

© 2005 Trisna Priadi
Makalah pribadi
Pengantar Falsafah Sains (PPS702)
Sekolah Pasca Sarjana/ S3
Institut Pertanian Bogor

Posted: 15 January 2005

Dosen penanggung jawab:
Prof. Dr. Ir. Rudy C. Tarumingkeng, MF.
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto, MSc.
Dr. Hardjanto, MS.

PELAPUKAN KAYU OLEH JAMUR DAN STRATEGI PENGENDALIANNYA

Oleh:
Trisna Priadi
E061040011
tpriadi@bima.ipb.ac.id

I. Pendahuluan

Kayu merupakan bahan dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Pemanfaatannya telah begitu luas dalam berbagai fungsi penyokong kehidupan, antara lain: sebagai peralatan rumah tangga (furniture, perkakas, dsb.), perumahan dan gedung, kesenian dan olah raga, sarana transportasi (darat, laut dan udara), dsb. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan perkembangan peradaban manusia, maka kebutuhan kayupun semakin tinggi. Bahkan cenderung terjadi ketidak-seimbangan antara kebutuhan kayu dengan ketersediaan kayu dari hutan.

Secara umum pemanfaatan dan pengolahan kayu di Indonesia masih belum efisien, terbukti dengan masih banyaknya limbah yang dihasilkan dan belum termanfaatkan dengan baik sejak penebangan pohon dari hutan, selama pengolahan kayu, dan dalam penggunaannya yang pendek umur pakainya. Peran faktor perusak kayu hayati sangat besar dalam terjadinya inefisiensi pengolahan dan pemanfaatan kayu ini. Ragam dan jumlah faktor perusak hayati ini sangat tinggi di Indonesia yang berada di daerah tropis.

Permasalahan keterbatasan sumber daya kayu, inefisiensi pengolahan dan berbagai kelemahan serta ancaman pada kayu dan produk kayu seperti tersebut di atas menuntut sentuhan teknologi yang secara terus-menerus perlu dikembangkan. Sekurang-kurangnya

pengembangan teknologi dalam peningkatan ketersediaan kayu secara berkelanjutan dan pengolahannya yang efisien, efektif serta menghasilkan nilai guna dan ekonomi yang optimum.

II. Permasalahan

Kayu merupakan bahan alami yang serba guna didukung oleh banyak keunggulan komparatif dibanding bahan lainnya (metal, semen, plastik, dsb). Di sisi lain kayu juga memiliki berbagai kelemahan, salah satu yang sangat penting di antaranya adalah kayu dapat terdegradasi oleh faktor biologis (jamur, rayap, kumbang, penggerek laut, dsb.).

Deteriorasi kayu oleh faktor biologis (khususnya jamur) telah menimbulkan kerugian yang sangat besar dan pemborosan pemanfaatan sumber daya alam/ hutan. Pengendalian deteriorasi kayu ini akan meningkatkan efisiensi pengolahan dan pemanfaatannya serta menekan konsumsi kayu dari hutan yang kini angka deforestasi di Indonesia demikian tinggi. Berdasarkan data dari WALHI yang dilaporkan oleh Fadli (2004), kecepatan penyusutan hutan alam antara tahun 1984 dan 1998 adalah sebesar 1,6 juta hektar per tahun, dan saat ini telah melampaui 2,4 juta hektar per tahun; salah satu angka kerusakan hutan tertinggi di dunia.

Pengendalian deteriorasi kayu oleh jamur pelapuk perlu dirumuskan dan difahami dengan baik, sehingga disamping terlindunginya kayu/ produk kayu, faktor kesehatan dan keamanan bagi manusia dan lingkungan tidak terabaikan.

III. Tujuan Penulisan

Karya tulis ini secara khusus bertujuan untuk mengungkap fenomena deteriorasi kayu oleh jamur pelapuk yang banyak menimbulkan kerugian ekonomi dan inefisiensi pemanfaatan kayu. Selain itu, melalui karya tulis ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat dalam pencegahan dan penanggulangan kerusakan kayu/ produk berbahan kayu dari serangan jamur yang mungkin terjadi dalam pengangkutan, pengolahan dan penyimpanan kayu di industri pengolah kayu, di tempat tinggal, di perkantoran, atau pada fasilitas lainnya yang penting dalam kehidupan manusia.

IV. Kayu Sebagai Bahan Baku

Pemahaman tentang deteriorasi kayu oleh faktor biologis (jamur) dan pengendaliannya harus dilandasi dengan pemahaman tentang karakteristik kayu dan jamur

yang menjadi agen perusakanya. Sebagaimana bahan alami lainnya, kayu memiliki keunggulan dan kelemahan yang harus difahami untuk penggunaannya yang rasional.

Sifat-sifat unggul kayu telah menjadikannya sebagai bahan yang tak tertandingi oleh bahan alami lainnya dan semakin meningkat kebutuhannya. Diantara keunggulan komparatif kayu dijelaskan oleh Tsoumis (1991), yaitu: kayu memiliki nilai estetika yang menonjol tersedia dalam berbagai warna, corak, dan penampilan yang menarik serta memberikan kenyamanan untuk disentuh dan dilihat; kayu sangat kuat dibanding bahan lain dalam satuan berat yang sama; kayu bersifat isolator panas dan listrik sehingga memberikan suhu yang relatif stabil dan menghambat perambatan panas; kayu memiliki sifat akustik yang baik sehingga dapat digunakan dalam pembuatan berbagai alat musik; tidak berkarat; sangat tahan terhadap reaksi asam lemah; mudah pengerjaannya/ permesinannya dengan konsumsi energi yang relatif kecil; dapat dipaku dan diikat dengan metal penghubung maupun dengan perekat; kayu merupakan sumber selulosa yang merupakan bahan dasar berbagai produk; kayu dapat terdegradasi dan merupakan sumber energi; kayu mudah diperoleh di berbagai tempat dan merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui.

Sebagai bahan baku juga kayu memiliki beberapa kelemahan, antar lain adalah: bersifat higroskopik yang diiringi dengan perubahan dimensi dan bentuk; bersifat anisotropik dengan keragaman sifat fisik dan mekanik pada arah struktur yang berbeda; kayu memiliki sifat struktur yang berbeda-beda karena dalam pertumbuhannya dalam pohon dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan dan genetik pohon tersebut; selain itu kayu juga dapat terbakar dan lapuk (Tsoumis, 1991). Dari sekitar 4000 jenis kayu Indonesia, hanya sekitar 20 % yang memiliki keawetan alami yang tinggi. Jadi sebagian besar rawan terserang organisme perusak kayu (\pm 80 % kayu termasuk kelas awet III dan IV)..

1. Kimia Kayu

Komponen kimia utama penyusun struktur kayu terdiri dari selulosa (sebagai framework/ kerangka), hemiselulosa dan poliskarida lainnya (sebagai matriks/ bahan pengisi atau medium) dan lignin (encrusting material/ pembungkus) (Sarkanen and Ludwig, 1971). Selulosa berperan besar dalam memberikan kekuatan tarik pada kayu, sedangkan lignin memberi kekuatan tekan dan mencegah pelipatan mikrofibril. Selulosa dan lignin diikat dengan hemiselulosa. Dibanding softwood, proporsi lignin dalam hardwood lebih

sedikit, tapi kandungan selulosa, hemiselulosa, dan ekstraktifnya relatif tinggi (Walker, 1993).

Selulosa adalah komponen terbesar struktur kayu (40-50 % berat kering). Selulosa merupakan polimer murni tersusun dari rantai-rantai lurus dan panjang dari beta-1,4-glukosa (Deacon, 2004). Rantai-rantai selulosa bersatu membentuk bundel yang dinamakan mikrofibril. Dalam setiap mikrofibril ada daerah kristalin dan daerah amorf. Daerah kristalin terdiri dari selulosa yang paralel, sedangkan daerah amorf terdiri dari selulosa yang orientasinya acak (Wilcox, 1973).

