

PEDOMAN TEKNIS PEMBASMIAN SERANGGA & BIOTA DI PERPUSTAKAAN



Penyusun :

Made Ayu Wirayati - Ellis Sekar Ayu - Aris Riyadi

Penyunting :

Sri Sumekar - Mulatsih Susilorini

Layout :

Damaji Ratmono



PERPUSTAKAAN NASIONAL RI
2013



**PEDOMAN TEKNIS
PREVENTIF KONSERVASI :
Pengendalian Serangga dan
Jenis Biota Lainnya**

PERPUSTAKAAN NASIONAL RI

2013

Perpustakaan Nasional RI. Data katalog Dalam Terbitan (KDT)

Pedoman Teknis Preventif Konservasi: Pengendalian Serangga dan Jenis Biota Lainnya/ penyusun, Made Ayu Wirayati, Ellis Sekar Ayu, Aris Riyadi; penyunting, Sri Sumekar, Mulatsih Susilorini,-- Jakarta : Perpustakaan Nasional RI, 2013. ... hlm.: Ilus ; ... cm.

ISBN 978-979-008-631-9

1. Bahan Pustaka - Pemeliharaan dan perbaikan - Buku pegangan, pedoman, dsb. I. Made Ayu Wirayati II. Ellis Sekar Ayu III. Aris Riyadi IV. Sri Sumekar V. Mulatsih Susilorini VI. Perpustakaan Nasional RI

025.84

Penyusun :

Made Ayu Wirayati, M Ikom
Ellis Sekar Ayu, S.Pd
Aris Riyadi, S.Si

Penyunting :

Dra. Sri Sumekar, M.Si
Ir. Mulatsih Susilorini, MM

Layout :

Damaji Ratmono, SE, S.IP

Diterbitkan oleh :

Perpustakaan Nasional RI

Jl. Salemba Raya No. 28A Jakarta Pusat

Telp. (021) 3923554, Fax. : (021) 3923554

Email : preservasi@pnri.go.id

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang

KATA PENGANTAR

Undang-undang 43 Tahun 2007 tentang Perpustakaan, menyebutkan bahwa Perpustakaan Nasional RI mengemban tugas dan fungsi antara lain sebagai Pusat Pelestarian. Kekayaan koleksi Perpustakaan Nasional tentang Indosiana yang merupakan aset warisan budaya bangsa yang tidak ternilai harganya dan harus dilestarikan.

Sebagian besar koleksi yang dimiliki oleh Perpustakaan Nasional terbuat dari bahan kertas (baik berupa buku maupun bentuk lembaran, yaitu : monogarf, surat kabar, terbitan berkala, naskah, peta serta lukisan di atas kertas). Koleksi bahan perpustakaan tersebut memiliki resiko kerusakan yang sangat tinggi baik yang disebabkan oleh bahan perpustakaan itu sendiri (faktor internal) , maupun dari luar (faktor eksternal) yang berupa faktor lingkungan dan faktor yang disebabkan oleh ulah manusia (pemustaka).

Tujuan utama program preservasi adalah untuk melestarikan bahan perpustakaan baik pelestarian bentuk fisik yaitu dengan mempertahankan bentuk aslinya dan pelestarian dengan alih media dengan melestarikan kandungan informasinya. Pembasmian serangga merupakan salah satu upaya untuk memelihara bahan perpustakaan agar terhindar dari kerusakan yang disebabkan oleh hewan dan mikroorganisme.

Kondisi lingkungan yang kurang mendukung dapat menyebabkan hewan dan mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang, dimana bahan perpustakaan yang berbahan dasar kertas merupakan nutrien yang baik bagi pertumbuhan hewan dan mikroorganisme karena kertas mengandung selulosa.

Selain merusak bahan perpustakaan, serangga, hewan pengerat dan mikroorganisme (kapang), dapat mendatangkan dampak negatif baik bagi

para pemustaka maupun bagi para pengelola perpustakaan /pustakawan antara lain dapat menimbulkan gangguan pernafasan dan gangguan pada kulit.

Sebagai perpustakaan pembina semua jenis perpustakaan, Perpustakaan Nasional bertugas melakukan pembinaan teknis perpustakaan, termasuk pembinaan teknis tentang pelestarian bahan perpustakaan. Salah satu bentuk pembinaan teknis dalam bidang pelestarian khususnya dalam penanganan serangga dan jenis biota lainnya adalah melalui penerbitan buku Pedoman Teknis Preventif Konsevasi: Pengendalian Serangga Dan Jenis Biota Lainnya

Dengan terbitnya buku pedoman ini ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan bagi semua perpustakaan di Indonesia, dalam pelaksanaan pelestarian bahan perpustakaan.

Dalam penulisan ini tak luput dari kekurangan, oleh karena itu kami mohon saran dan masukan dari pembaca demi kesempurnaan buku pedoman ini.

Jakarta, September 2013,
Kepala Perpustakaan Nasional RI

Ttd
Sri Sularsih

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR LAMPIRAN	102
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	2
B. Dasar Hukum	4
C. Tujuan	4
D. Ruang Lingkup	5
E. Istilah dan Definisi	5
BAB II JENIS BIOTA DAN HABITATNYA	8
A. JENIS BIOTA	9
1. Jamur (<i>fungus/mold</i>)	9
2. Serangga (<i>silverfish, bookworm, booklice, cocroach, silverfish, rayap</i>)	12
3. Hewan Pengerat (<i>tikus</i>)	24
B. HABITAT BIOTA	26
1. Habitat Jamur	26
2. Habitat Serangga	29
3. Habitat Hewan Pengerat	36
BAB III KERUSAKAN AKIBAT BIOTA	39
A. Kerusakan Akibat Jamur	40
B. Kerusakan Akibat Serangga	41
C. Kerusakan Akibat Hewan Pengerat	52

BAB IV FAKTOR PENYEBAB KEBERADAAN BIOTA DI PERPUSTAKAAN	54
A. Temperatur dan kelembaban udara	55
B. Cahaya	56
C. Pollutan	57
D. Nutrien/makanan	57
BAB V STRATEGI PENGENDALIAN FAKTOR BIOTA	59
A. Pengendalian Eksternal gedung	60
B. Pengendalian Internal gedung	62
C. Pemantauan Biota	63
D. Pengendalian pada beberapa biota yang spesifik	63
BAB VI PEMBASMIAN FAKTOR BIOTA DI PERPUSTAKAAN	74
A. Pembasmian Non Kimia	75
B. Pembasmian Dengan Bahan Kimia	79
C. Metode pengendalian Biota di Perpustakaan Nasional	85
BAB VII PENUTUP	100
DAFTAR PUSTAKA	109

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Biota (jamur, serangga, dan hewan pengerat) dapat menimbulkan ancaman yang serius pada koleksi perpustakaan dan arsip. Biota memakan kertas, perekat, sampul serta jilidan pada buku-buku. Merusak berbagai jenis koleksi perpustakaan sehingga menjadi hancur. Namun demikian bahan perpustakaan bukan satu-satunya sumber makanan bagi faktor biota. Adanya limbah makanan yang tersisa di ruangan koleksi juga dapat menjadi pemicu hadirnya faktor biota. Kerusakan karena faktor biota tidak hanya karena kegiatan makan, tetapi juga karena kegiatan melubangi dengan membuat terowongan sebagai salah satu cara jenis serangga untuk menyempurnakan siklus hidupnya serta kegiatan bersarang pada beberapa jenis tikus.

Faktor biota tidak hanya berperan dalam merusak koleksi juga berpengaruh terhadap kesehatan pustakawan maupun pemustaka. Beberapa jenis serangga dapat menimbulkan berbagai macam penyakit seperti gatal-gatal. Gigitan serangga juga dapat menimbulkan bintik-bintik merah pada kulit. Jamur pada buku dapat menyebabkan penyakit. Jenis yang paling umum adalah spesies patogenik menyebabkan *Aspergillus fumigatus* dan *Aspergillus flavus*. *Aspergillus flavus* menghasilkan *aflatoxin* yang bersifat racun dan karsinogen, dan yang dapat berpotensi mengkontaminasi makanan. Yang paling sering menyebabkan alergi penyakit *Aspergillus fumigatus* dan *Aspergillus clavatus*. *Aspergillus* dapat menyebabkan spektrum penyakit pada manusia, bisa jadi akibat reaksi hiper sensitivitas hingga bisa karena atau invasi langsung. Umumnya *Aspergillus* akan menginfeksi paru-paru, yang menyebabkan empat sindrom penyakit, yakni *Allergic Bronchopulmonary Aspergillosis* (BPA), *Chronic Necrotizing Pneumonia*

Aspergillois (CNPA), *Aspergiloma*, dan *Aspergilosis invasif*. Tidak hanya jamur bahkan feses maupun urin tikus apabila terkontaminasi pada makanan akan menimbulkan masalah kesehatan yang sangat serius.

