

MANUAL PEMELIHARAAN
BANGUNAN MENARA, MESJID DAN MAKAM
SUNAN KUDUS
Material bata dan kayu

Untuk Digunakan Pengelola dan Masyarakat



2018

Muhammad ardian
16914008

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	.....i
Bab I. Pendahuluan	.....1
1.1 Defenisi pemeliharaan	.....2
1.2 Defenisi cagar budaya	.....2
1.3 Tujuan pemeliharaan bangunan cagar budaya.....	2
1.4 Tipe-tipe pemeliharaan bangunan cagar budaya.....	2
1.5 Manajemen pemeliharaan bangunan cagar budaya.....	4
1.6 Jenis pemeliharaan bangunan cagar budaya.....	5
1.7 Perencanaan pemeliharaan bangunan cagar budaya.....	6
Bab II. Pemahaman material	.....7
2.1 Material bata	.....7
2.2 Kerusakan pada material bata	.....9
2.3 Material kayu	.....13
2.4 Kerusakan pada material kayu	.....15
Bab 3. Metode perbaikan dan pemeliharaan.....	19
3.1 Material bata	.....20
3.2 Contoh kasus pada material bata	.....21
3.3 Material kayu	.....22
3.4 Contoh kasus pada material kayu.....	23



Bangunan cagar budaya merupakan sebuah bangunan yang telah disepakati memiliki nilai sejarah, sosial, dan budaya yang memiliki peran penting bagi negara sehingga sangat perlu dilestariakan dan dijaga oleh semua pihak yang terkait. Bangunan cagar budaya juga merupakan bagian dari konstruksi, hal ini dikarenakan didalamnya terdapat sebuah proses perencanaan, pelaksanaan serta pemeliharaan bangunan. Pada proses pemeliharaan bangunan cagar budaya, terdapat tingkat kesulitan yang berbeda dengan bangunan – bangunan yang lain, hal ini dikarenakan bangunan cagar budaya memiliki karakter material yang terbatas dan metode yang berbeda.

Di dalam pemeliharaan bangunan cagar budaya, kemampuan dan kompetensi dasar dalam memelihara bangunan cagar budaya sangat diperlukan. Pada dasarnya prinsip pemeliharaan sebuah bangunan sangat berkaitan dengan material. Material yang terpasang akan selalu mengalami kerusakan yang di sebabkan oleh cuaca dan gejala alam lainnya, sehingga material ini harus mempunyai simpanan cadangan jika terjadi kerusakan.

Material yang digunakan pada bangunan cagar budaya ‘kompleks pemakaman sunan kudus’ adalah material batu bata dan kayu. Material ini merupakan material alam yang dari awal sudah melekat pada bangunan ini. Pemeliharaan yang dilakukan pada bangunan ini cukup berbeda dengan bangunan-bangunan lainnya. Untuk mengetahui pemahaman metode perbaikan dan pemeliharaan pada bangunan cagar budaya ‘kompleks pemakaman sunan kudus’ maka di perlukan panduan khusus dalam menangani kerusakan-kerusakan yang terjadi pada bangunan.

Manual pemeliharaan bangunan cagar budaya ‘kompleks pemakaman sunan kudus’ material bata dan kayu berfungsi untuk mempermudah para pekerja dan pengelola dalam menangani kerusakan pada bangunan, untuk memahami karakter material bata dan kayu serta metode perbaikan dan pemeliharaannya di anjurkan membaca manual pemeliharaan terlebih dahulu.



1.1 Definisi Pemeliharaan

Pemeliharaan adalah suatu cara atau teknik yang tepat untuk menjaga kondisi atau komponen bangunan agar selalu dalam keadaan prima sesuai fungsinya. Sedangkan perbaikan adalah kegiatan memperbaiki dan atau mengganti bagian bangunan gedung, komponen, bahan bangunan, dan atau prasarana-sarannya agar bangunan gedung tetap laik fungsi dan kuratif setelah ada kerusakan atau masalah, baik pada tingkat ringan, sedang atau berat

1.2 Definisi Cagar Budaya

Bangunan Cagar Budaya adalah sebuah kelompok bangunan bersejarah dan lingkungannya, yang memiliki nilai sejarah, ilmu pengetahuan, dan nilai sosial budaya masa kini maupun masa lalu

1.3 Tujuan pemeliharaan bangunan cagar budaya

Bangunan cagar budaya yang terawat dan terpelihara akan dapat memperpanjang usia bangunan menjadi lebih lama sehingga pengunjung yang datang dapat melihat dan merasakan peninggalan bangunan-bangunan cagar budaya.

Bangunan cagar budaya dapat dijadikan bekal ilmu dan edukasi bagi masyarakat untuk mengetahui tentang perihal sejarah.

Pemeliharaan bangunan yang baik dapat mengurangi dan meminimalisirkan kerusakan pada bangunan.

1.4 Tipe-tipe Pemeliharaan Bangunan Cagar Budaya

1. Perawatan Preventif

a. Perawatan rutin

Perawatan rutin adalah tindakan perawatan yang dilakukan baik sehari-hari maupun berkala untuk menjaga kebersihan BCB dan lingkungannya.



b. Pengendalian lingkungan klimatologi

Untuk mencegah terjadinya proses pelapukan dapat dilakukan dengan mengendalikan lingkungan makro dan mikro BCB. Untuk pengendalian lingkungan makro yaitu BCB yang berada di tempat terbuka cenderung susah dilakukan, tetapi dapat dilakukan antara lain dengan cara penanaman pohon untuk mencegah sinar ultraviolet dari matahari dan terpaan angin. Sedangkan pengendalian lingkungan mikro terhadap BCB yang berada didalam ruangan lebih mudah dilakukan, seperti dengan pemasangan AC, ventilasi, fan, dehumidifier, dan pemasangan lampu. Dalam pengendalian ini temperatur dan kelembapan dalam ruangan tersebut dapat diatur dan disesuaikan dengan kondisi BCB.

2. Perawatan Kuratif

a. Perawatan tradisional

Perawatan tradisional adalah perawatan dengan cara-cara sederhana dengan menggunakan bahan tradisional. Dalam hal ini perawatan yang dilakukan adalah mengacu kepada metode dan teknik serta bahan yang telah digunakan oleh nenek moyang untuk merawat BCB tersebut.

b. Perawatan modern

Perawatan modern adalah perawatan dengan menggunakan bahan kimia, dengan menggunakan prosedur perawatan yang baku. Perawatan modern meliputi sebagai berikut.