Proporsi hemiselulosa dalam kayu adalah sekitar 25-40 % berat kayu (Deacon, 2004). Hemiselulosa merupakan polisakarida yang terdiri dari gula-gula pentosa (L-arabinose and D-xylose) dan gula-gula hexosa (D-glucose, D-mannose and D-galactose). Kelarutan dan kepekaan hemiselulosa terhadap hidrolisis lebih besar dibanding selulosa (Walker, 1993).

Lignin dalam kayu berkisar antara 20-35 %, merupakan polimer tiga dimensi yang terdiri dari tiga tipe unit phenil-propane (Deacon, 2004). Lignin memiliki struktur yang amorf (tidak kristalin). Pada umumnya lamela tengah, dinding primer dan lapisan S1 memiliki proporsi lignin tertinggi, diikuti kemudian oleh hemiselulosa dan selulosa (Walker, 1993).

Dalam lapisan S2 dan S3 proporsi selulosa lebih tinggi daripada komponen lainnya, terutama yang tertinggi ada pada S2. Walau demikian sekitar 75 % lignin ada dalam dinding sekunder, sedangkan dalam lamela tengah dan ujung sel hanya 25 %, karena dinding sekunder sangat tebal (Walker, 1993). Pada Lapisan S3 (dalam beberapa hardwood), kadar ligninnya relatif tinggi (Wilcox, 1973). Keberadaan lignin menyebabkan kayu menjadi kaku, melindungi kayu dari degradasi kimia dan fisik, serta meningkatkan stabilitas dinding sel (Sarkanen and Ludwig, 1971). Lignin sangat tahan dari serangan enzim dan menyelimuti komponen utama kimia kayu lainnya (Deacon, 2004).

Selain tiga komponen utama penyusun dinding sel kayu (selulosa, hemiselulosa dan lignin), terdapat juga bahan yang menempati lumen dan dinding sel yang dinamakan zat ekstraktif. Ekstraktif terdiri dari berbagai senyawa yang dapat diekstrak/ dikeluarkan dari kayu dengan pelarut polar atau non polar. Contoh ekstraktif yang larut air adalah: karbohidrat, asam-asam resin, asam lemak, trigliserida, dan senyawa-senyawa ester dan netral (sterol) lainnya (Uprichard, 1993). Yang larut alkali encer (NaOH) adalah getah dan resin. Beberapa pelarut organik (ether, benzene and alkohol-benzene) dapat mengeluarkan lemak, lilin, dan resin dari kayu. (Brauns, 1952).

Kadar ekstraktif dalam kayu sekitar 1 % - 2 %, tergantung jenis kayu dan posisinya dalam pohon. Umumnya kadar ekstraktif menurun dengan semakin tinggi posisi pada pohon dan jauh lebih banyak pada kayu teras dibanding pada kayu gubal. Ekstraktif seperti senyawa polyfenol berperan dalam meningkatkan ketahanan kayu dari biodeteriorasi. Keberadaan fenol dan tanin berdampak pada pewarnaan dan karat pada pengerjan kayu. Kadar ekstraktif yang tinggi dapat menimbulkan masalah dalam pembuatan kertas. Kayu juga mengandung komponen anorganik, seperti kalsium, magnesium, dan potasium yang kadarnya sekitar 0.1 % – 0.3 %. Bahkan di daerah tropis bisa mencapai 0.5 % terutama karena kandungan silika yang bermasalah dalam permesinan kayu (Walker, 1993).

2. Struktur Anatomi Kayu

Struktur kayu beragam antar spesies, dalam spesies yang sama, bahkan beragam antar bagian dalam dalam satu pohon. Secara umum ada dua kelompok jenis kayu, yaitu hardwood (kayu dari pohon berdaun lebar, anggota dari *Angiospermae*) dan softwood (kayu dari pohon daun jarum *Gymnospermae*). Secara anatomi, kedua kelompok jenis kayu tersebut dapat dengan mudah dibedakan, salah satunya dengan melihat keberadaan sel pori (vessel). Hardwood memiliki pori, sedangkan softwood tidak memiliki pori (Butterfield, 1993).

Pada umumnya warna kayu lebih gelap di bagian tengah batang pohon, yang dinamakan kayu teras, sedangkan di bagian luarnya disebut kayu gubal. Karena keberadaan ekstraktif dalam lumen dan dinding sel, yang menyebabkan kayu teras berbeda sifat dengan kayu gubal. Kayu teras sering kali menjadi lebih aromatik dan lebih tahan dari biodeteriorasi dibanding kayu gubal (Butterfield, 1993).

Iklim juga berpengaruh terhadap struktur kayu sehingga terbentuk kayu awal dan kayu akhir. Kayu awal yang dibentuk di musim semi dan panas memiliki saluran pembuluh dan lumen sel relatif besar, sedangkan dinding selnya tipis. Kayu akhir dibentuk pada musim gugur dan dingin dengan sel yang lebih kecil dan dinding sel yang lebih tebal. Kayu awal dan kayu akhir membentuk pola konsentrik pada penampang lintang kayu yang dinamakan lingkaran tahun (riap tumbuh) (Wilcox, 1973).

Kayu tersusun dari beragam sel yang dalam hardwood (kayu daun lebar) lebih kompleks daripada dalam softwood (kayu daun jarum). Softwood didominasi oleh trakeid yang berfungsi sebagai penguat struktur dan penyalur (Wilcox, 1973). Sedangkan proporsi struktur terbesar dalam hardwood adalah sel-sel serabut. Semakin tinggi proporsinya, semakin padat kayunya. Sel serabut memanjang secara aksial dengan lumen kecil;

ujungnyanya meruncing; panjangnya antara 0.25 mm dan 1.5 mm (umumnya kurang dari 1 mm). Dibanding serabut, sel-sel trakeid, penyusun utama softwood lebih panjang (Butterfield, 1993). Serangan mikroorganisma pada sel serabut akan berdampak serius pada sifat mekanis kayu (Wilcox, 1973).

Struktur penting pada dinding sel yang merupakan sarana pergerakan cairan antar sel adalah pit (noktah). Noktah merupakan lubang yang menembus dinding sel yang paling tidak sebagiannya tertutup membran. Pada sel trakeida dan serabut, noktah bertipe pembatas berlubang-lubang yang terbentuk dari dinding sekunder. Sedangkan dalam sel parenkim, noktah bertipe sederhana yang dibatasi membran tipis. Dalam degradasi kayu noktah menjadi sarana penyebaran antar sel bagi organisma perusak (Wilcox, 1973).

Sel kayu umumnya tersusun dari dinding primer dan dinding sekunder. Dinding primer terdiri dari mikrofibril yang terdistribusi relatif acak dibanding pada dinding sekunder. Dinding sekunder jauh lebih tebal daripada dinding primer, dan terdiri dari tiga lapisan: S1, S2, dan S3 yang tersusun berurutan dari luar ke dalam setelah dinding primer. Setiap lapisan tersusun terdiri dari sejumlah mikrofibril dengan orientasi yang khas pada setiap lapisan. Orientasi mikrofibril pada lapisan S2 hampir sejajar sumbu, sedangkan pada lapisan S1 dan S3 orientasinya membentuk sudut lebih besar terhadap sumbu (Walker, 1993).