Banyak lembaga yang bergerak dalam layanan informasi melaksanakan pengendalian faktor biota dengan berbagai cara baik secara preventif maupun secara kuratif. Tindakan kuratif dengan pengobatan yang sering dilakukan diantaranya melalui proses pengobatan dengan pestisida sebagai cara untuk memecahkan masalah serangga di perpustakaan dan arsip. Namun demikian penggunaan pestisida menjadi masalah karena tumbuhnya kesadaran bahwa bahan kimia dalam pestisida dapat menimbulkan bahaya kesehatan kepada staf dan kerusakan pada koleksi berbasis kertas. Tetapi dengan adanya metode seperti pembekuan dan penggunaan Nitrogen dapat menjadi alternatif pilihan untuk pengobatan.

Melakukan pengendalian faktor Biota dapat menjadi strategi kunci untuk mengelola serangga dan hewan pengerat yang hidup pada koleksi di perpustakaan dan arsip. Pendekatan yang dilakukan adalah menggunakan cara-cara non-kimia (seperti mengendalikan temperatur dan kelembaban, sumber makanan, serta menjaga daerah-daerah yang menjadi celah masuk faktor biota). Penggunaan bahan kimia dilakukan hanya dalam situasi kritis yang mengancam kehancuran suatu koleksi.

Melaksanakan program pengendalian Faktor Biota pada koleksi memerlukan keterlibatan aktif dari seorang ahli pengendalian biota, manajer koleksi tersebut serta staf pengelola pada perpustakaan dan arsip. Strategi yang dilakukan dengan cara melakukan inspeksi bangunan dan pemeliharaan; melakukan kontrol temperatur dan kelembaban; pembatasan makanan dan tanaman; pembersihan ruangan secara teratur; penyimpanan yang tepat; kontrol terhadap koleksi yang

masuk untuk menghindari infestasi pada koleksi yang ada, serta pemantauan rutin pada faktor biota. Dengan melakukan pengelolaan terhadap faktor biota, faktor-faktor yang memungkinkan biota untuk bertahan hidup dan bereproduksi terkontrol, yang berarti bahwa makanan dan tanaman di area gedung penyimpanan koleksi serta di tempat staf juga harus selalu dijaga dan sangat dibatasi.

B. DASAR HUKUM

Dasar hukum dalam penyusunan pedoman penjilidan ini yaitu :

1. Undang-undang Nomor 4 Tahun 1990 tentang Serah Simpan Karya Cetak dan Karya Rekam.
2. Undang-Undang Nomor 43 tahun 2007 tentang Perpustakaan.
3. Peraturan Kepala Perpustakaan Nasional Nomor 3 Tahun 2001 Organisasi dan Tata Kerja Perpustakaan Nasional RI sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Kepala Perpustakaan Nasional Nomor 1 Tahun 2012;

C. TUJUAN

Tujuan dari penyusunan pedoman perawatan bahan perpustakaan ini yaitu:

1. Sebagai pedoman bagi semua jenis perpustakaan khususnya dalam pengendalian serangga dan jenis biota lainnya;
2. Memberikan pengetahuan dan pemahaman kepada pustakawan, dan para pengelola perpustakaan;
3. Sebagai arah dan kerangka acuan dalam penyusunan arah kebijakan nasional pelestarian bahan perpustakaan.

4. Sebagai panduan dalam tindak lanjut pelaksanaan PP No. 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintah Pusat Dan Daerah khususnya tentang penyusunan kebijakan perawatan dan pelestarian koleksi perpustakaan di daerah;

D. RUANG LINGKUP

Manual ini memuat pedoman teknis tentang bagaimana Pengendalian Faktor Biota, meliputi jamur/mold, serangga seperti rayap, *silverfish*, *bookworm*, *booklice*, kecoa, hewan pengerat seperti tikus, dan lain-lain.

Secara rinci dibahas tentang: jenis biota, habitat serta kerusakan yang ditimbulkan oleh faktor biota, faktor penyebab keberadaan biota seperti faktor temperatur dan kelembaban udara, faktor cahaya, polutan serta nutrien/makanan. Pengendalian faktor lingkungan meliputi internal dan eksternal gedung perpustakaan serta pemantauan biota, faktor biota dan pengendaliannya serta pembasmian meliputi penggunaan bahan non kimia maupun kimia.

E. ISTILAH DAN DEFINISI

1. 1,3-Dichloropropene adalah [senyawa organochlorine](#). Ini adalah cairan tak berwarna dengan bau manis. Mudah larut dalam air dan menguap. Hal ini digunakan terutama dalam pertanian sebagai pestisida, khususnya sebagai preplant [fumigan](#) dan [nematicide](#).
2. Aluminium phosphide adalah phosphide anorganik digunakan untuk mengontrol serangga dan hewan pengerat. Hal ini terutama digunakan sebagai fumigan dalam ruangan transportasi, penyimpanan atau fasilitas pengolahan tanaman (atau dalam

shipholds, gerbong, dll) untuk makanan dan non-tanaman pangan. Dapat digunakan sebagai fumigan luar untuk menggali hewan pengerat dan kontrol mol, atau umpan untuk pengendalian tikus pada tanaman. Aluminium phosphide tersedia dalam pelet dan bentuk tablet

3. Chloropicrin, juga dikenal sebagai PS , adalah senyawa kimia yang saat ini digunakan sebagai antimikroba spektrum luas, fungisida, herbisida, insektisida, dan nematicide. Rumus struktur kimianya adalah Cl_3CNO ns bertanggung jawab atas peningkatan yang telah terjadi di atmosfer sejak revolusi industri
4. Carbon dioksida (CO_2) adalah gas rumah kaca utama yang dipancarkan melalui kegiatan manusia. Pada tahun 2011 , CO_2 menyumbang sekitar 84 % dari seluruh emisi gas rumah kaca AS dari aktivitas manusia. Sementara emisi CO_2 berasal dari berbagai sumber daya alam, emisi manusia untuk peningkatan yang telah terjadi di atmosfer sejak revolusi industry.
5. Magnesium phosphide: adalah phosphide anorganik yang digunakan untuk fumigasi Indoor seperti komoditas pertanian, pakan ternak, komoditas makanan olahan, dan komoditas non - pangan (tembakau), an fumigasi luar untuk menggali hewan pengerat dan kontrol mol. Formulasi : Tablet dan pelet, bubuk dalam kantong , amplop dan wadah lainnya. Aplikasi : 30 tablet atau pelet 75 per meter persegi ; 1-4 tablet atau 5-20 pelet untuk hewan pengerat liang
6. Metil bromida adalah fumigan digunakan untuk pembasmian berbagai hama termasuk laba-laba, tungau, jamur, tanaman, serangga, nematoda, dan tikus diperkenalkan sebagai pestisida pada tahun 1932, metil bromida pertama kali terdaftar di Amerika Serikat pada tahun 1961.

BAB II

JENIS BIOTA DAN HABITATNYA

Kerusakan yang disebabkan oleh faktor biota seperti mikroorganisme, serangga dan tikus umumnya dikenal sebagai *biodeterioration*. Hampir semua bagian dari buku baik itu cover, kertas, jilidan, perekat, sangat rentan terhadap faktor biota. Masalah *biodeterioration* ini merupakan masalah yang cukup penting terutama di negara-negara yang beriklim tropis. Kondisi iklim ini sangat berperan dalam mempercepat proses kerusakan.

A. JENIS BIOTA

Biota dapat dibagi menjadi 3 yaitu : jamur (*fungus/mold*); Serangga (*silverfish, bookworm, booklice, rayap, kecoa*); dan hewan pengerat (Tikus)

1. Jamur (*Fungi/Mold*)

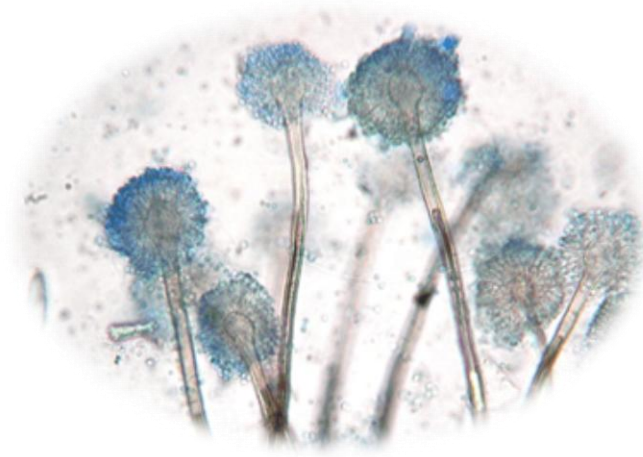
Jamur (*fungus/mold*) adalah kelompok heterogen besar organisme tanaman. Spora jamur hadir di bumi, air dan udara dalam keadaan dorman untuk waktu yang lama. Spora ini bertunas dan tumbuh ketika mereka memiliki kelembaban yang dibutuhkan dan panas. Umumnya jamur tumbuh dalam kisaran kelembaban relatif 63%-100% dan suhu berkisar 15-35 °C. Di perpustakaan jamur hidup pada bahan perpustakaan dikenal sebagai *mold* berwarna coklat, putih dan hitam. *Mold* biasanya akan hidup dan berkembang apa bila ditunjang oleh keadaan lingkungan yang lembab serta sedikit sirkulasi udara. Beberapa jenis jamur menjadi perhatian konservator dan berada di kelas *Ascomycetes* dan *Deuteromycetes* dalam keluarga *Eurotiaceae*, yang mencakup genus *Aspergillus* dan genus *Penicillium*.

a. Jamur *Aspergillus*

Aspergillus adalah suatu jamur yang termasuk dalam kelas Ascomycetes berasal dari ordo yang sama yaitu Hypomycetes yang dapat ditemukan dimana-mana di alam ini. Ia tumbuh sebagai saprofit pada tumbuh-tumbuhan yang membusuk dan terdapat pula pada tanah, debu organik, makanan, kertas, kulit, dan cover buku.