1. Pembersihan

Pembersihan dilakukan dalam beberapa tahapan, mulai dari *dry cleaning* (pembersihan kering), *wet cleaning* (pembersihan basah), dan dilanjutkan dengan *chemical cleaning* (pembersihan dengan bahan kimia). Pembersihan kering dilakukan dengan menggunakan alat-alat seperti sikat, sikat gigi, kuas, jarum, spatula, dan lainnya untuk menghilangkan kotoran yang mudah hilang, seperti debu, tanah, dan tumbuhan tingkat rendah (*spermatophyta* dan *pteridophyta*).

2. Perbaikan

Tindakan perbaikan terdiri dari perekatan/pengeleman, penyambungan tanpa angkur, penyambungan dengan angkur, penambahan, penyuntikan (injeksi), dan *kamuflase* (penyelarasan warna). Perbaikan tersebut menggunakan bahan perekat baik organik maupun anorganik.

a. Perekatan

Perekatan dilakukan terhadap BCB yang mengalami pecah atau patah dengan ukuran pecahan atau patah yang relatif kecil.

b. Penyambungan

Penyambungan dilakukan terhadap BCB yang mengalami pecah atau patah dengan ukuran besar.

c. Penyambungan dengan angkur

Angkur digunakan untuk penyambungan BCB yang mengalami pecah atau patah dengan ukuran yang sangat besar, sehingga untuk memperkuat sambungan harus dibantu dengan angkur logam di dalam sambungannya.

d. Penambalan

Penambalan dilakukan terhadap BCB yang pecah, tetapi fragmen/pecahannya tidak ditemukan. Penambalan dilakukan dengan menggunakan bahan perekat organik atau anorganik.

e. Penyuntikan (injeksi)

Injeksi atau penyuntikan dilakukan terhadap BCB yang retak. Injeksi dilakukan dengan menggunakan bahan perekat organik atau anorganik yang mempunyai kekentalan rendah.

f. Kamouflage (penyelarasan warna)

Kamouflage dilakukan untuk menyamarkan bekas perbaikan agar tidak terlihat menyolok. Untuk *kamouflage* digunakan bubuk dari bahan yang sejenis dengan BCB yang dirawat, baik warna dan teksturnya dan direkatkan dengan bahan perekat organik atau anorganik.

1.5 Manajemen Pemeliharaan Bangunan Cagar Budaya

Pengelola bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal manajemen pemeliharaan bangunan. Oleh sebab itu pengelola harus mempersiapkan sebuah tim yang menangani masalah pemeliharaan bangunan.

Tim tersebut bertanggung jawab untuk:

- a. Melaksanakan pemeliharaan dan perbaikan secara teratur atau apabila diperlukan.
- b. Mengumpulkan dan mengelola dana untuk pemeliharaan.
- c. Memberikan pendidikan kepada masyarakat dan pengunjung mengenai bagaimana cara memelihara bangunan yang baik.

Pengelola dapat mengikutsertakan dan menanamkan rasa memiliki dalam diri pengguna bangunan, dan masyarakat sekitar berkaitan dengan pemeliharaan bangunan cagar budaya ini. Sebab bangunan cagar budaya tersebut adalah milik mereka bersama.

Perlengkapan pemeliharaan bangunan harus disimpan dan dirawat dengan baik. Data beberapa perlengkapan yang dibutuhkan untuk memelihara bangunan terlampir pada lembar lampiran.

1.6 Jenis Pemeliharaan Bangunan Cagar Budaya



Maintenance atau konservasi merupakan segala proses pengelolaan suatu bangunan cagar budaya yang didalamnya terdapat kegiatan pemeliharaan dan perbaikan bangunan yang bertujuan untuk menjaga nilai-nilai budaya pada bangunan dan memperpanjang usia bangunan. Terdapat dua jenis pemeliharaan pada bangunan cagar budaya sebagai berikut :

1. Preventive maintenance : Merupakan tindakan pencegahan yang berfungsi untuk mencegah kerusakan-kerusakan yang akan terjadi dengan sistem perencanaan yang baik.
 - a. Condition based maintenance : Tindakan pencegahan yang dimulai dari suatu hasil pengetahuan yang baru dan dari hasil tinjauan rutin.
2. Corrective maintenance : Tindakan perbaikan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada bangunan dan kegagalan.
 - a. Restorasi : Perbaikan yang dilakukan pada komponen bangunan yang bertujuan mengembalikan bentuk dan wujud yang asli.
 - b. Rekonstruksi : Kegiatan perbaikan untuk membangun kembali dan memperbaiki seakurat mungkin pada keseluruhan bangunan.

Tim pemeliharaan bangunan juga harus mempersiapkan peraturan untuk karyawan dan pengunjung mengenai tata cara pemeliharaan dan tata tertib di dalam bangunan. Peraturan tata cara dan tata tertib ini dipajang di bagian bangunan yang dapat terlihat dengan jelas oleh pengunjung.

1.7 Perencanaan Pemeliharaan Bangunan Cagar Budaya

Tim pemeliharaan bangunan cagar budaya sebaiknya mempersiapkan kelengkapan arsip bangunan mereka yang meliputi:

- a. Lokasi dan tanggal konstruksi perbaikan besar/berat bangunan itu sendiri.
- b. Gambar *as-built* (cetak biru) yang memperlihatkan gambar denah bangunan lengkap dengan sistem utilitas, drainase, dan pemipaan (*plumbing*). Gambar-gambar ini harus selalu diperbaharui apabila ada penambahan bangunan baru pada tapak.
- c. Spesifikasi material yang digunakan dari tahap konstruksi sampai hasil akhir (*finishing*), dari jenis semen sampai jenis dan warna cat.

Kemudian tim pemeliharaan bangunan mempersiapkan rencana mengenai bangunan cagar budaya, bagian mana dari bangunan yang perlu dirawat harian, berkala atau mengalami penggantian. Berdasarkan rencana tersebut, dapat diperkirakan pengeluaran yang dibutuhkan untuk memelihara bangunan dan kapan pengeluaran tersebut dikeluarkan.

Rencana ini menjelaskan secara detail bagian mana dari bangunan yang dipelihara berdasarkan tingkat prioritasnya, biaya untuk setiap pekerjaan, perlengkapan yang dibutuhkan dan pelaku pemeliharaan tersebut. Rencana anggaran ini dipersiapkan setiap empat tahun sekali dengan revisi rencana setahun sekali.

Rencana pemeliharaan ini diinspeksi oleh tim pemelihara bangunan dengan menggunakan daftar kegiatan (*check-list*) secara mingguan, bulanan dan tahunan. (lembaran daftar kegiatan/*check-list* dapat dilihat pada lembar tambahan). Hasil inspeksi tersebut disimpan untuk dijadikan bahan kajian oleh pengelola untuk mengoreksi apabila terjadi kesalahan dan untuk merumuskan cara yang lebih efisien.