Sel pembuluh (pori) merupakan elemen penyalur dalam hardwood, sedangkan dalam softwood trakeida bertindak sebagai elemen pendukung/ penguat sekaligus sebagai elemen penyalur. Selain itu ada sel jari-jari yang memanjang pada arah radial dari empulur sampai akhir kayu gubal. Sel jari-jari pada hardwood umumnya lebih beragam dan sering lebih besar dibanding pada softwood. Jari-jari ini dapat menyusun 15 % - 50 % volume kayu (Butterfield (1993). Saluran pembuluh (pori) yang ukurannya bervariasi dan menjadi sarana yang baik bagi penyebaran longitudinal bagi jamur. Ukuran pori dalam kayu awal relatif lebih besar dibanding dalam kayu akhir (Wilcox, 1973).

Sel-sel parenkim merupakan gudang penyimpanan makanan. Sel parenkim berdinding tipis, sehingga semakin banyak sel parenkim, semakin ringan dan tidak kuat kayu. Pada hardwood, formasi parenkim aksial menjadi salah satu ciri identifikasi antar jenis kayu (Haygreen and Bowyer, 1989). Sel parenkim longitudinal yang tersebar di antara trakeid dan berkelompok mengitari saluran resin menjadi sarana penyebaran yang baik bagi jamur, karena merupakan tempat penimbunan bahan makanan dan berdinding tipis. Demikian pula halnya dengan jari-jari yang terutama terdiri dari sel parenkim sehingga menjadi sarana penyebaran jamur ke arah transversal. Penghilangan timbunan

makanan dan merusak dinding sel jari-jari dapat berefek baik terhadap pergerakan cairan dalam kayu (Wilcox, 1973).

V. Jamur Pelapuk Kayu

Indonesia yang terletak di daerah tropis memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi sehingga dikenal juga dengan megabiodiversity. Termasuk di dalamnya adalah jumlah dan keragaman jamur pelapuk kayu. Hal ini didukung oleh kondisi lingkungan yang pada umumnya sangat mendukung bagi kehidupan jamur, yaitu tanah yang kaya hara / bahan organik serta udara yang hangat dan lembab.

Dulu jamur diklasifikasikan ke dalam dunia (kingdom) tumbuhan, sekarang memiliki dunia sendiri. Jamur memiliki keragaman jenis yang sangat tinggi dan memiliki kemampuan berkembang biak dengan cepat. Jamur tidak memiliki klorofil sehingga tidak bisa menghasilkan gula dan pati sendiri, melainkan memperolehnya dengan cara mendekomposisi berbagai macam bahan organik. Reproduksi terjadi dengan pembentukan spora dalam jumlah yang banyak. Ketika spora mendapatkan media tubuh yang sesuai, maka berkecambah, membentuk hifa yang bercabang-cabang dan menembus media (kayu).

Hifa menyebar di dalam kayu menguraikan dinding sel sehingga terjadi penurunan kekuatan kayu. Hifa yang banyak membentuk jaringan yang dinamakan miselium. Pada tingkat serangan yang lebih lanjut dibentuk pula tubuh buah dalam berbagai bentuk (seperti payung, berdaging, lembaran-lembaran, dsb.) pada media. Dalam tubuh buah inilah dihasilkan spora (Baker, 2004).

Ada dua kelompok utama jamur pelapuk kayu, yaitu jamur pelapuk putih (JPP) dan jamur pelapuk coklat (JPC). Tingkat serangan dan daya adaptasi organisme-organisme tersebut juga sangat bervariasi. Disamping itu ada juga jamur pelapuk lunak (JPL) yang tingkat degradasinya relatif lebih kecil dari kedua jenis jamur sebelumnya. Salah satu contohnya adalah *Chaetomium* sp. (Deacon, 2004). JPL secara taksonomi termasuk ke dalam subdivisi Ascomycota dan Deuteromycota (Blachette, 2004).

Beberapa contoh JPP adalah *Panus stipticus* (Bull) Fr.; *Trametes (Fomes) pini* (Thore ex Fr.) Fr pada spruce dan birch; *Ganoderma (Polyporus) curtisii* (Berk.) Murr. dalam oak dan *Polyporus versicolor* L. ex Fr. (Wilcox, 1973), *Armillaria mellea*, *Heterobasidion annosum*, *Coriolus versicolor* (Basidiomycota), *Xylaria hypoxylon*, dan *X. polymorpha* (Ascomycota), *Phellinus megaloporus* dan *Poria contigua*. Adapun jamur pelapuk coklat hanya mencakup 6% dari seluruh jamur pelapuk kayu. Semuanya tergolong

ke dalam *Basidiomycota*, seperti *Serpula lacrymans* (dry-rot fungus), *Piptoporus betulinus* (Deacon, 2004), *Poria monticola* dan *Serpula lacrymans*.

JPC adalah jamur terpenting dalam pelapukan kayu softwood yang digunakan pada konstruksi di atas tanah di US. Beberapa JPC memiliki struktur seperti akar dinamakan *rhizomorphs* yang berfungsi sebagai pipa penyalur air sehingga bisa menyerang kayu yang relatif kering. Maka jamur ini dinamakan juga jamur pelapuk kering (dry rot fungi).

Deacon (2004) melaporkan bahwa jamur pendegradasi kayu harus memiliki kemampuan khusus untuk mengatasi tiga hambatan utama pada kayu, yaitu:

1. Kayu merupakan substrat organik yang kompleks. Hanya sedikit bahan yang dapat mudah digunakan jamur (seperti: gula sederhana dan pati) yang terutama berada terutama pada sel-sel parenkim jari-jari.
2. Kadar nitrogen (< 0.1 %) dan fosfor dalam kayu rendah. Kedua elemen mineral tersebut diperlukan jamur dalam jumlah yang banyak untuk pertumbuhannya.
3. Keberadaan senyawa-senyawa (ekstraktif) yang bersifat racun bagi jamur, terutama pada bagian kayu teras, seperti tanin dalam kayu daun lebar, dan berbagai senyawa fenolik (terpene, stilbene, flavanoid, dan tropolone) dalam kayu daun jarum.

VI. Pelapukan Kayu oleh Jamur

1. Peristiwa dan Dampak Pelapukan Kayu

Masalah pelapukan kayu telah dirasakan sejak manusia belajar membangun dengan kayu. Kini pelapukan kayu pada bangunan mendapat perhatian yang semakin besar karena dapat menimbulkan kerusakan bangunan hanya dalam beberapa tahun saja. Kerusakan tersebut sering sulit atau bahkan tidak bisa diperbaiki, kecuali dengan mengganti komponen yang mengalami kerusakan tersebut.

Di antara mikroorganisme yang menyerang kayu, jamurlah yang paling merusak karena dapat mengakibatkan kerusakan struktur. Walaupun deteriorasi kayu oleh jamur tidak seluas dan secepat deteriorasi oleh rayap, kerugian yang diakibatkan serangan jamur pada kayu dan produk kayu harus mendapat perhatian yang serius karena menimbulkan kerugian ekonomi yang nyata. Selain itu dalam rangka efisiensi pemanfaatan kayu dan menekan konsumsi kayu dari hutan, maka deteriorasi kayu/ produk kayu oleh jamur harus dicegah atau diatasi.