Jamur ini dapat bertahan hidup dalam keadaan asam, kandungan gula tinggi, atau kadar garam tinggi, dimana pada keadaan itu bakteri terhambat pertumbuhannya. *Aspergillus* adalah jamur yang membentuk filamen-filamen panjang bercabang, dan dalam media biakan membentuk miselia dan konidiospora. *Aspergillus* berkembang biak dengan pembentukan hifa atau tunas dan menghasilkan konidiofora pembentuk spora. Sporanya tersebar bebas di udara terbuka.

Ciri-ciri *Aspergillus* adalah mempunyai hifa berseptat dan miselium bercabang, sedangkan hifa yang muncul diatas permukaan merupakan hifa fertil, koloninya berkelompok, konidiofora berseptat atau non septat yang muncul dari sel kaki, pada ujung hifa muncul sebuah gelembung, keluar dari gelembung ini muncul sterigma, pada sterigma muncul konidium-konidium yang tersusun berurutan mirip bentuk untaian mutiara, konidium-konidium ini berwarna (*hitam, coklat, kuning tua, hijau*) yang memberi warna tertentu pada jamur.

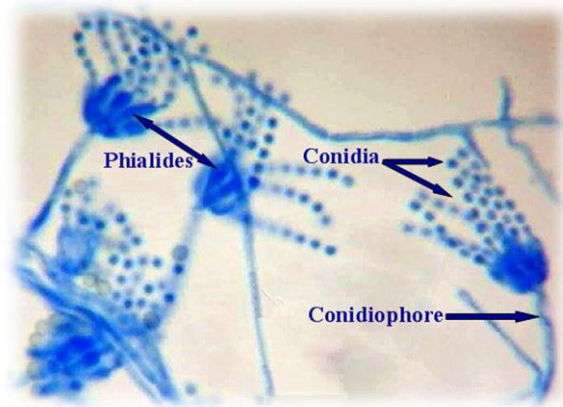


Gambar 1. Jamur Aspergillus

b. Jamur Penicillium

Pada tempat-tempat yang ditumbuhi Aspergillus dapat juga ditemukan Penicillium. *Penicillium sp.* adalah genus fungi dari ordo Hypomycetes. Reproduksi jamur Penicillium berlangsung secara vegetatif (konidia) dan secara generatif (askus). *Penicillium sp.* memiliki ciri hifa bersepta, fase aseksual jamur ini menghasilkan konidium yang disangga oleh konidiofor. Konidium berbeda dengan sporangium, karena tidak memiliki selubung pelindung seperti sporangium. Tangkai konidium disebut konidiofor, dan spora yang dihasilkannya disebut konidia. Berbeda dengan Aspergillus, Konidium ini memiliki cabang-cabang yang disebut phialides sehingga tampak membentuk gerumbul. Lapisan dari phialides yang merupakan tempat pembentukan dan pematangan spora disebut sterigma.

Penicillium hidup sebagai saprofit pada substrat yang banyak mengandung gula, seperti makanan (contoh : nasi, roti, buah yang telah ranum) dan selulosa kertas. Pada substrat tersebut, jamur ini tampak seperti noda biru atau kehijauan.



Gambar 2 . Jamur Penicillium

Mold adalah istilah umum digunakan disebagian besar negara di dunia untuk beberapa jenis jamur. *Mold* tumbuh melalui penyebaran spora di udara dan akan berkecambah apabila dalam kondisi yang tepat. Untuk berkecambah *mold* memerlukan kondisi yang lembab. Tanda-tanda yang terlihat spora membentuk benang-benang yang disebut hifa selanjutnya benang-benang hifa akan membentuk miselium dengan permukaan seperti beludru.

2. Serangga

Jenis serangga sangat bervariasi tetapi ada beberapa serangga yang biasa ditemukan pada ruangan perpustakaan diantara tumpukan buku diantaranya adalah:

2.1. Book worm

Book worm (book borer) berasal dari *Ordo Coleoptera*. Terdiri dari berbagai jenis kumbang yang juga menjadi hama di tempat penyimpanan bahan-bahan yang mengandung selulosa dan pati seperti kertas, karton, katun, linen, dan biji-bijian bahan pangan. Ada lebih dari seperempat juta spesies kumbang.

a. Kumbang Penggerek Kayu (*Anobium punctatum*)

Kumbang penggerek kayu atau *Woodworm* (*Anobium punctatum*), tersebar luas di negara beriklim dan membutuhkan waktu 2 - 3 tahun untuk menyempurnakan siklus hidupnya. Semua tergantung kepada adanya makanan, serta suhu dan kelembaban. Kumbang dewasa akan muncul dari lubang-lubang yang telah dibuat pada musim semi atau panas berukuran 1,5 - 2 mm.

Larva dari *kumbang penggerek kayu* (*Stegobium paniceum*) juga sering disebut sebagai bubuk buku. Seperti kumbang rokok, tumpukan bubuk kertas menandakan serangga ini aktif.



Gambar 3. Kumbang penggerek kayu

b. *Cigarette beetle* (*Lasioderma serricornis*)

Kumbang rokok (*Lasioderma serricorne*) adalah kumbang kecil, berwarna coklat muda, kumbang terbang yang biasanya menyerang buku. Kumbang rokok dewasa berwarna kekuningan hingga coklat kemerahan, berbentuk oval, dan panjang sekitar 0,25 cm. Kepala dibengkokkan ke bawah secara tajam, penampilan bongkok dilihat dari samping. Sayap pelindung (elytra) yang halus, dan segmen antena seragam dan bergerigi.



Gambar 4. Kumbang rokok

c. *Drug store beetle* (*Stegobium paniceum*)

Kumbang biskuit atau kumbang apotek (*Stegobium paniceum*) merupakan serangga dewasa berwarna coklat kemerahan, bentuknya lebih memanjang berukuran kecil dengan panjangnya 2 mm mempunyai larva yang sangat kecil.

2.2 Rayap (*termites*)

Rayap termasuk ordo *isoptera*. Ada banyak spesies yang berbeda dari rayap tetapi umumnya mereka dibagi menjadi dua jenis rayap dengan cara hidup yang berbeda-beda. Rayap kayu kering dan jenis rayap tanah yang sering menyebabkan kerusakan yang besar pada koleksi. Rayap yang hidup pada kayu meliputi spesies *Cryptotermes* dan *Kalotermes*.

Tiga jenis rayap terjadi : Rayap tanah (subterranean termites), Rayap kayu kering (dry wood termites), Rayap kayu lembab (damp wood termites).



Gambar 5. Rayap kayu

a. Rayap tanah (*Coptotermes curvignathus* Holmgreen)

Rayap tanah (*Subterranean termites*) bersarang di dalam tanah, tempat dimana rayap mendapatkan kelembabannya. Rayap ini dapat menyerang kayu yang kontak dengan tanah . Jika tidak ada kayu yang langsung kontak ke tanah, rayap dapat membangun terowongan lumpur di dalam celah-celah pondasi atau bagian luar beton untuk mencapai kayu beberapa meter di atas tanah.



Gambar 6. Rayap kayu kering

b. Rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus* Light.)

Rayap kayu kering (*dry wood termites*) terlihat sangat mirip dengan rayap tanah, tetapi mereka sangat berbeda dalam perilaku dan fisiologinya karena rayap kayu kering mendapatkan air semata-mata dari metabolisme (dari kayu) atau melalui uap air di lingkungannya, rayap kayu kering tidak perlu untuk mempertahankan kontak dengan tanah atau dengan sumber eksternal kelembaban. Rayap kayu kering membutuhkan sesedikit 2,5 sampai 3 persen kelembaban, tetapi lebih memilih kayu dengan kadar air 10 persen. Rayap kayu kering tinggal di dalam kayu kering dan tidak bersentuhan (kontak) dengan tanah.



Gambar 7. Rayap kayu lembab

c. Rayap kayu lembab (*Zootermopsis spp.* dan *Neotermes spp.*)

Rayap kayu lembab (dampwood termites) umumnya jauh lebih besar daripada rayap tanah. Tidak ada kasta pekerja di Rayap kayu lembab dan nimfa melakukan semua tugas yang biasanya dilakukan oleh kasta pekerja. Rayap dewasa dapat mencapai 20 mm.