Tim pemeliharaan bangunan juga harus mempersiapkan peraturan untuk karyawan dan pengunjung mengenai tata cara pemeliharaan dan tata tertib di dalam bangunan. Peraturan tata cara dan tata tertib ini dipajang di bagian bangunan yang dapat terlihat dengan jelas oleh pengunjung.

2.1 Material bata

Pada dasarnya semua benda yang ada di dunia ini tidak ada yang bersifat abadi, cepat atau lambat benda tersebut akan mengalami proses pelapukan. Kecepatan proses pelapukan yang terjadi sangat ditentukan oleh sifat alami benda dan faktor lingkungannya. Kerusakan dan pelapukan mempunyai pengertian yang hampir sama. Akan tetapi secara teknis istilah tersebut dapat dibedakan. Kerusakan adalah suatu proses perubahan bentuk yang terjadi pada suatu benda dimana jenis dan sifat fisik maupun kimiawinya masih tetap. Sedangkan yang dimaksud dengan pelapukan adalah suatu proses penguraian dan perubahan dari bahan asli ke material lain dimana jenis dan sifat fisik maupun kimiawi dari material tersebut sudah berubah.

Faktor internal yang berpengaruh terhadap kerusakan dan pelapukan bata meliputi kualitas dan jenis bahan serta teknologi pembuatan. Kualitas bata merah ditentukan oleh bahan dasar, cara pengerjaan dan suhu pembakaran. Tanah yang baik sebagai bahan dasar adalah jenis lempung padas, apabila terlalu banyak kandungan lempungnya bata akan mudah pecah pada waktu proses pengeringan, terlebih pada proses pengeringan dengan temperatur yang relatif tinggi, sedang bila terlalu banyak pasir bata akan mudah pecah karena getas. Perbandingan antara lempung dan pasir akan dilakukan oleh pengrajin yang berpengalaman secara alami. Dalam proses pembuatan bata bila terdapat bahan organik seperti akar-akar, kayu dan lain-lain dibersihkan, karena bahan organik mudah terbakar dan dapat berakibat bata menjadi berlubang.

Kualitas bata akan baik, kuat dan tidak mudah pecah apabila dibakar pada suhu yang tinggi. Bahan bakar yang paling baik adalah kayu yang keras, di samping suhunya bisa mencapai tinggi juga adanya unsur karbon, sehingga bata menjadi keras. Sebaliknya bila dibakar dengan sekam, kekerasannya akan berkurang. Hasil pembakaran bata biasanya permukaan luarnya keras, akan tetapi bila digunakan untuk bangunan candi permukaan yang keras tersebut dipacak akibatnya kekerasannya menurun, berdasarkan hasil penelitian penurunan kekerasan tersebut mencapai 1–1,5 skala mohs. Kualitas bata biasanya ditunjukkan dari besar kecilnya kuat tekan, sedangkan kuat tekan dipengaruhi oleh suhu /tingkat pembakaran, porositas dan bahan dasar.

Faktor eksternal yang berpengaruh terhadap kerusakan dan pelapukan bata meliputi suhu, intensitas sinar matahari, angin kelembaban, air/hujan, pertumbuhan mikroorganisme, bencana alam dan manusia. Suhu dan kelembaban yang tinggi dan selalu berubah-ubah setiap saat akan menyebabkan kondisi benda tidak stabil, yang akhirnya dapat mengakibatkan terjadinya keretakan, pecah, pengelupasan, retakan pada permukaan bata., keausan/erosi dan sebagainya.

Bata merupakan material hygroskopis, sehingga mudah terpengaruh oleh faktor lingkungan yang menyebabkan bata menjadi lembab. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kelembaban bata adalah air. Air dapat menyebabkan kelembaban bata meningkat dan dapat menimbulkan kerusakan dan pelapukan bata secara biologis, khemis maupun fisis. Selain air, salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kelembaban bata meliputi kandungan uap air di udara (kelembaban relatif), aliran air secara vertikal maupun horizontal yang melalui material bata.

a. Kelembaban relatif

Kelembaban relatif ialah perbandingan antara banyaknya uap air yang terdapat di udara dengan banyaknya uap air maksimum yang dapat dikandung oleh udara pada suhu dan tekanan yang sama.

b. Aliran air secara vertikal (kapilarisasi)

Suatu hal yang sering dilupakan dalam pemugaran bangunan bata adalah mencegah terjadinya aliran air secara vertikal, sehingga dinding bangunan selalu lembab sepanjang waktu. pengaruh adanya air kapiler ini dapat menyebabkan kerusakan dan pelapukan bata secara biologis, fisis maupun kimiawi. proses tersebut akan lebih parah lagi apabila air yang terkapiler mengandung unsur-unsur yang korosif terhadap material bata.

c. Aliran air secara horizontal

Perpindahan air secara hisontal pada material bata, dapat terjadi melalui sistim permeabilitas (permeabilitas bata $0,3 \times 10^{-3} \text{m/Vt}$ sampai dengan $3 \times 10^{-3} \text{m/Vt}$). Air ini dapat berasal dari air kapiler, tampias air hujan dari samping bangunan maupun air hujan yang meresap dari atas bangunan. Proses penetrasi air kadang-kadang menimbulkan endapan garam pada seluruh permukaan bata atau hanya sebagian tergantung dari kondisi permukaan dinding. Pemugaran bangunan bata dengan konstruksi penguat beton dan penggunaan semen PC yang berlebihan tanpa bahan kedap air, aliran air hisontal tersebut merupakan penyebab utama terjadinya endapan garam, karena pelarutan kalsium bebas dari beton akan mengendap di permukaan bata oleh proses penguapan. Adanya pengaruh dan interaksi antara faktor internal dan eksternal tersebut diatas dapat menyebabkan terjadinya kerusakan dan pelapukan bata melalui proses mekanis, fisis, khemis dan biologis.



2.2 Kerusakan pada material bata

1. Kerusakan Mekanis

Kerusakan mekanis pada material bata diakibatkan oleh gaya-gaya statis maupun dinamis pada bangunan atau gaya dari dalam material bata. Gaya-gaya tersebut dapat berupa gempa bumi, tekanan/beban bangunan, ketidakstabilan tanah dasar/pondasi yang menyebabkan terjadinya deformasi, gejala yang nampak seperti terjadinya, keretakan, kemiringan, pecah dan kerenggaran pada komponen atau struktur bangunan.