Berikut adalah berbagai berita yang dikutip dari media masa terkait dengan dampak pelapukan kayu:

- Rumah adat Banjar di Desa Lawahan, Cembaka, Kecamatan Tapin Selatan, Kabupaten Tapin, kondisinya sangat memprihatinkan, padahal rumah adat itu satu-satunya di Tapin. Tiang penopang dan dinding yang terbuat dari kayu rata-rata sudah lapuk. Sebagian tiang penopang bangunan telah putus, tepatnya di permukaan tanah antara tiang yang menancap ke tanah dengan tiang ke penghubung ke lantai, sehingga sekilas rumah itu menggantung. Demikian pula dengan lantainya ada sebagian yang lapuk terutama pada konstruksi di bagian dalam, tepatnya di ruangan induk. Lebih menghawatirkan lagi pada bagian atas bangunan tersebut atapnya telah lapuk (Banjarmasin Post, 2004).
- Atap sekolah dasar negeri (SDN) 06 Karawaci, Tangerang ambruk pada hari Senin (29-3-2004). Atap tersebut ambruk karena kayu-kayunya sudah lapuk. Walaupun tidak ada siswa yang menjadi korban, kerusakan tersebut memerlukan biaya rehabilitasi yang tidak sedikit. Selain itu, juga mengganggu jalannya kegiatan belajar 252 siswa di sekolah itu (Republika, 2004).
- Menurut Kepala Subdin Sarana Prasarana dan Kurikulum (Prasakur) Dinas Pendidikan Kab. Sumedang, Drs. Dadi Mulyadi, hampir 60% bangunan sekolah dasar dan madrasah ibtidaiyah (SD/MI) di Kab. Sumedang saat ini kondisinya rusak. Akibatnya banyak murid yang terpaksa belajar di balai dusun sekitar sekolah tersebut. Untuk memperbaikinya diperlukan anggaran sebesar Rp 50 miliar (Pikiran Rakyat, 2004).
- Atap ruang kelas X-D SMA Negeri 4 Kotabumi, Lampung Utara, ambruk saat berlangsung proses belajar mengajar pada hari Jumat (23-10-2004). Akibatnya, 13 siswa dan seorang guru luka-luka tertimpa genting dan kayu. Musibah ini terjadi karena kayu-kayu penyangga genting sudah lapuk (Sinar Harapan, 2004).

Dari gambaran peristiwa-peristiwa di atas jelaslah bahwa pengabaian terhadap masalah pelapukan kayu menimbulkan kerugian ekonomi yang tidak sedikit. Untuk memperbaiki bangunan yang rusak/ lapuk, disamping diperlukan biaya untuk bahan-bahan dan upah sering juga diiringi kerugian ekonomi lain akibat kerusakan bangunan tersebut atau bahkan biaya untuk sewa gedung pengganti sementara, yang terkadang tidak dinominalkan.

Resiko kerusakan bangunan terhadap kesehatan dan keselamatan hidup manusia tidak bisa dinilai dengan rupiah. Pelapukan kayu yang sering berasosiasi dengan kebocoran dan kelembaban ruang, menimbulkan kekotoran, dan bau dapat memicu berjangkitnya penyakit yang mengganggu kesehatan dan kualitas hidup penghuninya.

Bahkan luka-luka dan korban jiwa sangat mungkin terjadi karena lapuknya komponen struktur suatu bangunan yang ditinggalinya.

Gangguan terhadap aktifitas dan kehidupan manusia juga menjadi masalah di sisi yang lain, terutama bangunan sekolah, sebagai sarana pencerdasan anak bangsa. Bila tidak ada langkah nyata untuk menyelamatkan mereka dari gangguan seperti ini bisa menjadi ancaman masa depan bagi negeri ini.

Kerusakan produk kayu yang merupakan hasil olahan dengan rendemen yang masih rendah, tentu memiliki konsekuensi yang lebih berat dibanding kerusakan/ pelapukan pada log atau pohon. Misalkan saja dengan rendemen kayu bangunan yang masih kurang dari 50 %, per meter kubik bahan kayu yang digunakan untuk rumah adalah merupakan konversi dari bahan mentah kayu lebih dari 2 m³. Ini belum memperhitungkan bagian-bagian pohon yang tidak dimanfaatkan, belum juga terhitung dampak penebangan tiap pohon terhadap kerusakan tanaman lain, tanah, air, udara, dsb. Dengan kata lain pencegahan kerusakan/ pelapukan pada produk kayu akan memberikan efek terhadap kelestarian hutan di tanah air ini.

2. Karakteristik dan Mekanisma Pelapukan Kayu

Kenapa jamur menyerang kayu? Paling tidak ada dua alasan bagi jamur untuk menyerang kayu. Pertama, kayu merupakan bahan berlignoselulosa yang kaya nutrisi bagi jamur. Jamur tidak seperti tumbuhan lainnya yang punya klorofil, tidak mampu menghasilkan nutrisinya sendiri melalui fotosintesis. Jamur harus menguraikan bahan organik yang telah tersedia menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana sebagai nutrisinya dengan bantuan enzim-enzim yang dihasilkannya. Ke dua, kayu merupakan substrat yang diperlukan untuk media tumbuh dan berkembang biak bagi jamur. Kayu merupakan bahan higroskopik yang yang bisa menyerap kelembaban/ air dari sekitarnya. Dalam konstruksi, kayu yang sering terkena air hujan langsung, bocoran, atau terkena tempiasnya, sering menjadi media tumbuh jamur yang baik, terutama bila kayu yang digunakan tergolong tidak awet dan tidak diberi perlakuan yang dapat meningkatkan ketahanannya dari serangan mikroorganisma, seperti perlakuan pengawetan dengan bahan kimia.

Ada dua tipe utama pelapukan, yaitu lapuk coklat dan lapuk putih. Secara umum, distribusi hifa pada kedua tipe pelapukan tersebut tidak banyak perbedaan. Tapi efeknya terhadap anatomi kayu lebih seragam pada lapuk putih dibanding pada lapuk coklat. Kedua kelompok jamur tersebut lebih suka berpenetrasi melalui noktah pada awal

pelapukan. Selain itu, keduanya membuat lubang pada dinding sel dan rongga yang sejajar dengan mikrofibril pada dinding sekunder (Wilcox, 1973).

Jamur pelapuk putih (JPP) mendekomposisi lignin dan selulosa dari lumen ke luar sehingga dinding sel kayu menipis. Adapun jamur pelapuk coklat (JPC) mendekomposisi selulosa secara acak di seluruh bagian dinding sel, dengan meninggalkan lignin yang mempertahankan bentuk sel hingga tahapan akhir pelapukan sehingga sisa dinding collapse. Perbedaan ketahanan berbagai jaringan, sel dan dinding sel terhadap pelapukan berkaitan dengan perbedaan komposisi kimianya, terutama kadar lignin (Wilcox, 1973).

Jamur mengeluarkan enzim untuk mendegradasi kayu sehingga menjadi bahan makanannya. Diduga bahwa jamur bergerak ke dalam kayu melalui bagian yang paling kecil hambatannya. Sehingga JPP dan JPC pada mulanya secara ekstensif berkoloni pada pori atau jari-jari (hardwood) dan pada saluran resin dan jari-jari (softwood) (Wilcox, 1973).

Hifa jamur harus bisa berpenetrasi ke dalam kayu baik melalui membran noktah maupun menembus dinding sel. Pembentukan lubang pada dinding sel merupakan pembeda jamur pelapuk kayu dengan jamur penghuni kayu lainnya. Mekanisma pemboran dinding sel oleh JPP dan JPC diawali dengan pengeluaran enzim pada ujung hifa penetrasi yang mengurai lubang sebelum hifa masuk. Enzim juga dikeluarkan dari permukaan sisi hifa yang menimbulkan pembesaran lubang pada dinding sel yang ditembus hifa. Enzim JPP dapat berdifusi dan mendegradasi pada jarak tertentu dari hifa yang menghasilkannya (Cowling, 1961 dalam Wilcox, 1973).

Serangan kedua jenis jamur tersebut mengakibatkan kehilangan berat kayu, berarti ada bagian dinding sel yang hilang. Umumnya pada kayu lapuk putih sedikit/ tidak terlihat penyusutan kayu atau collapse, sehingga bentuk kayu relatif tidak berubah walau pada tahap pelapukan lanjut (Wilcox, 1973). Selain itu ciri serangan JPP adalah tidak ada retak melintang serat. Kehilangan kekuatannya juga bertahap hingga kayu menjadi seperti spong. Umumnya JPP menyerang hardwood, tapi bisa juga menyerang softwood.