2.3 Silverfish (*Lepisma saccharina*)

Silverfish adalah serangga yang paling kuno berbeda dari semua serangga karena pertumbuhannya hanya melalui 3 tahap kehidupan : telur, nimfa dan dewasa. Silverfish berada di bumi sebelum serangga bersayap berkembang.



Gambar 8. Silverfish

2.4 Kecoa (*Cockroaches*)

Kecoa adalah salah satu kelompok serangga yang dikenal paling mudah beradaptasi sehingga kecoa di perkotaan suka dengan suhu dan kelembaban dimana manusia tinggal dan bekerja

Kecoa adalah salah satu serangga tercepat di planet ini ketika terancam oleh predator dan dapat bersembunyi dengan cepat dari bahaya karena mempunyai kaki berduri panjang yang membantu berjalan sangat cepat di semua jenis permukaan. Kecoa memiliki pendengaran yang sangat baik. Telinga mereka berada di setiap sendi lutut enam kaki mereka dan sangat sensitif sehingga mereka dapat mendeteksi gempa bumi dan Kecoa dapat melihat di sinar inframerah.

Jenis kecoa yang umum ditemukan di dalam bangunan di Indonesia:

a. Kecoa Jerman (*Blattella germanica*)

Kecoa Jerman adalah kecoa yang paling umum. Meskipun memiliki sayap, tidak mampu untuk terbang. Panjang tubuh 1 - 1,5 cm, berwarna coklat muda sampai coklat tua. Pada kecoa betina biasanya warnanya lebih gelap dan perut mereka lebih bulat. Kecoa jantan memiliki perut yang lentik.

Setiap kapsul telur mengandung 30 sampai 40 telur. Seekor kecoa betina bisa menghasilkan 4 (empat) sampai 8 (delapan) kapsul telur dalam hidupnya. Kecoa betina akan menurunkan ooteka sebelum waktunya dan melarikan diri apabila ada bahaya ekstrim atau pada kelembaban yang sangat rendah (udara yang sangat kering). Setelah menetas, bayi kecoa perlu waktu 2 (dua) bulan untuk menjadi dewasa.



Gambar 9 : Kecoa Jerman (Gambar : Entomologi - University of Nebraska)

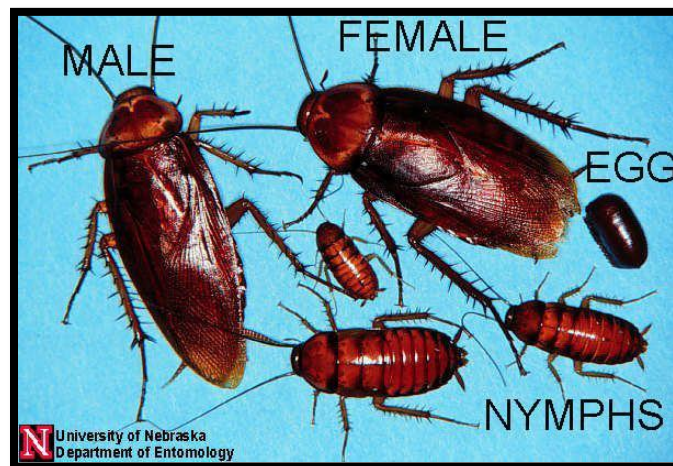
Ketika telur menetas, nimfa (serangga muda) keluar dari kapsul telur dan sering tinggal dekat dengan kapsul telur yang telah terbuka. Nimfa berkembang dengan meranggas sekitar tujuh kali sebelum mencapai fase dewasa. Setelah meranggas nimfa berwarna kuning gading selama beberapa jam sebelum berubah gelap. Nimfa terlihat berbeda dari kecoa dewasa karena nimfa belum sepenuhnya memiliki sayap. Nimfa hanya mempunyai skala sayap, dua garis paralel gelap

sepanjang dada yang disebut instar. Kecoa dewasa yang bersayap muncul dari tahap meranggas yang terakhir.

b. Kecoa Amerika (*Periplaneta americana*)

Kecoa Amerika adalah spesies kecoa bersayap yang besar. Kecoa ini kurang tahan terhadap dingin. Itulah sebabnya kecoa ini biasanya ditemukan di dekat habitat manusia. Kecoa Amerika dapat bergerak sangat cepat dan kecoa jantannya bisa terbang. Kecoa Amerika kadang-kadang disebut 'kutu air'.

Panjang tubuh kecoa Amerika dewasa 2,5 sampai 3,8 cm. Sayap kecoa laki-laki lebih panjang daripada tubuhnya sedangkan sayap betina dewasa lebih pendek. Kecoa Amerika berwarna coklat kemerahan dengan ujung berwarna coklat muda, abdomen dan protoraks berwarna kuning dan warna antenanya coklat.



Gambar 10. Kecoa Amerika (Gambar : Entomologi - University of Nebraska)

Kecoa Amerika cenderung bersembunyi pada area yang gelap, ruang bawah tanah, dan langit-langit gedung. Kecoa akan muncul di

malam hari untuk mencari makan ke ruangan perpustakaan dan memakan koleksi. Kecoa Amerika hidup di habitat lembab dan hangat seperti, terowongan, kapal, dan sistem saluran pembuangan. Di musim kemarau, hidup di selokan dan celah trotoar dan di musim hujan, mereka ditemukan di dalam ruang bawah tanah, terowongan, pipa, lantai saluran air, dan genangan air.

c. Kecoa Oriental (*Blatta orientalis*)

Kecoa Oriental juga disebut "kutu air" karena mereka suka sarang yang lembab, gelap, dan sejuk. Kebanyakan kecoa ini mencari makanan di lantai dasar gedung. Di luar gedung selama bulan-bulan hangat, dapat ditemukan di bawah trotoar, daun busuk, tempat sampah dan di saluran pembuangan pabrik.

Nimfa kecoa Oriental meranggas tujuh sampai sepuluh kali. Ketika kecoa oriental menetas dari telur, nimfanya berwarna coklat pucat. Setelah meranggas pertama warna nimfanya menjadi coklat kemerahan sampai hitam. Sangat sulit untuk membedakan nimfa kecoa Oriental dan kecoa Amerika karena mereka terlihat sama. Diperlukan waktu sekitar 1 (satu) tahun untuk kecoa ini untuk mencapai dewasa. Sebagai kecoa dewasa, ia akan hidup sampai 6 (enam) bulan.

d. Kecoa Australia (*Periplaneta australasiae*)

Kecoa ini bukan asli negara Australia seperti namanya, tetapi berasal dari Afrika beberapa abad yang lalu. Sejak itu telah banyak tersebar di seluruh dunia melalui perdagangan dan aktivitas manusia. Australia kecoa (*Periplaneta australasiae*) adalah spesies kecoa besar, bersayap dan berkembang dengan panjang 3 - 3,5 cm. Kecoa Australia berwarna coklat, penampilan sangat mirip dengan kecoa

Amerika. Perbedaannya ukurannya sedikit lebih kecil dari kecoa Amerika, memiliki margin kuning di dada dan garis-garis kuning di sisinya dekat pangkal sayap dan perbatasan kuning pada pronotum (area belakang kepala) sangat berbeda. Coretan kuning pada sisi dasar dari sayap. Kecoa betina menurunkan kapsul telur tak lama setelah itu terbentuk di dekat sumber makanan, di celah-celah, di dinding, atau di bawah kayu lembab. Rata-rata kecoa betina akan meletakkan satu kapsul telur per bulan. Telur menetas sekitar 30 hari setelah kapsul telur dijatuhkan. Kecoa betina dapat menghasilkan 12 - 30 kapsul telur dalam seumur hidup. Ada sekitar 16 - 24 telur per kapsul, tapi hanya sekitar 2/3 jumlah ini biasanya menetas.

2.5 Booklice

Booklice disebut juga Psocids atau kutu buku termasuk ke dalam Ordo Psocoptera. *Booklice* merupakan hewan kecil berwarna abu-abu pucat atau putih kekuningan, dengan panjang sekitar 0,2 cm (2 mm). Kepala dan abdomen (perut) *booklice* relatif lebih lebar daripada bagian toraks (dada) dan memiliki antenna yang relatif panjang, termasuk serangga bertubuh lunak dan tidak bersayap tetapi ada beberapa spesies *booklice* dewasa bersayap.

Booklice kadang-kadang disebut "kutu buku" karena mereka banyak ditemukan di buku dan kertas yang mengandung pati yang disimpan di tempat yang lembab, memerlukan kelembaban udara minimal 60 %. Kelembaban yang tinggi sangat menguntungkan, karena menjaga *Booklice* dari kekeringan dan mempercepat pertumbuhan jamur yang merupakan makanan *Booklice*. Untuk mengurangi *Booklice* dapat dengan memberantas jamur yang merupakan makanan *Booklice* dan mengeringkan ruang penyimpanan dengan perbaikan ventilasi atau

mengurangi kelembaban udara di ruangan menggunakan dehumidifier atau AC .