Gambar 2.1 Retakan akibat pengkerutan

Keretakan pada struktur bangunan dan material bata dapat disebabkan oleh gaya tegangan dalam yang gagal. Apabila kegagalan tersebut tercapai, maka keretakan akan terbentuk dan gaya tegangan dalam akan menghilang. Tegangan dalam yang menyebabkan keretakan berasal dari adanya gerakan struktur (gaya dinamis) atau bersamaan adanya pengaruh suhu (radiasi matahari) dan kelembaban. Disamping itu keretakan bata juga dapat disebabkan oleh bebannya sendiri, yang melebihi batas kuat tekannya atau secara alami rasio kekuatannya telah menurun. Vandalisme yang berupa pemukulan juga dapat menyebabkan terjadinya keretakan maupun hilangnya sebagian dari material bata missal gempil. Pengembangan dan pengkerutan yang disebabkan oleh suhu dapat merubah sifat fisika dari material bata. Pengembangan atau thermal movement dapat menghasilkan tenaga yang cukup kuat untuk menyebabkan keretakan (R.T.Kreh SR, 1983). Keretakan bangunan bata dapat ditimbulkan dua hal yaitu pertama, adanya perpindahan titik berat dari beberapa komponen bangunan sehingga terjadi perpindahan gaya berat untuk mencapai keseimbangan baru, dan yang kedua, disebabkan oleh menurunnya daya dukung tanah dibawah struktur. Bentuk retakan akibat gerakan dari struktur bangunan biasanya besar dibagian atas dan semakin halus dibagian bawah (R. T Kreh Sr, 1983).

Keretakan pada ikatan mortar (spesi) disebabkan oleh pengkerutan mortar (spesi). Keadaan ini dapat terjadi apabila bata yang digunakan mempunyai kadar penyerapan air awal yang tinggi. Pada waktu penyusunan, bata tersebut akan menyerap air dengan banyak dari pada lapisan mortar, yang tipis dan menyebabkan mortar kekurangan air bagi proses penghidratan yang baik. Hal ini akan mengakibatkan kekuatan ikatan lapisan mortar berkurang. Ikatan yang lemah memudahkan mortar dan bata terpisah dan membentuk rongga untuk jalan air masuk kedalam dinding bangunan (Henry A.W, Sinha BP and Daves S.R, 1997).

2. Kerusakan dan Pelapukan Fisis

Kerusakan fisis adalah jenis kerusakan material yang disebabkan oleh adanya faktor fisik seperti suhu, kelembaban, angin, air hujan, penguapan, gejala yang dapat dilihat antara lain adalah mengelupas, retak dan aus.

Kasus pengelupasan bata disebabkan oleh dua hal yaitu desakan garam dan desakan air dari dalam. Pada kasus yang pertama, permukaan bata yang mengelupas terdapat endapan garam berwarna putih, sedangkan pada kasus yang kedua adanya desakan dari dalam yang tertahan oleh lapisan permukaan bata yang angka porositasnya sangat kecil, hal ini berlaku pada pasangan bata yang permukaannya dibiarkan alami karena proses pembakaran, pada kasus ini permukaan bata yang mengelupas terlihat basah dan menggelembung.



Gambar 2.2 Pengelupasan akibat desakan air

3. Pelapukan Kimiawi

Pelapukan kimiawi pada material bata sebagai akibat dari proses atau reaksi kimiawi. Dalam proses ini faktor yang berperan adalah air, penguapan dan suhu. Air hujan dapat melapukkan bata melalui karbonatisasi, sulfatasi dan hidrolisa. Gejala-gejala yang nampak pada pelapukan ini seperti penggaraman dan kerapuhan.



Penyebab pelapukan dan kerusakan bata yang terbesar adalah adanya penggaraman pada permukaan bata (Stambolov, 1976). Asal endapan garam pada bata kemungkinan berasal dari bahan dasarnya sendiri (tanah) atau selama proses pembakaran tetapi sering sekali garam yang merusak ini datang dari luar (Stambolov, 1972).

Disamping itu pelapukan kimiawi juga dapat terjadi karena adanya polusi udara yang bereaksi dengan air akan membentuk cairan asam. Cairan asam dan garam-garam terlarut yang terbawa oleh air akan menimbulkan endapan garam. Keduanya akan menyerang bata dan menyebabkan pelapukan. Sementara adanya serangan sulfat pada bata menyebabkan warna bata menjadi pudar. Unsur sulfat tersebut dapat berasal dari tanah membentuk ikatan sodium sulfat, magnesium sulfat dan kalsium sulfat. Ikatan tersebut bereaksi dengan kalsium hidroksida yang terdapat dalam mortar atau bata.



Gambar 2.3 Kerusakan kimiawi

Pada sistem lempung air, sebelum bata dibakar didalam strukturnya terdapat berbagai jenis air :

- a. Air suspense yaitu pencampuran air dengan bahan dasar
- b. Air antar partikel yang terjadi pada waktu melumatkan bahan dasar
- c. Air pori antar partikel setelah pengkerutan
- d. Air terserap atau terabsorpsi (fisik/kimia) pada partikel
- e. Air kisi pada struktur kristalnya.

4. Pelapukan Biologi

Menurut Robert G Drysale, Ahmad A hanid dan Lawrie R baker (1994) resapan air hujan pada dinding bata dapat menyebabkan berbagai kerusakan missal pertumbuhan mikroorganisme, penggaraman pada permukaan bata setelah terjadi penguapan. Air hujan dapat masuk ke dalam material bata melalui retakan yang kecil, adanya air tampias dan yang paling berbahaya adalah adanya kapilarisasi air.



Gambar 2.4 Pelapukan biologi

Pelapukan biologi tergantung pada besarnya kelembapan pada bata. Algae, jamur dan lumut akan tumbuh dengan baik pada kelembapan cukup tinggi (Stambolov, 1976).



2.3 Material kayu

Pada dasarnya semua benda yang ada di dunia ini tidak ada yang bersifat abadi, cepat atau lambat benda tersebut akan mengalami proses pelapukan. Kecepatan proses pelapukan yang terjadi sangat ditentukan oleh sifat alami benda dan faktor lingkungannya.

Kerusakan dan pelapukan mempunyai pengertian yang hampir sama. Akan tetapi secara teknis istilah tersebut dapat dibedakan. Kerusakan adalah suatu proses perubahan bentuk yang terjadi pada suatu benda dimana jenis dan sifat fisik maupun kimiawinya masih tetap. Sedangkan yang dimaksud dengan pelapukan adalah suatu proses penguraian dan perubahan dari bahan asli ke material lain dimana jenis dan sifat fisik maupun kimiawi dari material tersebut sudah berubah.