Dalam lapuk putih semua komponen utama kayu terdekomposisi dan digunakan oleh jamur. Dalam lapuk putih tidak ada retak melintang, kayu menjadi pucat, kadang-kadang berbercak-bercak atau bergaris-garis putih, bahkan bisa terurai menjadi serat-serat putih. Dalam beberapa lapuk putih, selulosa masih utuh (Baker, 2004).

Laju konsumsi selulosa dan hemiselulosa oleh jamur pelapuk putih (JPP) relatif sama, sedangkan lignin relatif lebih cepat didegradasinya. Beberapa JPP lebih dulu

menghilangkan lignin dan hemicellulose, walau pada akhirnya semua komponen dinding sel dirusaknya (Highley and Dashek, 1998).

Jamur pelapuk coklat (JPC) mengkonsumsi selulosa dan hemiselulosa, sedangkan lignin hanya dimodifikasi yang ditandai dengan adanya dimetilasi dan akumulasi hasil oksidasi polimer lignin. JPC menyebabkan kayu berwarna gelap, menyusut dan terserpih-serpih seperti batu bata yang mudah hancur menjadi tepung berwarna coklat (Highley and Dashek, 1998).

Kayu lapuk memiliki kerapatan yang lebih rendah daripada kayu normal, mengalami kehilangan kekuatan, menyusut secara berlebihan ketika mengering, mengalami perubahan warna dan sering diiringi perubahan bau. Pada pelapukan lanjut kayu menjadi lunak dan seperti spong, berserabut, berlubang-lubang dan rapuh. Kehilangan berat lapuk coklat adalah sekitar 70 % karena lignin masih ada. JPC biasanya menyebabkan penurunan kekuatan yang lebih cepat daripada yang disebabkan oleh JPP (Baker, 2004).

Kehilangan berat maksimum pada kayu lapuk coklat hanya 65 – 70 persen. Dinding sel tidak menipis seperti kayu lapuk putih. Bentuk sel pada awal pelapukan tidak berubah karena tertahan oleh kerangka lignin yang tersisa. Pada pelapukan lanjut dinding sel collapse mengakibatkan pengurangan ukuran sel dan ketebalan dinding. Collapse sangat beragam antar sel dan menyebabkan retak kayu yang lapuk akibat serangan JPC (Schulze dan Theden, 1938 dalam Wilcox, 1973).

Selain kerusakan mikroskopik kayu yang relatif beragam (dibanding JPP), serangan JPC pada hardwood berbeda dengan pada softwood. Dekomposisi oleh JPC dimulai dari lapisan S2, sedangkan JPP memulainya dari dinding lumen (Meier, 1955), yaitu dengan terbentuk rongga-rongga atau kerusakan total dalam lapisan S2, sedangkan lapisan S3 tetap utuh, walaupun hifa ada dalam lumen dan melekat pada lapisan S3 (Liese, 1963 dalam Wilcox, 1973).

Lapisan S3 relatif lebih tahan dari degradasi JPC (Jurasek (1958). Lapisan S2 lebih tahan dari degradasi enzim perusak lignin daripada degradasi enzim perusak selulosa (Necesany (1957). Bagian yang paling tahan dari serangan kedua jenis jamur adalah lamela tengah, terutama bagian ujung. Kerusakan lamela tengah terjadi pada pelapukan lanjut oleh JPP (Meier, 1955). Saluran pembuluh juga relatif tahan dari degradasi JPC (Meier, 1955) (Wilcox, 1973).

Walaupun tidak seberat kerusakan lapuk putih dan coklat jamur pelapuk lunak (JPL) sering menimbulkan masalah juga. Jamur pelapuk lunak mendegradasi selulosa dan

hemiselulosa, khususnya pada kayu berkadar air dan nitrogen yang tinggi, seperti pada jendela, lantai, pagar, dsb. Nitrogen diperolehnya dari tanah atau udara (Deacon, 2004). Akibatnya serangan JPL permukaan kayu menjadi lunak secara bertahap dan dangkal (3-4 mm) dari permukaan ke dalam. Warna kayu juga menjadi gelap.

Lapuk lunak dapat juga terjadi di tempat kering yang secara makroskopik tampak seperti lapuk coklat. Ciri khas serangan jamur pelapuk lunak (JPL) adalah terbentuknya rongga longitudinal dalam dinding sekunder kayu dan terjadinya erosi dinding sekunder. Lamela tengah tidak terdegradasi JPL, tapi dapat termodifikasi pada pelapukan tingkat lanjut. Lapuk lunak bisa menurunkan kekuatan kayu juga. Dalam pelapukan oleh JPL terjadi kehilangan karbohidrat, yang diiringi dengan peningkatan konsentrasi lignin dalam sisa kayu (Blachette, 2004).

Kerusakan kayu oleh jamur pelapuk mungkin semakin berat karena dapat mengundang perhatian beberapa jenis serangga perusak kayu. Banyak serangga yang tertarik menyerang kayu berkadar air tinggi, contohnya adalah rayap kayu lembab dan rayap tanah. Hal lain yang disukai rayap adalah kondisi lembab dan hangat. Sehingga sarang rayap sangat ideal untuk pertumbuhan jamur yang menjadi sumber protein dan vitamin bagi rayap. Akumulasi kotoran rayap dalam sarang membantu pertumbuhan jamur.

Sejumlah kumbang berasosiasi dengan kelembaban yang tinggi dan jamur dalam furniture. Kumbang anobiidae biasanya tertarik oleh kelembaban dan jamur. Larva anobiidae memakan kayu. Larva anobiidae tidak dapat hidup dalam kayu berkadar air kurang dari 12%. Semakin kering kayu semakin lambat pertumbuhannya. Kumbang lainnya yang berasosiasi dengan jamur disebut sebagai “kumbang jamur”, contohnya adalah: Cisidae, Cryptophagidae, Lathridiidae, Tenebrionidae, dan Cucujidae.

3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur Pelapuk Kayu

Indonesia yang terletak di daerah tropis memiliki lingkungan yang kondusif bagi kehidupan jamur perusak kayu. Pada umumnya bertanah subur, kaya bahan organik. Udaranya hangat dan lembab sepanjang tahun. Dibanding di daerah subtropis, jumlah dan keragaman agen biodeteriorasi kayu di daerah tropis lebih tinggi. Dengan demikian ancaman biodeteriorasi kayu di daerah tropis lebih besar dibanding di daerah subtropis.

Baker (2004) menjelaskan ada lima faktor kondisi yang penting bagi pertumbuhan jamur. Bila salah satunya tidak ada maka dapat mencegah pelapukan kayu, yaitu:

1. sumber infeksi,

2. substrat yang sesuai (terutama sebagai makanannya),
3. kelembaban,
4. oksigen,
5. temperatur yang sesuai.

Sumber infeksi bisa berupa kayu yang sudah terserang (lapuk) atau tanah karena banyak mengandung bahan organik di mana jamur bisa tumbuh. Bila kayu bersentuhan dengan sumber infeksi tersebut, infeksi bisa terjadi melalui pertumbuhan hifa. Bahkan tanpa kontak langsungpun infeksi bisa terjadi melalui spora yang terbawa angin atau media lain (Baker, 2004).