Gambar 11. *Booklice (Lepisma sp)*

2.6 Hewan Pengerat (*Rodentia*) Tikus

Tikus tertarik untuk tinggal di tempat gelap, lembab, kotor, berantakan, dan tidak terganggu manusia yang dapat menyediakan tempat untuk mereka bersembunyi, melakukan aktivitas makan dan minum. Tikus dapat beradaptasi dengan lingkungan manusia. Jika makanan yang mereka sukai tidak tersedia, kedua spesies tikus akan memakan makanan / benda apapun yang tersedia termasuk kertas.

a. Tikus Norwegia (*Rattus norvegicus*)

Tikus Norwegia juga disebut tikus coklat, tikus riul, tikus rumah, tikus selokan, dan tikus dermaga. Norwegia tikus dianggap tikus yang paling penting di dunia karena ditemukan di setiap negara. Tekstur rambutnya kasar, agak panjang; bentuk hidungnya, kerucut terpotong; bentuk badannya, silindris agak membesar ke belakang; badan dorsalnya berwarna coklat hitam kelabu; Badan ventralnya berwarna coklat kelabu

(pucat); Ekor dorsalnya berwarna gelap; Ekor ventralnya berwarna gelap agak pucat.

b. Tikus hitam (*Rattus rattus*)

Tikus hitam disebut juga tikus atap, tikus kapal dan tikus Alexandrine. *Rattus Rattus* berasal dari Asia dan saat ini ditemukan di seluruh dunia. *Rattus rattus* memiliki potensi reproduksi yang tinggi. Musim kawin berlangsung sepanjang tahun.

Tikus hitam sebagai penyampai penyakit seperti penyakit pes, tifus, keracunan makanan, dan cacangan. Satu subspecies, *Rattus rattus brevicaudatus*, bahkan telah menyebabkan kelaparan. Tikus ini mengkonsumsi dan menghancurkan toko-toko makanan dan membawa wabah dan penyakit dengan kutunya, urine dan kotoran. Tikus hitam menggerogoti isolasi kabel listrik, kadang-kadang menyebabkan kebakaran. Tikus ini dapat membunuh unggas, ternak domestik, dan burung memberi kontribusi pada kepunahan banyak spesies satwa liar .

c. Tikus rumah (*Mus musculus*)

Tekstur rambutnya lembut dan halus; bentuk hidungnya, kerucut; Bentuk badannya silindris; Badan dorsalnya berwarna coklat hitam kelabu; Badan ventralnya berwarna coklat hitam kelabu; Ekor dorsalnya berwarna coklat gelap; Ekor ventralnya berwarna coklat gelap. Tikus rumah memiliki telinga cukup besar untuk ukuran tubuhnya. Panjang tikus rumah 2,5 - 10 cm.



Gambar 12. Tikus rumah

B. HABITAT BIOTA

1. Habitat Jamur

Di udara terdapat jutaan konidia jamur dan akan tumbuh di permukaan substrat kalau kondisi lingkungannya cocok, yaitu kelembaban tinggi, suhu udara yang hangat, udara yang tidak bersirkulasi, dan cahaya yang kurang. *Mold* dapat tumbuh pada setiap permukaan bahan yang lembab, diantaranya seperti kertas, kulit, dan cover buku, menyebabkan timbulnya noda yang berwarna putih, coklat, hitam, dan lain-lain.

Setidaknya ada 180 genus atau spesies jamur yang dikenal sebagai perusak selulosa yaitu mereka menggunakan serat selulosa sebagai makanan. Efek dari penyebaran jamur yang parah di atas kertas dapat dengan mudah dilihat. Kertas akan kehilangan kekuatan dan menjadi rapuh dan berspora, terlihat jelas penipisan kertas. Kerusakan selulosa umumnya diamati setelah periode pertumbuhan jamur yang meluas *Aspergillus* dan *Penicillium* ini tersebar luas melalui udara dan jamur yang umumnya terdapat di artefak-artefak (benda budaya) dan material arsip (kertas) (Florian, 2002). *Aspergillus* dan *Penicillium* akan cenderung untuk menyerang selulosa atau zat aditif kertas, sizing dan lem pelapis.

Jamur umumnya bersel banyak (multiseluler), bersifat eukariotik (memiliki membran inti sel), tidak memiliki klorofil, sehingga bersifat heterotrof (tidak mampu membuat makanan sendiri), ada yang bersifat *parasit* (organisme yang hidup dan memperoleh makanan dari sel inangnya), ada yang bersifat *saprofit* (organisme yang hidup dan memperoleh makanan dari benda mati atau busuk) dan ada yang bersimbiosis (mutualisme) membentuk *lichenes*.

Reproduksi jamur ada yang secara vegetatif/aseksual dan ada yang secara generatif/seksual. Secara vegetatif dengan spora, tunas, konidia, maupun fragmentasi. Secara generatif dengan konjugasi membentuk zygospora, askospora, dan basidiospora. Memiliki keturunan diploid yang singkat (berumur pendek). Spora jamur ada dimana-mana dan kondisi lingkunganlah yang menentukan apakah spora akan tumbuh atau tidak.

Habitat jamur di tempat lembab, mengandung zat organik, sedikit asam, dan kurang cahaya matahari. Faktor yang paling penting untuk perkecambahan dan pertumbuhan jamur adalah kelembaban. Kelembaban udara di atas 65 % dapat menyebabkan spora jamur untuk tumbuh. Semua jamur membutuhkan kelembaban untuk tumbuh, agar menghasilkan enzim untuk mendapatkan nutrisi dari substrate di mana mereka tumbuh dan bereproduksi. Bahan organik yang menjadi tempat jamur tumbuh, seperti kertas, kayu dan tekstil bersifat higroskopis maka akan mengambil air dari lingkungan. Beberapa jamur ditemukan di koleksiakan tumbuh pada suhu 15 menjadi 35 °C dan suhu optimum untuk pertumbuhan jamur tertentu biasanya sekitar 26 - 30 °C. Jamur lebih memilih media sedikit asam dengan pH = 6 untuk pertumbuhan menjadi optimal untuk sebagian besar spesies. Penelitian telah

menunjukkan bahwa pH signifikan berpengaruh pada intensitas noda dan warna.

Jamur lain yang tidak benar-benar mengonsumsi selulosa dapat merusak kertas dengan memperlemah ikatan serat karena mereka memakan bahan lain di kertas. Bahan sizing dan pelapis ditambahkan ke kertas selama proses pembuatan untuk meningkatkan printabilitas, tekstur, warna atau kecerahan kertas merupakan sumber potensial nutrisi bagi jamur. Kertas yang dijilid kurang rentan terhadap kelembaban udara yang tinggi dan penyebaran spora dari pada lembaran kertas. Jamur tertentu jarang terdapat pada kertas yang dijilid, hanya ada pada jilidan dan lembaran kertas yang terpapar kelembaban selama jangka waktu tertentu.

Kulit hewan yang telah disamak lebih tahan terhadap pertumbuhan jamur daripada kulit hewan yang tidak disamak. Komponen dari kulit yang mendukung pertumbuhan jamur adalah pelumas, bahan pendingin dan finishing. Kelembaban udara yang tinggi adalah penyebab utama dari kerusakan kulit. Lem dari bahan tumbuhan dan hewan menjadi media pertumbuhan jamur. Perekat sintetik (contoh CMC) lebih tahan terhadap jamur, tapi tidak sepenuhnya kebal. Hampir semua bahan fotografi memiliki struktur terdiri dari lapisan pendukung (substrate) dan lapisan pengikat (emulsi) yang mengandung partikel mikroskopis gambar. Lapisan pendukung fotografi yaitu film logam, kaca, kertas atau plastik seperti selulosa nitrat, selulosa asetat atau polyester. Partikel gambar seperti perak atau pigmen pewarna. Semua lapisan dalam struktur fotografi itu rentan terhadap serangan dan pertumbuhan jamur.

2. Habitat Serangga

Serangga bervariasi jenisnya tetapi hanya jenis serangga tertentu yang merusak bahan perpustakaan dan paling banyak ditemukan diantaranya jenis rayap, *silverfish*, *bookworm*, *booklice* dan kecoa.

Serangga mengalami metamorfosa dalam siklus hidupnya. Proses serangga tumbuh mengalami beberapa tahapan sampai akhirnya menjadi dewasa Tetapi tidak semua serangga mengalami tahapan telur, larva, pupa, nimfa. Kebanyakan serangga akan sangat merusak ketika melalui proses larva dan dapat menghancurkan koleksi karena saat itu dibutuhkan makanan yang cukup untuk bisa tumbuh menyempurnakan siklus hidupnya.

a. Kumbang Penggerak Kayu (*Anobium punctatum*)

Kumbang Penggerak kayu akan bertahan dalam kondisi dingin atau kondisi basah tetapi tidak akan berkembang dalam kondisi kering dengan kelembaban dibawah 55%. *Woodworm* dapat hidup terutama pada jenis koleksi yang disimpan di dalam gudang, bangunan atau daerah dimana ada kebocoran, serta sirkulasi udara yang buruk.