Faktor internal yang berpengaruh terhadap degradasi kayu adalah jenis kayu. Kayu adalah suatu bahan yang dihasilkan dari sumber kekayaan alam, merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan keinginan dan kemajuan teknologi. Kayu berasal dari tumbuh-tumbuhan hidup di alam yang jenis pohonnya mempunyai batang berupa kayu. Ada berbagai jenis kayu yang dihasilkan dari pohon yang secara umum dapat dibedakan atas dua golongan besar, yaitu jenis pohon dari golongan daun lebar dan jenis pohon dari golongan daun jarum. Kayu yang berasal dari golongan daun lebar mempunyai sifat keras, sedangkan kayu yang berasal dari golongan daun jarum mempunyai sifat lunak dan ringan.

Kayu mempunyai sifat fisik dan sifat mekanik diantaranya adalah berat jenis, keawetan alam, keteguhan tarik, tekan dan lengkung. Berat suatu kayu tergantung dari jumlah zat kayu, rongga sel, kadar air dan zat ekstraktif didalamnya. Berat suatu jenis kayu berbanding lurus dengan BJ-nya. Kayu mempunyai berat jenis yang berbeda-beda, berkisar antara minimum 0,2 (kayu balsa) sampai 1,28 (kayu nani). Umumnya makin tinggi BJ kayu, maka kayu semakin berat dan semakin kuat pula



Keawetan adalah ketahanan kayu terhadap serangan dari unsur-unsur perusak kayu dari luar seperti jamur, rayap, bubuk dan lain-lain. Keawetan kayu tersebut disebabkan adanya zat ekstraktif di dalam kayu yang merupakan unsur racun bagi perusak kayu. Zat ekstraktif tersebut terbentuk pada saat kayu gubal berubah menjadi kayu teras sehingga pada umumnya kayu teras lebih awet dari kayu gubal. Keteguhan tarik adalah kekuatan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha menarik kayu. Terdapat 2 (dua) macam keteguhan tarik yaitu:

- a. Keteguhan tarik sejajar arah serat dan
- b. Keteguhan tarik tegak lurus arah serat.

Kekuatan tarik terbesar pada kayu ialah keteguhan tarik sejajar arah serat. Kekuatan tarik tegak lurus arah serat lebih kecil daripada kekuatan tarik sejajar arah serat. Keteguhan tekan/kompresi adalah kekuatan kayu untuk menahan muatan/beban. Terdapat 2 (dua) macam keteguhan tekan yaitu :

- a. Keteguhan tekan sejajar arah serat dan
- b. Keteguhan tekan tegak lurus arah serat.

Pada semua kayu, keteguhan tegak lurus serat lebih kecil daripada keteguhan kompresi sejajar arah serat. Keteguhan lengkung/lentur adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu atau untuk menahan beban mati maupun hidup selain beban pukulan. Terdapat 2 (dua) macam keteguhan yaitu:

- a. Keteguhan lengkung statik, yaitu kekuatan kayu menahan gaya yang mengenainya secara perlahan-lahan.
- b. Keteguhan lengkung pukul, yaitu kekuatan kayu menahan gaya yang mengenainya secara mendadak.

Faktor eksternal atau lingkungan yang berpengaruh terhadap kerusakan dan pelapukan kayu adalah faktor fisis-kimiawi (iklim, air, bencana alam), faktor biologis (mikroorganisme dan serangga) dan manusia. Indonesia merupakan salah satu negara yang berada di daerah katulistiwa yang beriklim tropis lembab yang mempunyai dua musim yaitu penghujan dan kemarau. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap proses degradasi bangunan kayu yaitu terjadinya pelapukan iklim yang disebabkan oleh kombinasi kompleks unsur kimia dan mekanis kayu dan energi cahaya.



Suhu dan kelembapan yang tinggi dan selalu berubah-ubah setiap saat akan menyebabkan kondisi kayu tidak stabil, yang akhirnya mengakibatkan terjadinya keretakan, pecah, melengkung dan sebagainya. Selain itu tingginya curah hujan dapat menyebabkan kelembapan kayu dan lingkungan meningkat. Hal ini akan berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur dan serangan serangga pada kayu yang akibat selanjutnya kayu akan mengalami kerapuhan. Faktor eksternal sangat sulit dihindari terutama untuk bangunan kayu yang berada di alam terbuka. Untuk mengurangi efek negatif cara terbaik adalah melakukan pemeliharaan secara teratur.

2.4 Kerusakan pada material kayu

1. Proses Kerusakan Mekanis.

Kerusakan secara mekanis adalah jenis kerusakan yang disebabkan oleh gaya statis maupun gaya dinamis. Kerusakan mekanis akibat gaya statis adalah adanya kelelahan (menurunnya rasio kekuatan). Menurunnya rasio kekuatan tersebut mungkin terjadi pada kayu yang sehat, tetapi bisa juga terjadi karena adanya faktor lain (biotis maupun non biotis) sehingga rasio kekuatan kayu menurun. Gejala yang nampak pada kerusakan ini adalah retak, patah dan pelendutan (melengkung karena tak mampu menahan beban). Sedangkan kerusakan mekanis akibat gaya dinamis antara lain disebabkan oleh gempa bumi atau getaran, sehingga bangunan mengalami kemiringan bahkan roboh.

Kerusakan mekanis juga dapat disebabkan oleh pengaruh lingkungan terutama suhu dan kelembapan yang menyebabkan terjadinya pengkerutan, pada proses ini akan terjadi pecah, retak dan perubahan bentuk kayu (misal melengkung).



Gambar 2.5 Pelapukan mekanis pada kayu



2. Proses Fisis–Kimiawi

Kayu merupakan bahan organik yang terbentuk dari unsur-unsur kimiawi berupa hemisellulosa, sellulosa, lignin serta zat ekstratif dan zat silica. Pelapukan kimiawi biasanya diawali dengan masuknya unsur air yang berlebihan kedalam kayu. Air tersebut dapat berasal dari rembesan air hujan dan juga air tanah.

Selanjutnya oleh pengaruh suhu, kayu menjadi rapuh. Pelapukan secara fisis dan kimiawi dalam degradasi kayu sering bersamaan. Pelapukan ini disebabkan oleh faktor iklim (suhu, air, hujan/kapilarisasi air tanah, kelembaban, cahaya matahari) dan adanya perubahan unsur kimia kayu. Gejala yang nampak adalah adanya retakan, perubahan warna pada kayu, dan pembusukan.

a. Degradasi Oleh Cahaya

Cahaya merupakan kisaran gelombang elektromagnet yang terdiri dari sinar ultra violet, sinar tampak dan sinar infra merah. Energi cahaya ini menyebabkan kayu yang halus menjadi kasar karena mengembangnya serat, kemudian retak dan tumbuh berkembang menjadi pecah. Cahaya tampak dan ultra violet mengubah warna kayu menjadi terang atau gelap tergantung pada spesies kayu. Mula-mula warna kayu berubah menjadi pucat, abu-abu kuning atau coklat karena beberapa komponen kimia pecah. Warna ini dipengaruhi oleh komposisi kayu dan faktor tumbuh lainnya.