Kayu merupakan substrat yang sesuai bagi pertumbuhan jamur. Selulosa, lignin dan komponen dinding sel lainnya bisa menjadi sumber makanan bagi jamur. Beberapa jenis kayu secara alamiah lebih tahan daripada jenis kayu lainnya karena mengandung bahan beracun bagi jamur, sehingga kayu teras jarang diserang jamur, kecuali oleh beberapa jenis tertentu saja. Namun, secara umum hampir tidak ada kayu yang tahan dari serangan jamur bila ditempatkan pada kondisi yang memungkinkan pertumbuhan jamur. Ketersediaan makanan jamur dalam kayu dapat dihilangkan dengan perlakuan bahan beracun pada kayu yang tidak membahayakan manusia dan binatang, atau dikenal dengan pengawetan (Baker, 2004).

Pertumbuhan jamur pada kayu sangat dipengaruhi oleh kadar air kayu tersebut. Semua jenis jamur memerlukan kandungan air yang sedang. Bila ketersediaan air berkurang jamur sering kali tidak mati tapi dalam keadaan dorman. Bila kondisi sesuai lagi, walau setelah bertahun-tahun kemudian, pertumbuhan jamur terjadi lagi. Lingkungan lembab diperlukan terutama untuk perkecambahan spora (Baker, 2004).

Kayu selalu mengandung air. Dalam kondisi kering udara (kadar air kayu $\pm 18\%$) kayu biasanya tidak diserang jamur. Jamur pelapuk kayu tumbuh baik pada kayu yang berkadar air sekitar 35-50%. Kesuaian kadar air ini tergantung jenis jamur dan kayunya (Baker, 2004).

Semua jamur pelapuk kayu membutuhkan udara untuk pertumbuhannya. Banyak jenis jamur yang mati dengan cepat jika kekuarangan udara. Jamur membutuhkan oksigen untuk mengoksidasi gula yang digunakannya untuk pertumbuhan dan sebagai sumber energi. Penguraian karbohidrat dalam proses respirasi menghasilkan air dan karbondioksida. Bila tidak terjadi pertukaran udara, jamur dapat keracunan karbondioksida. Contohnya adalah ketika sel terisi penuh dengan air (kayu terendam air), penyediaan udara

terhenti, pertumbuhan jamurpun terhenti. Contoh lain adalah penguburan kayu di bawah permukaan air tanah akan menghentikan penyediaan udara bagi jamur (Baker, 2004).

Pertumbuhan jamur pelapuk kayu sangat dipengaruhi oleh temperatur. Pertumbuhan jamur lebih cepat dalam keadaan hangat daripada dalam keadaan dingin. Temperatur optimum untuk pertumbuhan, bervariasi bagi setiap jenis jamur, tapi pada umumnya adalah sekitar 18°C - 35 °C. Dalam kondisi beku, semua jamur sedikit atau sama sekali tidak tumbuh. Tapi kebanyakan jamur tidak mati sekalipun pada temperatur di bawah titik beku, melainkan dalam keadaan dorman, seperti di musim dingin. Kemudian aktif tumbuh lagi ketika temperatur telah sesuai lagi. Pertumbuhan jamur agak lambat pada suhu di atas 35 °C dan pada umumnya terhenti pada suhu lebih dari 38 °C. Musim panas lebih kondusif untuk serangan jamur disbanding dengan musim dingin. Titik kematian jamur tergantung temperatur, lama pemanasan dan kadar air kayu (Baker, 2004).

Faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan jamur pelapuk kayu adalah cahaya. Cahaya matahari yang intensif dapat mematikan miselium beberapa jenis jamur pelapuk. Umumnya, pertumbuhan jamur pelapuk tumbuh subur dalam intensitas cahaya rendah, tapi tumbuh tidak normal dalam kegelapan (Baker, 2004).

Keasaman kayu juga mempengaruhi pertumbuhan jamur pelapuk kayu. Kebanyakan jamur pelapuk tumbuh subur pada pH yang agak asam, sedikit sekali jamur pelapuk yang toleran terhadap kondisi basa (Baker, 2004). Menurut Tambunan dan Nandika (1989) pertumbuhan optimum jamur adalah pada pH 4.5 – 5.5. Hampir semua jamur dari kelas Basidiomycetes tidak dapat tumbuh pada pH 7 dan 8.

Jamur sendiri menghasilkan asam organik yang meningkatkan keasaman kayu dan menyebabkan karat pada paku atau metal yang berhubungan dengan kayu. Kontaminasi kayu oleh urine atau kotoran meningkatkan kerawanan kayu akan serangan jamur pelapuk (Baker, 2004).

4. Pengaruh Pelapukan Jamur pada Sifat-sifat Kayu

Serangan jamur pelapuk kayu menyebabkan perubahan sifat fisik kayu secara nyata. Tingkat perubahan ini tergantung pada intensitas serangan jamur pada kayu. Menurut Tambunan dan Nandika (1989), diantara perubahan sifat fisik pada kayu lapuk adalah:

- Penurunan berat kayu karena hilangnya beberapa komponen kimia kayu.
- Warna kayu menjadi lebih gelap / kecoklatan setelah diserang JPC dan JPL, sedangkan yang diserang JPP menjadi lebih putih.
- Kayu berbau yang menusuk hidung.

- Kerapatan kayu lapuk menurun drastis.
- Kayu lapuk lebih mudah retak ketika dikeringkan.
- Kadar air kayu lapuk mengalami peningkatan.
- Nilai kalori kayu lapuk mengalami penurunan.

Sifat mekanis kayu turun drastis setelah pelapukan, terutama keteguhan pukul. Selain itu keteguhan lengkung, keteguhan tekan, kekerasan, dan elastisitasnya mengalami penurunan juga (Tambunan dan Nandika, 1989).

VII. Strategi Pengendalian Deteriorasi Kayu oleh Jamur

Dalam upaya mengendalikan serangan jamur pelapuk kayu, langkah-langkah pencegahan (preventive) adalah lebih baik dan lebih diutamakan daripada langkah-langkah penanggulangan (remedial). Secara umum pengendalian serangan jamur bisa dengan memperhatikan, memodifikasi/ menghilangkan faktor-faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhannya. Misalnya kayu akan aman dari serangan jamur bila disimpan pada suhu kurang dari 1.5 °C atau lebih dari 38 °C. Atau dengan membuat kadar air kayu kurang dari 19 %. Cara memutus jalur oksigen bagi jamur bisa dilakukan dengan membuat kayu jenuh air atau dengan merendamnya dalam air. Sumber makanannya juga bisa dimodifikasi sehingga tidak disukai atau bahkan mematikan jamur dengan perlakuan modifikasi kayu atau pengawetan.

1. Langkah-langkah Pencegahan (Preventive)

a. Pengendalian Konstruksi

Kelembaban merupakan hal penting bagi pertumbuhan jamur dan yang paling mudah mengendalikannya. Jika digunakan bahan kering dalam suatu bangunan serta pelembaban komponen kayu dapat dicegah, maka pelapukan dapat dihindari. Kelembaban dalam bangunan atau pada komponen bangunan sering disebabkan oleh kurang pertimbangan kelembaban ketika perancangan konstruksinya, lalai pemeliharaan, pengerjaan konstruksi yang kurang baik, atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut. Untuk mencegahnya perancang harus memperhatikan kebocoran hujan, ventilasi dan kondensasi; kontraktor harus menjaga bahan-bahannya dari kelembaban (Baker, 2004).

Jika bangunan dirancang dan dibangun dengan baik, pemeliharaan yang diperlukan mungkin kecil. Tapi bila terdapat kebocoran kecil pada atap yang tidak terdeteksi akan menimbulkan pelembaban dan kemudian pelapukan. Oleh karena itu pemeriksaan reguler

dan prosedur pemeliharaan adalah penting. Bila pembasahan tidak bisa dihindari atau kayu harus ditempatkan pada tempat yang basah, pengawetan kayu diperlukan untuk mencegah pelapukan (Baker, 2004).