Larva dari *kumbang penggerak kayu* (*Stegobium paniceum*) larva kumbang adalah salah satu jenis yang dikenal sebagai bubuk buku dengan telur diletakkan pada punggung buku dan sepanjang tepi buku Kumbang dewasa keluar meninggalkan lubang bulat, serta bubuk kertas di rak. Salah satu favorit kumbang ini adalah bunga dan rempah-rempah yang dikeringkan; bunga dan rempah-rempah ini tidak boleh dibawa ke dalam perpustakaan.

b. Kumbang Rokok (*Cigarette beetle*)

Kumbang rokok betina bertelur sekitar 30 telur dalam jangka waktu 3 minggu. Telur menetas dalam 6 sampai 10 hari. Tahap larva berlangsung dari minggu ke-5 hingga minggu ke-10 dengan larva menghindari

cahaya.. Segera setelah menetas, larva membuat terowongan di bawah cover, khususnya di daerah punggung buku. Serangga kemudian mulai membuat terowongan hingga 10 sentimeter ke dalam teks kertas, di mana pupa berubah menjadi kumbang dewasa.

c. *Drug store beetle (Stegobium paniceum)*

Kumbang biskuit atau kumbang apotek bertelur tunggal dekat dengan makanan. Periode larva berkisar 4-5 bulan. Larva memakan bahan pati, terutama lem kanji atau starch tepung gandum yang digunakan pada kertas pelindung dan restorasi buku.

3. Rayap (*termites*)

Rayap berkembang dengan metamorfosis bertahap yaitu melalui tahapan telur, nimfa dan dewasa. Nimfa terlihat seperti rayap dewasa kasta pekerja. Rayap kadang kadang disebut 'semut putih' karena penampilan rayap mirip semut tetapi rayap bukan semut karena beberapa perbedaan penampilan fisik rayap dibanding dengan semut yaitu rayap mempunyai pinggang yang tidak sempit, badan rayap lurus tidak ada penyempitan, thoraks (dada) dan perut menyatu, antena rayap sepenuhnya fleksibel yang digunakan untuk menyentuh dan merasakan, rayap mempunyai sayap yang panjang dan sempit, sayap rayap putus dengan sentuhan. Dalam batas tertentu, rayap mampu mengatur kondisi suhu di koloninya. Pada cuaca panas dan dingin yang ekstrem, rayap akan ditemukan di bawah tanah, kondisi yang nyaman untuknya.

a. Rayap Tanah

Rayap tanah membutuhkan cukup air secara konstan. Kelembaban diperoleh sebagian dari hasil metabolisme rayap dan sebagian lagi dari kelembaban tanah, yang berdifusi di sepanjang

terowongannya. Terowongan rayap biasanya mempunyai lebar 0,6 - 1,3 cm. Karena rayap biasanya memperoleh kelembaban dari tanah, mereka umumnya tergantung pada jenis tanah. Kelembaban di tanah liat erat terikat pada partikel tanah sehingga tanah liat tidak sesuai untuk rayap. Tanah berpasir memungkinkan lebih banyak uap air tersedia dan akibatnya rayap lebih mampu bertahan di tanah berpasir.

Rayap tanah bersembunyi di dalam tanah atau kayu sehingga jarang terlihat. Namun, kehadiran rayap dapat dideteksi dalam beberapa cara diantaranya dengan hadirnya laron. Kehadiran rayap muncul di dekat struktur. Laron akan tertarik pada cahaya dan sayapnya terlepas yang dapat ditemukan di dekat jendela. Kayu rusak sering tidak diperhatikan, kayu yang rusak akan berongga. Rayap tanah makan mengikuti serat kayu. Kayu yang diserang rayap akan berisi tanah dan partikel kotoran. Rayap dapat mendeteksi getaran melalui kaki mereka. Rayap tidak mampu mendengar suara-suara di dekat sarang mereka tetapi segera bereaksi saat sarang mereka diganggu. Bila khawatir, rayap prajurit akan membenturkan kepalanya ke kayu yang diserang untuk membuat getaran, untuk memperingatkan koloni akan adanya bahaya. Rayap akan cepat mati dalam kondisi kering. Koloni rayap dapat berkembang di puing-puing kayu dan tanah, dan bisa masuk ke dalam gedung.

b. Rayap Kayu Kering

Rayap kayu kering dapat diidentifikasi oleh adanya tumpukan seperti pelet. Sarang dan koloninya seluruhnya dibangun dalam kayu atau kertas. Laron merupakan rayap yang meninggalkan koloni atau keluar dari sarangnya untuk mencari pasangan dengan berkumpul dekat lampu. Laron yang tidak menemukan pasangannya akan mati saat fajar

tiba Jika berhasil kawin, beberapa akan menjadi pasangan kerajaan - raja dan ratu koloni baru.

Berbeda dengan rayap tanah, Rayap Kayu Kering membentuk koloni di dalam kayunya bukan di bawah tanah. Sejak Rayap Kayu Kering membentuk koloni dalam kayu mati, mereka tidak memiliki akses ke air secara gratis, rayap ini mendapatkan air melalui metabolisme Beberapa Rayap kayu kering membuat koloni di tempat yang panas, daerah kering di mana suhu tinggi dan kelembaban rendah mengurangi tersedia air dari lingkungan.

Koloni Rayap kayu kering jauh lebih kecildaripada rayap tanah, koloni dewasa mungkin hanya memiliki beberapa individu sampai beberapa ratus anggota. Dibandingkan dengan rayap lainnya koloni Rayap Kayu Kering agak kecil dan koloni berkembang relatif lambat. Biasanya diperlukan waktu bertahun-tahun untuk memiliki koloni laron. Jika kondisimenguntungkan, sebuah laron pria dan wanita (raja dan ratu) akan mulai koloni di kayu lainnya.

Rayap kayu kering memiliki tubuh lunak dan berbentuk silinder, warnanya biasanya coklat pucat, berkaki enam, memiliki mata majemuk dan jenis mulut mengunyah. Sebagian besar spesies Rayap kayu kering tidak ada kasta yang benar-benar pekerja (rayap tanah memiliki kasta pekerja); fungsi ini diambil alih oleh rayap yang belum dewasa yang bersayap, putih krem dalam warna, panjangnya 0,6 sampai 0,9 cm dan membuat jumlah terbesar individu dalam koloni. Mereka mengumpulkan makanan, memperbesar sarang dan pakan dan perawatan untuk ratu, rayap dewasa dan rayap muda dalam koloni.

Ukuran maksimum koloni tergantung pada faktor-faktor seperti lokasi, ketersediaan makanan dan kondisi lingkungan. Sebagian koloni tetap kecil, tapi beberapa koloni di bagian yang sama dari kayu dapat

berisi hingga 10.000 rayap. Sebuah koloni tumbuh melalui peningkatan produksi telur ratu dan akumulasi individu rayap yang berumur panjang

c. Rayap kayu lembab (*Zootermopsis spp.* dan *Neotermes spp.*)

Sepasang laron diproduksi untuk tujuan kawin dan memulai koloni baru Rayap kayu lembab. Laron memiliki antena lurus, empat pasang sayap panjang yang sama dan sisi tubuh lurus. Laron panjang 2,54 cm, termasuk sayap mereka. Laron menemukan sepotong kayu yang cocok dan membuat ruang di dalamnya. Mereka menghasilkan beberapa butir telur tahun pertama. Telur akan menetas menjadi nimfa (serangga muda) yang berwarna krem dan dapat tumbuh menjadi sekitar 1.2 cm panjangnya. Nimfa Rayap kayu lembab yang bertugas sebagai pekerja dapat menjadi rayap prajurit bila telah menjadi rayap dewasa. Koloni pertama biasanya kecil, tetapi dalam kondisi ideal Rayap kayu lembab koloni dapat menjadi besar.

Rayap kayu lembab lebih menyerang kayu basah yang sudah terkena jamur atau kayu basah dan membusuk. Rayap kayu lembab tidak membuat sarang di tanah seperti rayap tanah. Saat melakukan serangan Rayap kayu lembab membuat kerusakan pada kayu dengan dihubungkan oleh terowongan yang dindingnya halus. Kayu yang telah rusak oleh Rayap kayu lembab biasanya terlihat bersih dan halus di dalam. Tidak ada tanah di kayu yang dirusak, tetapi jika kondisi sangat basah, pelet kotoran akan menempel pada kayu dan muncul sebagai tanah . Jika kondisi kering, pelet kotoran menumpuk di bagian bawah kayu yang dirusak atau dikeluarkan dari kayudengan cara yang sama seperti Rayap Kayu Kering lakukan. Rayap kayu lembab sering menggunakan feses pelet untuk menutup kayu yang dirusaknya tujuannya untuk mempertahankan tingkat kelembaban yang tinggi

dalam kayu tersebut. Pelet tinja panjang sekitar 0,08 cm dan berwarna sesuai dengan kayu yang dimakan. Pelet rayap kayu lembab biasanya sangat mirip dengan 32 pelet Rayap Kayu Kering dalam bentuk oval memanjang tetapi dengan enam sisi diratakan bukannya cekung. Jika kayu yang dirusak sangat basah, peletnya bulat-bulat.