Gambar 2.6 Degradasi cahaya pada kayu

b. Degradasi Oleh Pengaruh Suhu Dan Kelembaban Ekstrim

Suhu dapat mempengaruhi sifat-sifat struktur dan sifat kimia kayu. Perubahan sifat fisika misalnya pengurangan berat dan kekuatan (hidrolisis asam dari sellulose). Perubahan struktur kayu terjadi karena adanya penyusutan dinding sel dalam dimensi dan skala yang cukup besar. Penyusutan ini menyebabkan volume pori menurun. Dari kenaikan-kenaikan suhu terjadi gaya penyusutan akibat pemuaian termal. Apabila penyusutan pada berbagai dinding sel berbeda maka akan terjadi retakan.





Gambar 2.7 Pengaruh suhu pada kayu

3. Proses Pelapukan Biologis

Kayu dapat diserang oleh jasad hidup atau mikroorganisme. Jasad hidup yang merupakan agensia pelapuk kayu adalah serangga seperti rayap, kumbang bubuk, semut, tawon. Semua jenis serangga tersebut atau larvanya merusak kayu mula mula dengan proses mekanik pengeboran dan memakan zat pati. Serangga menyerang kayu dengan tujuan ganda, untuk perlindungan dan mengganti kebutuhan makanan. Untuk hidup rayap ini tergantung pada selulose. Rayap rayap biasanya menghindari udara terbuka dan masuk ke dalam kayu mula-mula dengan proses pengeboran. Adanya rayap dalam kayu sering tidak diketahui, sehingga kayu yang di bagian dalamnya telah rusak, pada bagian luarnya masih kelihatan utuh, apabila tidak pecah oleh penyebab lain seperti pembusukan atau oleh perusakan secara mekanis.

Rayap menyerang kayu sering dari bawah tanah, terutama yang kondisinya lembab terus menerus. Rayap ini mudah menyerang kayu sehat atau kayu busuk yang ada di atas ataupun di dalam tanah lembab dan membuat saluran-saluran terlindung atau lorong kembara yang terbuat dari tanah dan merupakan jalur mobilitas pulang pergi bagi rayap tanah dari sarangnya di dalam tanah menuju ke kayu dan sebaliknya.

Kayu yang terpendam dalam tanah tidak terlalu dalam (dangkal) dan tidak jenuh air (lembab) rentan terhadap serangan rayap dan berbagai species kumbang. Kumbang bubuk juga demikian, mencari pati yang terkandung didalam kayu sebagai sumber makanannya sehingga banyak lubang dan liang gerakan pada kayu. Kayu yang diserang rayap maupun kumbang bubuk akan rapuh dan kekuatannya menurun.

Agen penyebab degradasi kayu selain serangga juga berbagai jenis jamur (jamur penoda, jamur pembusuk dan jamur pelapuk). Kayu yang memiliki kadar air di atas titik jenuh serat (sekitar 30%), tetapi tidak jenuh seluruhnya atau berada pada lingkungan yang berkelembaban tinggi yang cukup lama atau berhubungan langsung dengan tanah lembab umumnya rentan terhadap serangan jamur. Jamur akan mengakibatkan kayu menjadi lunak, melapuk dan busuk.



Penyakit jamur dibagi menjadi kelompok-kelompok berikut :

- Jamur pembusuk coklat

Mendegradasi polisakarida dan lignin, sehingga kayu menjadi coklat dan rapuh. Kebanyakan jamur pembusuk coklat menyerang kayu lunak dan menyebabkan kekuatan mekanik kayu berkurang.

- Jamur pembusuk putih.

Mendegradasi lignin dan polisakarida. Kayu yang terdegradasi menjadi putih dan lunak. Kebanyakan jamur pembusuk putih lebih suka pada kayu keras. Kayu yang diserang jamur pembusuk putih sifat kekuatannya menurun

- Jamur pembusuk lunak

Mendegradasi lignin dan polisakarida. Laju degradasi untuk komponen masing-masing berbeda diantara berbagai jamur pembusuk lunak. Pembusuk lunak terdapat dalam kayu lunak dan kayu keras serta menghasilkan berbagai laju dalam penurunan sifat-sifat kekuatan kayu.

Kondisi yang diperlukan untuk perkembangan jamur pembusuk kayu adalah:

- a. Sumber energi dan bahan makanan yang cocok.
- b. Kadar air kayu di atas titik jenuh serat kayu
- c. Persediaan oksigen yang cukup
- d. Suhu yang cocok