Dalam Proses Konstruksi

- Penyimpanan log bahan penghara industri untuk waktu lama lebih baik direndam air; sedangkan penyimpanan bahan kayu untuk keperluan tertentu (seperti untuk penelitian) bisa juga dalam suhu sangat rendah (dalam freezer). Dalam kondisi demikian jamur tidak dapat merusak kayu.
- Membuat rancangan struktur yang baik dan sehat dengan sirkulasi udara dan pencahayaan yang optimal.
- Membangun struktur bangunan yang baik.
- Menggunakan kayu yang awet secara alami adalah lebih ramah lingkungan tapi ketersediaannya semakin jarang dan harganya relatif mahal.
- Komponen bangunan dari kayu sebaiknya terlindung dari air hujan.
- Komponen bangunan berbahan kayu jangan bersentuhan langsung dengan tanah.
- Sistem penyaluran air hujan dan air dari dalam bangunan harus baik, dengan memperhatikan bagian-bagian bertingkat, atap, talang, pipa-pipa saluran, saluran air dari air conditioner (AC), dsb.
- Menggunakan kayu bahan konstruksi yang sudah dikeringkan sehingga dicapai kadar air kayu kurang dari 19 %; proses pengeringan kayu sebaiknya dengan suhu lebih dari 35 °C.
- Kayu yang digunakan pada tempat lembab atau basah harus diawetkan dengan pengawet kimia (fungisida) yang aman bagi manusia.
- Pengaturan suhu dan kelembaban ruangan dengan AC dapat mencegah pertumbuhan jamur dalam ruangan tersebut.

Pemeliharaan Konstruksi

- Melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan bangunan secara berkala.
- Mendeteksi sumber kelembaban (seperti kebocoran pipa dan atap) serta memperbaikinya.
- Menghilangkan dengan segera komponen kayu lapuk yang merupakan sumber infeksi jamur.
- Mengganti kayu lapuk dengan kayu baru dan kering atau yang telah diawetkan.

- o Menjaga kayu tetap bersih.

b. Pengawetan Kayu Bahan Konstruksi

Pengawetan kayu dengan bahan kimia adalah cara efektif mencegah pelapukan, terutama dengan metoda tekanan menggunakan creosote, zinc chloride, pentachlorophenol, dan atau copper naphthenate. Tapi pentachlorophenol sudah tdk beredar lagi karena sangat berbahaya bagi manusia dan bersifat karsinogenik. Bahan pengawet untuk mengantisipasi jamur biasanya yang berbasis borat.

Menurut (Hartford, 1973), bahan kimia yang digunakan untuk melindungi kayu dari serangan mikroorganisma yang dikenal juga sebagai preservative (bahan pengawet). Persyaratan bahan pengawet kayu menurut Panitia 4 American Wood-Preservers' Association, antara lain adalah:

- a. Bahan pengawet harus beracun bagi organisma perusak kayu.
- b. Kemampuan bahan pengawet harus didukung hasil uji lapangan.
- c. Sifat fisika dan kimia bahan pengawet harus stabil pada kondisi penggunaannya.
- d. Bahan pengawet tidak mengganggu proses pengolahan dan penggunaan kayu.
- e. Bahan pengawet mendapat pengawasan yang baik di laboratorium maupun di pabrik.
- f. Bahan pengawet harus memenuhi peraturan-peraturan yang ada.
- g. Bahan pengawet digunakan secara komersial.

Selain itu berdasarkan Tarumingkeng (1992), pestisida haruslah memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Efektif (memiliki daya bunuh hama yang tinggi)
- b. Aman terhadap manusia (terutama operator), hewan ternak, selektif terhadap organisma sasaran, kurang persisten dalam lingkungan, tidak menyebabkan bioakumulasi dan biomagnifikasi.
- c. Ekonomis dan efisien. Memiliki spektrum luas (bisa untuk berbagaihama), cukup sepsifik, dan relatif tidak mahal.

Sejumlah bahan pengawet yang mengandung boron telah tersedia dan dikenal secara generik sebagai "borat". Borat cocok untuk mengontrol jamur karena relatif tidak bahaya bagi manusia; mudah aplikasinya; tahan lama; efektif untuk jamur dan serangga perusak kayu; mudah larut dalam air sehingga mudah di bawa air berdifusi ke dalam kayu. Borat tersedia dalam berbagai formula, sehingga bisa diaplikasikan dengan metoda penyemprotan, pelaburan, pasta dan aplikasi foam/ busa. Selain itu ada juga formula

dalam bentuk batang padat yang dimasukkan ke dalam kayu yang dibor sebelumnya, terutama untuk kayu yang berkadar air tinggi yang tidak bisa dikeringkan.

Borax merupakan bahan pengawet yang relatif tidak berbahaya terhadap lingkungan dan efektif untuk mencegah serangan jamur. Bahkan ditemukan juga perlakuan borax pada kayu meningkatkan ketahanannya terhadap pembakaran (Cartwright and Findlay, 1958)

Boron dan fluoride adalah fungisida larut air yang dapat didifusikan ke dalam kayu pada kadar air di atas 30 %. Retensi 0.25 – 0.5 % boron dalam kayu dapat mengeliminasi dan mencegah serangan serangga tertentu disamping jamur hingga tiga tahun (Morrel et al., 1996).

Kayu teras Douglas fir mengalami kehilangan berat lebih dari 40 % karena serangan jamur pelapuk selama empat minggu. Dengan pengawetan, pelapukan bisa dicegah hingga enam tahun. TimBor (sodium octaborate tetrahydrate) yang biasa disebut boron, merupakan bahan pengawet larut air yang dapat berpenetrasi ke dalam kayu secara kapiler dan difusi. TimBor sangat beracun terhadap jamur pelapuk kayu, tapi tidak membahayakan mamalia dan ikan. Larutan TimBor 10 - 15 % dapat diaplikasikan dengan penyemprotan, pelaburan, roller atau pencelupan. Setelah perlakuan, ditutup plastik agar terjadi difusi (Casebolt, 1997).

Untuk perlakuan paska konstruksi, boron bisa diaplikasikan dalam bentuk buih dan uap. Pengawet boron efektif untuk mencegah jamur, rayap, kumbang anobiidae dan lyctidae, serta hama kayu lainnya. Boron juga berperan sebagai penahan kebakaran. Difusi boron dalam Douglas fir berlangsung lambat pada kadar air 25%. Peningkatan difusi terjadi bila kadar air yang lebih tinggi. Leaching merupakan masalah bagi pengawet boron, terutama bila terjadi pembasahan berkala atau terus-menerus. Perlindungan dengan cat atau varnish, dapat membatasi kehilangan boron (Casebolt, 1997). Beberapa jenis bahan pengawet lain yang bisa digunakan untuk pengendalian jamur tersaji pada **Tabel 1**.

Seiring dengan perkembangan bahan pengawet kimia, kesadaran dan kewaspadaan masyarakat terhadap dampak bahan pengawet kimia terhadap kesehatan dan lingkungan semakin tinggi. Sehingga tidak sedikit bahan pengawet kayu yang kemudian dibatasi/dilarang penggunaannya, seperti yang terjadi pada bahan pengawet kayu CCA (Chromated Copper Arsen).

Perkembangan kedepan adalah diperlukan bahan pengawet yang lebih aman bagi manusia dan lingkungan dengan daya proteksi yang efektif. Salah satu golongan pestisida

yang memberi harapan baik adalah sintetik bahan alami, contohnya adalah piretroid (dari tumbuhan *Chrysanthemum*). Di pasaran, produknya telah muncul dengan nama cypermethrin, permethrin, dll. Toksisitasnya rendah bagi mamalia (LD_{50} sekitar 1500 mg/kg). Kelemahan pestisida ini adalah sangat beracun terhadap ikan (Tarumingkeng, 2004).