Rayap kayu lembab seperti namanya, hanya akan menduduki kayu dengan kadar air yang tinggi. Rayap kayu lembab menyerang kayu langsung dan biasanya tidak bersembunyi di dalam tanah. Koloni Rayap kayu lembab eksklusif tinggal kayu, sebagian besar spesies tidak memerlukan kontak dengan tanah kecuali rayap kayu lembab yang ada di gurun.

4. *Silverfish (Lepisma saccharina)*

Silverfish mempunyai dua antena di depan dan tiga di bagian belakang. Serangga tersebut bentuknya panjang dan ramping, tetapi melebar kedepan, dan secara bertahap meruncing ke belakang. Jenis ini juga memiliki bentuk mirip seperti ikan dan karenanya diberi nama *silverfish*, atau "*fishmoths*". Silverfish memiliki kaki yang pendek, antena panjang, dan ekor, kadang-kadang orang menyebutnya "*bristletails*" kadang-kadang di sebut juga "hama kertas". *Silverfish* tidak bersayap dan umumnya ditutupi dengan sisik. Beberapa berwarna keperak-perakan, ada juga yang berbintik-bintik gelap dan terang. *Silverfish* muda bentuknya tidak jauh beda dengan dewasa hanya ukurannya saja yang berbeda.

Silverfish umumnya bersembunyi di daerah gelap dan menghindari kontak dengan sinar matahari langsung. Sehingga dapat dikatakan *silverfish* adalah serangga *nocturnal*. Sehingga Silverfish jarang ditemukan di luar ruangan karena mereka menghindari cahaya dan

menyukai gelap dan tempat yang tidak terganggu manusia misalnya di celah-celah dan rongga lemari atau rak buku.

Silverfish dewasa mempunyai panjang sekitar 1,2 cm dan tidak seperti serangga lainnya, mereka terus meranggas (berganti bulu) ketika tumbuh dan berkembang sejak menetas dari telur sebanyak 50 atau 60 kali. Telur menetas dalam beberapa minggu dan muncul nimfa. Nimfa (serangga muda) akan makan, tumbuh dan berganti kulit sampai mereka mencapai tahap dewasa dalam waktu 3 (tiga) bulan.

Silverfish dewasa dapat hidup 2 (dua)sampai 3 (tiga) tahun. Silverfish dewasa bisa hidup selama 3 tahun pada suhu 22° C dan 27 ° C dan kelembaban udara yang tinggi yaitu 75 % sampai 97 %. Silverfish makan zat tepung seperti tepung, pati, lem, pasta, dan pati sizing pada tekstil dan kertas . Silverfish dapat mencerna serat selulosa sehingga silverfish menyukai kertas.

Spesies ini adalah salah satu hama yang paling umum dalam ruang penyimpanan bahan pustaka.

5. Kecoa (*Cockroaches*)

Semua kecoa berkembang dengan metamorfosis bertahap. Setelah menetas, nimfa (serangga muda) memerlukan waktu hingga satu tahun atau lebih untuk mencapai dewasa tergantung pada spesies, suhu dan kondisi lingkungan lainnya. Tiga faktor yang membuat kecoa bertahan di suatu tempat adalah food (makanan), shelter (sarang) dan moisture (kelembaban).

Jumlah telur bervariasi tergantung spesies. Telur diletakkan di dalam *ooteka* (*kapsul telur*). Ooteka diletakkan di tempat yang tersembunyi, tetapi pada kecoa jerman ooteka tetap menempel pada tubuh betina sampai menetas. Telur terbentuk dalam dua baris

terbungkus dalam kapsul dan telur tersebut berada di bagian belakang perut betina. Kapsul telur nantinya akan dijatuhkan dan dapat menetas dalam satu atau sampai dua bulan kemudian tergantung pada spesiesnya. Nimfa kecoa keluar dari kapsul tidak memiliki sayap dan merangkak untuk mencari sumber makanan. Setelah berkembang melalui serangkaian tahapan (instar) kecoa akan muncul sebagai kecoa dewasa dan mampu melakukan reproduksi .

6. Habitat Hewan Pengerat (Tikus)

Tikus tertarik untuk tinggal di tempat gelap, lembab, kotor, berantakan, dan tidak terganggu manusia yang dapat menyediakan tempat untuk mereka bersembunyi, melakukan aktivitas makan dan minum. Tikus dapat beradaptasi dengan lingkungan manusia. Jika makanan yang mereka sukai tidak tersedia, kedua spesies tikus akan memakan makanan / benda apapun yang tersedia termasuk kertas.

a. Tikus Norwegia

Tikus norwegis adalah salah satu yang paling produktif dari semua mamalia, dan tidak terkecuali tikus Norwegia. Jika makanan berlimpah dan tempat tinggalnya memadai, tikus akan berkembang biak sepanjang tahun. Tikus betina siap dibuahi dalam jangka waktu sekitar 20 jam setiap 4-5 hari. Tikus Norwegia aktif sepanjang tahun dan sebagian besar aktif di malam hari, meninggalkan sarangnya pada saat senja. Ketika mencari makan, tikus Norwegia berjalan, loncat, mendaki dan dapat berenang dengan baik, tikus ini mengikuti rute yang sama setiap malam dan dapat menempuh perjalanan 2 - 3 kilometer pada malam untuk mencari makanan.

Tikus ini sering ditemukan hidup bersama dalam kelompok besar di mana jantan menyimpan kutu yang menjadi sumber penyakit pes,

tifus, dan berbagai penyakit serius lainnya . Tikus ini biasanya menjadi faktor penting dalam penyebaran pandemi, menyebabkan kerusakan besar pada properti termasuk tanaman, dan kerusakan bangunan dan isinya dari merusak kabel, pipa, dan dinding. Ada juga bukti yang cukup tikus menyerang manusia tak berdaya, terutama bayi.

b. Tikus hitam (*Rattus rattus*)

Dalam kondisi normal, tikus betina dapat melahirkan antara 3 (tiga) sampai 7 (tujuh) kali per tahun. Rata-rata jumlah bayinya adalah antara 6 (enam) sampai 22 (dua puluh dua) ekor. Masa kehamilan tikus betina berlangsung selama 22 (dua puluh dua) hari dan tikus betina menyusui selama 23 - 29 hari. Berat bayi tikus 4 (empat) sampai 5 (lima) gram saat lahir. Tikus dilahirkan dalam keadaan buta, dan tikus akan membuka mata mereka di hari ke- 15 (lima belas) sejak lahir. Penyapihan terjadi setelah tiga sampai empat minggu sejak lahir. Kematangan seksual dicapai pada hari ke- 80 (delapan puluh). Umur tikus hitam bisa mencapai 4 (empat) tahun. Berat badanya antara 60 - 300 gram.

Tikus hitam aktif pada senja dan malam hari. Memiliki sejarah ketergantungan pada manusia, hidup di komunitas manusia. *Rattus rattus* menghindari benda asing seperti perangkap. *Rattus Rattus* yang tinggal di pohon atau atap, cenderung melarikan diri ke atas. Tikus ini tidak bersembunyi atau berenang tapi memanjat dan bersarang di atas tanah. Tikus ini membangun sarang dari kain yang robek, kertas atau bahan lainnya. Habitatnya di gudang makanan, permukiman manusia terutama di langit-langit atau atap.

c. Tikus rumah (*Mus musculus*)

Tikus rumah biasanya aktif pada malam hari dan melalui rute yang sama. Tikus ini dapat berenang dan melalui lubang yang kecil dengan diameter 0,6 cm. Tikus rumah dapat melompat dari ketinggian 8 meter ke lantai. Suhu, makanan dan sarang dapat mempengaruhi gerakan tikus rumah. Tikus ini sangat agresif, tidak seperti tikus lain, tikus rumah menunjukkan rasa tidak takut terhadap benda baru.

Tikus rumah mudah beradaptasi untuk hidup dengan manusia. Tikus ini berkembang biak pada tingkat yang luar biasa di berbagai kondisi iklim di berbagai habitat. Tikus rumah juga bisa bertahan pada suhu - 5 °C selama 10 generasi. Tikus rumah ditemukan di seluruh dunia dan di sebagian besar wilayah tempat tinggal manusia .