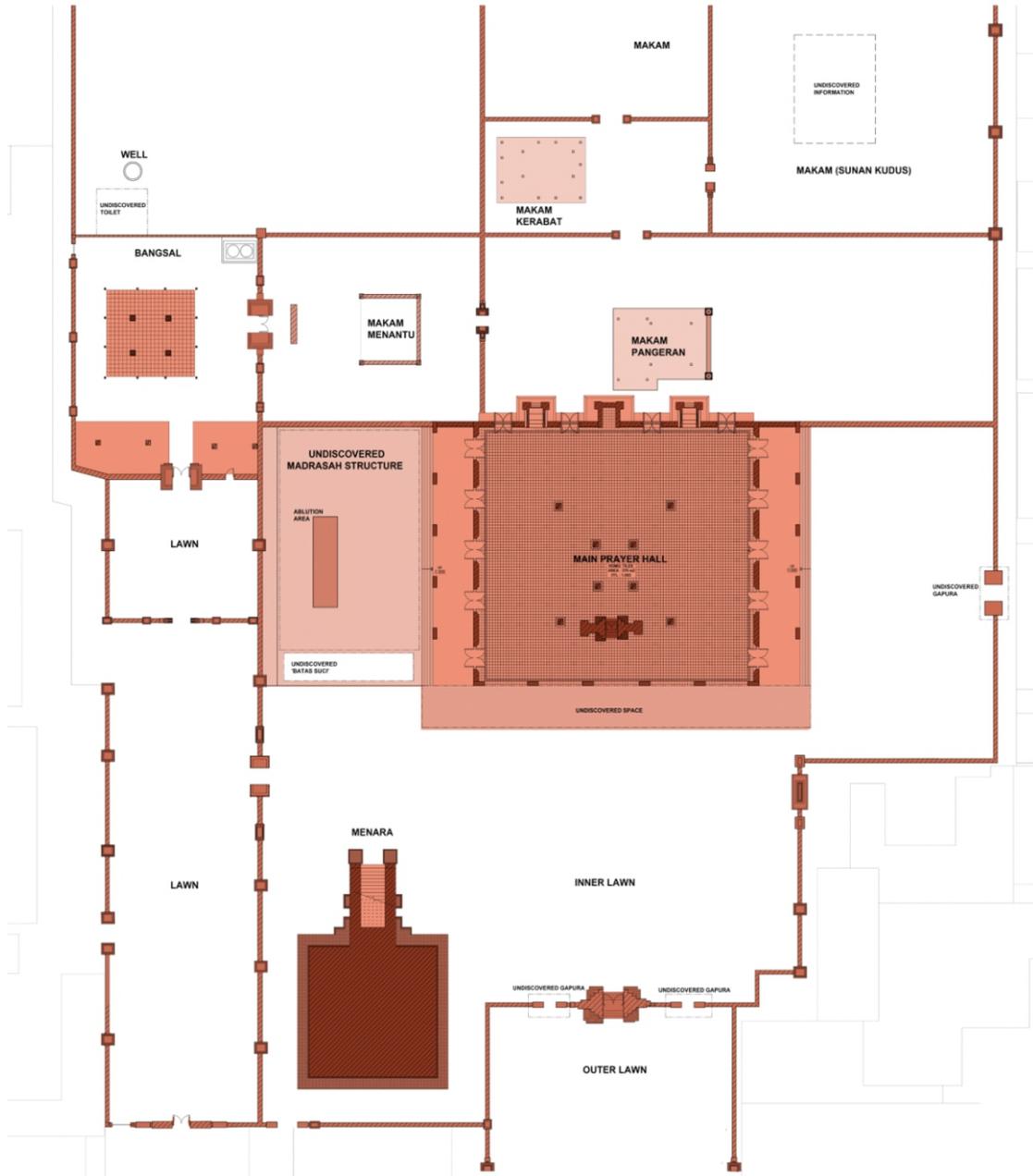
Kekurangan dalam salah satu persyaratan tersebut pertumbuhan jamur akan terhambat. Selain jamur pembusuk juga sering dijumpai jamur kerak yang tumbuh pada permukaan kayu, jamur ini sangat mengganggu pandangan dan tidak begitu merusak kayu karena tahan hidup pada kelembaban yang rendah dan temperatur tinggi



Gambar 2.8 Pengaruh jamur pada kayu

Bakteri juga dapat mendegradasi kayu, tetapi terbatas karena bakteri berkembang biak dengan pembelahan sel dan tidak dapat bergerak dalam kayu kecuali kayu disimpan dalam air





3.1 Material bata

a. Tekstur bata rusak dan retak



Metode perbaikan : Dengan mengganti material dan sistem injeksi, yaitu menambal batuan dengan campuran pasir dan semen.

Metode pemeliharaan : Membuat lapisan kedap air menggunakan geokomposit.

Alat dan bahan : Sekop, ember, pasir, semen, dan air

Waktu : Sekali

b. Bata pecah atau rusak



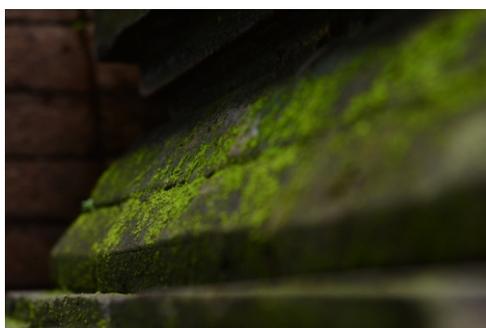
Metode perbaikan : Dengan mengganti material dan sistem injeksi, yaitu menambal batuan dengan campuran pasir dan semen.

Metode pemeliharaan : Membuat lapisan kedap air menggunakan geokomposit.

Alat dan bahan : Bata dengan kualitas yang sama, palu, sekop dan air

Waktu : Sekali

c. Bata berlumut dan jamur



Metode perbaikan : Penggosokan menggunakan sikat berbahan ijuk baik secara kering maupun basah dan pembersihan secara tradisional menggunakan jeruk nipis, tembakau dan abu.

Metode pemeliharaan : Membuat lapisan kedap air menggunakan geokomposit dan membuat sistem drainase yang baik

Alat dan bahan : Sikat bahan ijuk, air, kain bersih dan jeruk nipis, tembakau dan abu dan air

Waktu : Harian atau bulanan



3.2 Contoh kasus pada material bata

Contoh beberapa kasus pelapukan bata yang terjadi setelah pelaksanaan pemugaran adalah sebagai berikut:

1. Pengelupasan permukaan bata pada Candi Tinggi di Muara Jambi sebagai akibat penggunaan massoncel. Hal yang sama juga terjadi di Candi Brahu Jawa Timur, sebagai akibat penggunaan bahan penolak air silicosol. Pada kasus ini teknik pelaksanaannya kurang pas, karena setelah diteliti penggunaan bahan wáter repellent hanya bisa dilakukan bila kondisi bata dalam keadaan kering dan terbebas dari kapilarisasi dan rembesan air dari bawah maupun dari atas. Sehingga dalam pemugaran bangunan bata bila wáter repellent ini akan digunakan wajib hukumnya untuk memasang lapisan kedap air diantara bagian yang akan diolesi wáter repellent tersebut. Sebenarnya wáter repellent merupakan bahan yang tepat untuk mencegah kerusakan dan pelapukan bata yang disebabkan oleh air, misalnya pengggaraman, pertumbuhan mikroorganisme dan menjaga agar bata tetap dalam keadaan bersih, hanya aplikasinya harus tepat.
2. Pengggaraman di Candi Jiwa Karawang Jawa barat, yang disebabkan oleh pemakaian semen PC di dalam struktur bangunan tanpa diolesi lapisan kedap air. Dalam kasus ini setiap perkuatan struktur pada pondasi maupun pada kolom yang menggunakan PC semen, harus dilapisi bahan kedap air untuk mencegah larutnya kalsium bebas.
3. Kerapuhan bata pengganti yang sangat cepat pada beberapa candi bata di Jawa Timur yang disebabkan oleh rendahnya kualitas bata. Kerapuhan bata tersebut disebabkan oleh kualitas pembakaran yang kurang baik (tidak menggunakan kayu, sehingga suhu pembakarannya sangat rendah), serta penambahan bahan lain yang korosif terhadap bata misal belerang, garam (NaCl). Kasus ini bisa dicegah bila pembuatan bata pengganti diawasi atau memilih bata yang berkualitas baik ditinjau dari sifat fisik maupun kimiawinya



3.3 Material kayu

a. Kayu debu dan rayap



Metode perbaikan : Mengganti material kayu dengan kualitas yang sama.

