aktif alkaloid (pada tembakau) dan eugenol (pada cengkeh) yang bersifat membunuh atau menghambat pertumbuhan jasad. Kedua bahan aktif tersebut merupakan senyawa yang berbeda dan mempunyai cara kerja penghambatan yang berbeda, sehingga memungkinkan dilakukan kombinasi dalam aplikasinya.

BAB V

PENUTUP

Penggunaan bahan tradisional tembakau, cengkeh, dan pelepah pisang telah diketahui efektif sebagai bahan konservasi untuk cagar budaya kayu. Bahan-bahan tersebut telah terbukti secara ilmiah baik efektivitasnya dan kandungan bahan aktifnya. Tinjauan secara statistika bahan-bahan tersebut terbukti efektif karena memberikan dampak pengawetan. Analisis terhadap senyawa aktif dalam bahan tersebut juga telah mampu mengungkap jenis senyawa kimia yang diduga bertanggung jawab dalam kemampuan bahan sebagai pengawet.

Kajian ilmiah yang diuraikan dalam buku ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi para pelestari untuk memilih penggunaan bahan tradisional tersebut. Saat ini penggunaan bahan tradisional untuk konservasi kayu telah umum dilakukan oleh para konservator di lingkungan kepurbakalaan. Beberapa Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala telah menggunakan bahan tradisional tersebut dalam kegiatan konservasinya. Petunjuk teknis konservasi kayu yang diterbitkan oleh Direktorat Peninggalan Purbakala juga mencantumkan metode konservasi dengan bahan tradisional ini.

Pembuktian ilmiah dalam hal efektivitas dan kandungan senyawa aktif dalam bahan tradisional mampu mengungkap kearifan nenek moyang. Kearifan nenek moyang yang berasal dari pengalaman dan pengetahuan turun menurun ternyata memiliki nilai ilmiah yang tinggi. Nenek moyang belum mampu mengungkapkan dan menjelaskan secara ilmiah kearifan tersebut meskipun telah meyakini efektivitasnya dan menggunakannya sehari-hari. Para peneliti yang mempunyai tugas untuk mengungkap lebih jauh dan menjelaskan secara ilmiah praktek-praktek kearifan budaya nenek moyang tersebut.

Sebenarnya masih sangat banyak praktek-praktek kearifan budaya nenek moyang yang tersebar di berbagai daerah di Indonesia. Kearifan lokal (local genius) tersebut banyak yang masih dilaksanakan dan diwariskan secara turun-temurun. Perkembangan teknologi sering kali menggeser kearifan budaya tersebut sehingga semakin sedikit yang ditransformasikan ke generasi selanjutnya. Meskipun kemudian diketahui bahwa praktek kearifan lokal sebenarnya lebih baik dibanding metode modern yang menggunakan teknologi dan bahan baru. Umumnya praktek kearifan lokal memiliki keunggulan dalam hal ramah lingkungan, sumber bahan yang terbarukan, dan ketepatan dosis. Sedangkan metode modern menggunakan bahan yang terlihat sangat efektif namun kurang ramah lingkungan dan sering timbul efek samping.

Berbagai kearifan lokal yang dapat dimanfaatkan dalam konservasi benda cagar budaya penting untuk dikaji dan dikembangkan sebagai kekayaan budaya bangsa. Buku ini baru mengungkap sebagian kecil dari kearifan budaya tersebut. Diharapkan langkah ini baru sebagai pemicu bagi usaha-usaha serupa untuk mengungkap kearifan budaya nenek moyang yang dapat diangkat kembali di masa sekarang dan masa yang akan datang. Berbagai identifikasi dan penelitian-penelitian ilmiah masih harus terus dilakukan pada berbagai material dan sumber budaya lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan. M, (1997), *Tehnik Kromatografi untuk Analisis Bahan Makanan*, Penerbit Andi, Jogjakarta.
- Budianto, A. D, (1996), *Sistem Pengeringan Kayu*, Kanisius SMTIK PIKA Semarang, Jogjakarta.
- DPU, (1987), *Spesifikasi Kayu Awet untuk Perumahan dan Gedung*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Dumanauw. JF, (1982) *Mengenal Kayu*, Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.
- Hunt. GM, Garratt. GA, (1986), *Pengawetan Kayu* (diterjemahkan oleh Mohammad Jusuf), Penerbit Akademika Presindo, Jakarta.
- Munnikendam, (1972), Low Molecular Weight Epoxy Resins for the Consolidation of Decayed Wooden Objects, *Studies In Conservation*, The Journal of The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.
- Nandika. D, Rismayadi. Y, Diba. F, (2003), *Rayap Biologi dan Pengendaliannya*, Muhammadiyah University Press, Surakarta.
- Parwoto, Kuku, Gunawan. A, (2004), Laporan Studi *Pengawetan Kayu Secara Tradisional*, Balai Studi & Konservasi Borobudur, Magelang.
- Parwoto, Kuku, Gunawan. A, (2005), Laporan Studi *Pengawetan Kayu Secara Tradisional (Lanjutan)*, Balai Konservasi Peninggalan Borobudur, Magelang.
- Sastrohamidjojo. H, (2002), *Kimia Minyak Atsiri*, FMIPAUGM, Jogjakarta.
- Sjostrom. E, (1995) *Kimia Kayu, Dasar-dasar dan Penggunaannya* (Edisi Kedua), Gajah Mada University Press.
- Stahl. E, (1969), *Thin-Layer Chromatography*, A Laboratory Handbook, Springer-Toppan, Tokyo.
- Sudarmaji. S, Haryono. B, Suhardi, (1981), *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, Liberty, Jogjakarta.
- Suranto. Y, (2002), *Pengawetan Kayu Bahan dan Metode*, Penerbit Kanisius, Jogjakarta.
- Mondang, J.I & IKN Pandit, (1997). *Pedoman Identifikasi Jenis Kayu di Lapangan*, Penerbit PROSEA Network Office, Yayasan Prosea Bogor, Pusat Diklat Pegawai dan SDM Kehutanan.