Tabel 1. Komposisi bahan pengawet TCA, TCB, dan TCF

Jenis Bahan Pengawet	Komposisi	%	Bentuk Formulasi
Golongan TCA			
1. Tanalith CT 106	CuSO ₄ Na ₂ Cr ₂ O ₇ As ₂ O ₂ ·2H ₂ O	27.4 48.2 24.4	Bubuk 100% Bahan aktif anhidrida
2. Cecure A (P)	CuSO ₄ ·5H ₂ O Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O As ₂ O ₅ ·2H ₂ O	32.6 41.6 26.4	Pasta, minimum 95% bahan aktif garam
3. Osmose K33	CuO CrO ₃ As ₂ O ₅ H ₂ O	13.3 34.2 24.5 28	Pasta 72% bahan aktif oksida
4. Kemira K33	CuO CrO ₃ As ₂ O ₅	14.8 26.6 34.0	Pasta 95% (71% bahan aktif oksida)
Golongan TCB			
1. Wolmanit CB	CuSO ₄ ·5H ₂ O K ₂ Cr ₂ O ₇ H ₃ BO ₃	33.0 40.0 24.0	Bubuk, 97% bahan aktif garam
2. Diffusol CB	CuSO ₄ Na ₂ Cr ₂ O ₇ H ₃ BO ₃	28.6 43.9 27.5	Bubuk, 100% bahan aktif garam
Golongan TCF			
1. Basilit CFK	CuSiF ₄ ·H ₂ O (NH ₄) ₂ Cr ₂ O ₇	36.3 63.7	Bubuk, 100% bahan aktif garam

Sumber: Spesifikasi Pengawetan Kayu untuk Perumahan (1982)

2. Langkah-langkah Penanggulangan (Remedial)

Penyemprotan bahan kimia tdk dapat mengendalikan jamur pelapuk kayu. Menghilangkan sumber kelembaban dan mengganti kayu lapuk dengan kayu yang diawetkan adalah bentuk penanggulangan yang lebih diutamakan. Selain itu penyebab dan faktor-faktor pendukung pertumbuhan jamur harus ditanggulangi/ dieliminasi. Penggunaan bahan kimia pengawet diutamakan untuk komponen kayu yang susah dikeringkan.

Metoda baru untuk membunuh organisma perusak sebagai alternatif yang baik bagi penggunaan pestisida, dikenal dengan metoda "anoxic". Metoda ini menggunakan prinsip

menghentikan atau menghilangkan ketersediaan oksigen bagi organisma sehingga mati. (Wachowiak, 2002).

VII. Penutup

Deteriorasi kayu oleh jamur pelapuk menimbulkan kerugian ekonomi serta dampak negatif lainnya, sehingga perlu difahami dan dikendalikan dengan baik. Sehingga pengolahan dan pemanfaatan bahan kayu dapat berlangsung secara optimum dan lestari.

Pengendalian serangan jamur pada kayu relatif tidak banyak bergantung pada pestisida sebagaimana pengendalian serangga. Cara pengendalian pelapukan yang terbaik pada kayu adalah dengan pencegahan, yaitu dengan mengontrol sumber kelembaban/ air, membatasi hubungan kayu dengan tanah, serta mengganti kayu yang lapuk dengan kayu yang diawetkan.

Daftar Pustaka

- Baker, M.C. 1969. CBD-111. Decay of Wood. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/cbd/cbd111e.html>. Visited 14 Agustus 2004.
- Banjarmasin Post. 2004. Rumah Adat Banjar Memprihatinkan. Edisi Rabu, 26 Mei 2004. Banjarmasin.
- Blanchette, Robert. 2004. Microbes in Trees and Wood. <http://forestpathology.coafes.umn.edu/microbes.htm>. Visited 14 August 2004.
- Butterfield, B. G. 1993. The structure of wood: an overview. In *Primary wood processing principles and practice*, eds. J. C. F. Walker, B. G. Butterfield, T. A. G. Langrish, J.M. Harris, and J. M. Uprichard. London: Chapman & Hall.
- Cartwright, K. St. G and W.P.K. Findlay. 1958. Decay of Timber and Its Prevention. 2nd ed. Her Majesty's Stationery Office. London.
- Deacon, Jim. 2004. The Microbial World: *Armillaria mellea* and Other Wood-decay Fungi. <http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/armill.htm>. Cited on 24 September 2004.
- Fadli, Ade. 2004. Hutan Hancur, Moratorium Manjur. http://www.walhi.or.id/kampanye/hutan/jeda/hut_jeda_imd/. Visited 14 October 2004.
- Hartford, Winslow H. 1973. Chemical and Physical Properties of Wood Preservatives and Wood-Preservative Systems. Dalam *Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments*, eds. Darrel D. Nicholas. Volume 2. Syracuse University Press. New York.
- Haygreen, J. G. and J. L. Bowyer. 1989. *Forest products and wood science: An introduction*. 2nd ed. Ames: Iowa State University Press.

- Highley, Terry L. and William V. Dashek. 1998. Biotechnology in the study of brown and white rot decay. In *Forest Products Biotechnology*. Eds. Alan Bruce and John W. Palfreyman. Taylor & Francis Inc. Bristol.
- Morrel, J.J., C.S. Love, and C.M. Freitag. 1996. *Integrated Remedial Protection of Wood in Bridges*. Department of Forest Products, Oregon State University, Oregon.
- Pikiran Rakyat. 2004. 60% Bangunan SD/MI Rusak. Edisi Selasa, 25 Mei 2004. Sumedang.
- Republika. 2004. Atap SDN 06 Karawaci Ambruk. Edisi Kamis, 01 April 2004. Jakarta.
- Sarkanen, K. V. and C. H. Ludwig, eds. 1971. *Lignins occurrence, formation, structure and reactions*. New York: Wiley & Sons, Inc.
- Sinar Harapan. 2004. Atap Sekolah Ambruk, Guru dan 13 Siswa Luka. Edisi Jum'at, 22 Oktober 2004. No. 4836. Bandar Lampung.
- Sjöström, E. 1993. *Wood chemistry: Fundamentals and applications*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, Inc.
- Tambunan, Bedyaman dan Dodi Nandika. 1989. *Deteriorasi oleh Faktor Biologis*. Pusat Antar Universitas. IPB. Bogor.
- Tarumingkeng, R.C. 1992. *Insektisida: Sifat, Mekanisme Kerja dan Dampak Penggunaannya*. UKRIDA. Jakarta.
- Tarumingkeng, R.C. 2004. *Manajemen Hama Hasil Hutan Berwawasan Lingkungan*. Bahan kuliah di Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor
- Tsoumis, George. 1991. *Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Uprichard, J. M. 1993. Wood extractives. In *Primary wood processing principles and practice*, eds. J. C. F. Walker, B. G. Butterfield, T. A. G. Langrish, J. M. Harris, and J. M. Uprichard. London: Chapman & Hall.
- Wachowiak, Melvin J. 2002. Biological Deterioration & Damage to Furniture & Wooden Objects. <http://www.si.edu/scmre/takingcare/biodetwood.htm>. Visited 14 August 2004.
- Walker, J. C. F. 1993. Basic wood chemistry and cell wall ultrastructure. In *Primary wood processing principles and practice*, eds. J. C. F. Walker, B. G. Butterfield, T. A. G. Langrish, J.M. Harris, and J. M. Uprichard. London: Chapman & Hall.
- Wilcox, W. Wayne. 1973. Degradation and its correlation to wood structure. In *Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments*. Vol. I. Ed. Darrel D. Nicholas. Syracuse University Press. New York.
- Wilcox, W. W., E. E. Botsai and H. Kubler. 1991. *Wood as a building material: A guide for designers and builders*. New York: John Wiley & Sons, Inc.