Metode pemeliharaan : Menyemprotkan cairan anti rayap dan pembersihan secara tradisional menggunakan cengkeh, tembakau dan pelepah pisang dengan formula 1:1:1

Alat dan bahan : Kayu dengan bentuk, ukuran dan kualitas yang sama, palu dan gergaji

Waktu : Harian atau bulanan

b. Degradasi cahaya/warna



Metode perbaikan : Kamufase, yaitu merubah bentuk dan bahan agar terlihat seperti semula.

Metode pemeliharaan : Pemantauan kondisi klimatologi dengan alat pengukur suhu.

Alat dan bahan : Melakukan kamufase dengan cara mengecat ulang kayu dan finishing menggunakan politur.

Waktu : Sekali

c. Perkuatan struktur



Metode perbaikan : Mengganti material kayu dengan kualitas yang sama.

Metode pemeliharaan : Menyambung bagian yang rapuh menggunakan lem epoxy dan jenis kayu lainnya.

Alat dan bahan : Lem, epoxy resin dan kayu

Waktu : Sekali



3.4 Contoh kasus pada material kayu

Masalah kerusakan dan pelapukan kayu telah dirasakan sejak manusia belajar membangun dengan kayu. Kini kerusakan dan pelapukan kayu pada bangunan cagar budaya mendapat perhatian yang semakin besar hal ini ditandai dengan adanya seminar, loka karya atau pendidikan dan pelatihan yang mengambil tema masalah kayu. Mengapa hal tersebut dilakukan karena pemahaman tentang kerusakan dan pelapukan kayu masih kurang sehingga banyak bangunan kayu kurang terawat dan rusak. Kerusakan tersebut sering sulit atau bahkan tidak bisa diperbaiki, kecuali dengan mengganti komponen yang mengalami kerusakan dan pelapukan, sehingga akan menimbulkan kerugian ekonomi yang cukup besar, bahkan dapat menghilangkan aset cagar budaya. Di bawah ini contoh beberapa kerusakan dan pelapukan kayu dari berbagai bangunan

Kerusakan dan Pelapukan Kayu di Omo Sebua Nias (Tahun 2007)

Omo Sebua merupakan bangunan rumah panggung terbuat dari kayu. Pada waktu itu bangunan tersebut masih ditempati pemiliknya. Tingkat keterawatannya masih belum memadai karena disamping ukuran rumah cukup besar, di sekitar bangunan berdiri rumah tinggal yang semi permanen. Hanya bagian bagian tertentu yang nampak bersih terutama ruang keluarga. Kotoran yang menempel pada permukaan kayu kebanyakan akumulasi debu dan jelaga karena fungsi dapur masih dimanfaatkan dengan bahan bakar kayu



Komponen bangunan lainnya seperti pada dinding, lantai dan rangka atap telah mengalami kerusakan dan pelapukan biologis yaitu adanya serangan rayap dari tingkat ringan hingga berat dan pertumbuhan jamur serta mikroorganisme. Retak retak, pecah dan perubahan warna juga dijumpai terutama pada bagian komponen bangunan bagian luar yang kena sinar matahari terus menerus. Pelapukan fisis dan kimiawii banyak dijumpai pada kayu-kayu yang berhubungan langsung dengan tanah lembab dan tempat tempat terjadinya kebocoran atap. Gejala yang nampak adalah kayu menjadi lapuk, melunak tingkat kekerasannya dan busuk. Kayu pengganti yang baru dipasang beberapa tahun juga tak luput dari serangan rayap, serta pertumbuhan jamur, hal ini disebabkan kadar airnya kurang diperhatikan.



Gereja Blendok Semarang

Gereja Blendok terletak di tengah kota Semarang, Jawa Tengah, menyatu dengan kawasan kota lama. Kondisi keterawatan gereja blendok cukup baik karena masih difungsikan sebagai rumah ibadah. Namun demikian beberapa komponen bangunan berbahan kayu telah mengalami kerusakan dan pelapukan. Kerusakan dan pelapukan material pelapukan kayu pada Gereja Blendok banyak terjadi pada kayu-kayu bagian luar yaitu pada kusen-kusen jendela, sedangkan kayu-kayu yang berada di dalam ruangan sebagian besar kondisinya masih baik, hanya sebagian kecil yang mengalami pelapukan dan kerusakan, hal yang sama juga terjadi pada kayu konstruksi bagian atap. Gejala kerusakan dan pelapukan yang nampak meliputi retak, patah, rapuh, perubahan warna dan pembusukan serta serangan rayap .Sementara faktor penyebab yang dapat dilihat diantaranya kelembaban/air, suhu/cahaya matahari, serangan rayap dan gaya statis atau beban.



Pelapukan dan kerusakan kayu kusen jendela Gereja Blendok terjadi pada kayu yang berhubungan langsung dengan dinding, tingkat pelapukannya dari ringan ,sedang dan berat. Pada pelapukan tingkat ringan dan sedang struktur kayu mengalami degradasi, tidak lebih dari setengah tebal dan panjang kusen, sedangkan pelapukan tingkat berat struktur kayu mengalami degradasi hampir seluruh tebal dan sepanjang . Pelapukan ini disebabkan oleh kondisi dinding yang selalu lembab dan basah, selanjutnya melalui proses fisis kimiawi unsur-unsur kimiawi kayu yang terdiri dari hemisellulosa, sellulosa, lignin serta zat ekstratif dan zat silica terdegradasi. Selain proses fisis dan kimiawi pelapukan kayu kusen jendela juga disebabkan oleh jamur pembusuk dan jamur pelapuk. Kayu yang memiliki kadar air di atas titik jenuh serat (sekitar 30%), tetapi tidak jenuh seluruhnya atau berada pada lingkungan yang berkelembaban tinggi yang cukup lama atau berhubungan langsung dengan dinding yang lembab umumnya rentan terhadap serangan jamur. Jamur akan mengakibatkan kayu menjadi lunak, melapuk dan busuk



Langkah Pencegahan (Preventif) Terhadap Kerusakan dan Pelapukan Bata dan Kayu

- Melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan bangunan secara berkala.
- Mendeteksi sumber kelembaban (seperti kebocoran atap) dan segera diperbaiki.
- Kayu dan bata lapuk yang berfungsi menahan konstruksi segera diperbaiki, bila perlu diganti dengan kayu dan bata baru yang baik kualitasnya dan memenuhi persyaratan teknis. Sedangkan kayu dan bata lapuk yang tidak menahan konstruksi segera dilakukan tindakan konservasi, agar tidak menimbulkan infeksi pada kayu dan bata lainnya yang masih sehat, terutama material yang diserang rayap dan jamur pembusuk.
- Menjaga kayu dan bata tetap bersih