BAB III

KERUSAKAN AKIBAT BIOTA

A. KERUSAKAN AKIBAT JAMUR

Jamur dapat mengganggu kestabilan tinta iron gall dan meningkatkan kelarutannya dalam daerah yang rusak. Banyak cover buku dari bahan katun dan linen adalah selulosa dan rentan terhadap jamur yang mempengaruhi kertas. Seperti pengisi dan pelapis kertas ditambahkan selama pembuatan menyediakan sumber tambahan nutrisi. Kain yang tidak disizing, sering digunakan dalam penjilidan sangat rentan serangan jamur karena biasanya kainnya tipis, perekat yang digunakan untuk menempelkan kain ke board (karton) sering menembus kain, memungkinkan jamur tumbuh di permukaan. Buckram juga merupakan sumber nutrisi dan tempat penyebaran yang sangat baik bagi jamur. Serat buatan atau serat alami yang dilapisi dengan resin sintetis, yaitu kain pyroxylin dan buckram akrilik berlapis, lebih tahan terhadap jamur tetapi tidak sepenuhnya kebal.

Jamur yang melekat pada kertas dapat menyebabkan kertas menjadi rapuh dan merubah warna kertas. Penyebab rapuhnya kertas disebabkan karena jamur dapat memproduksi beberapa macam asam organik seperti asam oksalat, asam fumarik dan asam sitrat yang menyebabkan permukaan kertas yang terkena noda menjadi asam dan akhirnya rapuh. Serangan jamur dapat menyebabkan kertas menjadi rapuh, lunak, dan mudah robek. Selain itu serangan jamur juga dapat menyebabkan perubahan warna yang permanen pada kertas dan menimbulkan kotor dan noda. Jamur juga dapat menyebabkan kertas membusuk karena enzim yang dikeluarkan oleh jamur larut dalam selulosa yang akan menghidrolisa rantai panjang selulosa menjadi fraksi yang lebih pendek. Selain itu juga berakibat kertas yang berdampingan menjadi lengket dan merusak tinta sehingga warna tulisan menjadi pudar.

Selain merusak bahan perpustakaan, pertumbuhan jamur pada bahan perpustakaan dapat mendatangkan dampak negatif bagi para pengguna maupun pustakawan. Meskipun tidak semua jamur beracun bagi manusia, tetapi beberapa jenis jamur seperti *aspergillus* dapat mengakibatkan penyakit *aspergillosis* yang cukup berbahaya.



Gambar 13 : Kerusakan Buku Akibat Jamur

B. KERUSAKAN AKIBAT SERANGGA

1. Bookworm

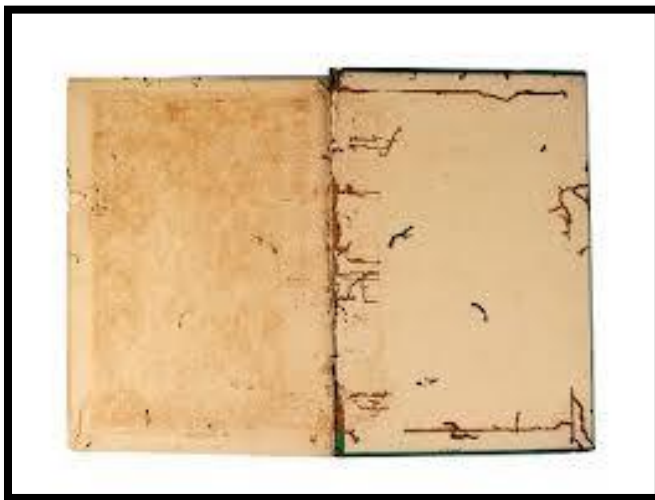
Beberapa buku mengalami kerusakan langsung pada kertas dan bahan pengikat, tetapi larva kumbanglah yang menyebabkan kerusakan yang paling parah. Salah satu jenis, *dermestidae* (kumbang karpet), telah diketahui dapat merusak kulit untuk penjilidan.

a. Kumbang Penggerek Kayu(*Anobium punctatum*)

Kumbang penggerek kayu atau *Woodworm (Anobium punctatum)* dapat menyerang bangunan, furniture dan benda-benda kayu serta menyerang koleksi. Larva kumbang membuat terowongan pada permukaan kertas.

Larva dari *kumbang penggerek kayu (Stegobium paniceum)* sering disebut sebagai bubuk buku. Kumbang ini ditemukan di tempat penyimpanan yang lembab, dan larva dapat membuat terowongan sepanjang jalan melalui buku-buku, dari satu cover buku ke cover buku yang lain.

Sesuai dengan namanya, kumbang apotek memakan banyak obat di apotek, seperti teh pencahar Mereka juga memakan almond, kacang, paprika, lada merah, tepung jagung, terigu, gandum, bibit gandum, makanan kucing dan anjing yang kering, roti, kacang, biji kopi, tepung ikan, spaghetti, coklat instan, susu bubuk, bunga kering, kulit, spesimen museum, buku, naskah, dan bahan makanan lainnya.



Gambar 14.: Kerusakan akibat bookworm

b. *Cigarette beetle (Lasioderma serricornis)*

Kumbang rokok (*Lasioderma serricornis*) adalah kumbang kecil, berwarna coklat muda, kumbang ini biasanya menyerang buku, dan melubangi kertas.

Kumbang Rokok umumnya menyerang tembakau kering dan produk tembakau - seperti namanya. Mereka juga memakan kismis, kurma, jahe, merica, pala, cabai bubuk, bubuk kari, cabe rawit, paprika, jamur, obat-obatan, benih kacang-kacangan, gandum, tepung jagung, terigu, bungkil kedelai, gandum, nasi, kacang-kacangan, sereal, tepung ikan, kacang, ragi kering, bunga kering, kulit, kain wol, dan bambu. Mereka juga dapat merusak lembaran dan jilidan buku ketika makan lemnya.

c. ***Drug store beetle (Stegobium paniceum)***

Jenis kumbang biskuit atau kumbang apotek (*Stegobium paniceum*) merupakan serangga juga menjadi penyebab kerusakan kertas akibat lubang-lubang kecil yang diakibatkan oleh kumbang tersebut.

Untuk melihat kerusakan yang ditimbulkan oleh jenis serangga ini ditemukan adanya serbuk jatuh dari tumpukan rak yang menandakan adanya aktifitas larva yang terus makan melubangi buku mencari jalan keluar menyerupai terowongan sebelum akhirnya keluar menjadi serangga dewasa. Lubang berbentuk bulat tersebut biasa ditemukan pada cover, punggung jilidan, atau halaman pada buku.

2. Rayap (*termites*)

Rayap kayu kering dan jenis rayap tanah yang sering menyebabkan kerusakan yang besar pada koleksi.

a. **Rayap tanah (*Subterranean termites*)** bersarang di dalam tanah, tempat dimana rayap mendapatkan kelembabannya. Rayap ini dapat menyerang kayu yang kontak dengan tanah. Jika tidak ada kayu yang

langsung kontak ke tanah, rayap dapat membangun terowongan lumpur di dalam celah-celah pondasi atau bagian luar beton untuk mencapai kayu beberapa meter di atas tanah. Akibat rusaknya sangat sulit diperbaiki, karena kertas menjadi sarang rayap yang penuh tanah, dan rentan akan lapuk.

b. Rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus* Light)

Rayap merupakan pemakan kayu dan bahan-bahan yang mengandung selulosa, sehingga dapat merusak gedung perpustakaan dan koleksi bahan perpustakaan di rumah, kantor dan perpustakaan yang terbuat dari kertas seperti buku, koran, majalah, peta, naskah dan lain-lain dapat diserang oleh rayap yang akan menyebabkan kerusakan yang sangat hebat yaitu kertas menjadi hilang sebagian sehingga tidak utuh lagi, adanya lubang-lubang besar dan bahan perpustakaan menjadi kotor karena adanya tanah atau kotoran rayap.

Serangan rayap kayu kering biasanya terbatas pada kayu bangunan, lantai kayu, furnitur, atau barang-barang kayu lainnya. Berbeda dengan rayap tanah, rayap kayu kering memotong serat kayu. Rayap kayu kering membentuk rusaknya sampai ke permukaan kayu, hanya menyisakan lapisan tipis utuh. Karena rayap ini hidup dalam makanan mereka, mereka harus mempunyai cara untuk membuang kotoran dari koloni. Rayap tanah menghasilkan kotoran cair, sedangkan rayap kayu kering menghasilkan pelet karakteristik. Panjang 42 pelet tersebut 0,1 cm. Kadang-kadang terlihat adanya kotoran mereka atau pelet tinja ditemukan penuh sekitar lokasi. Rayap kayu kering membuat lubang bukaan kecil (lubang) sementara untuk mendorong keluar pelet. Lubang itu kemudian disegel kembali. Bubuk pelet yang kering dan halus sangat karakteristik menunjukkan adanya Rayap Kayu Kering.

Rayap Kayu Kering memperoleh nutrisi mereka dari selulosa dalam kayu. Dalam usus rayap adalah sejumlah besar bakteri dan hewan bersel tunggal yang disebut protozoa. Enzim menghasilkan protozoa yang mencerna selulosa menyebabkan memecah partikel kayu menjadi senyawa sederhana yang dapat menyerap selulosa sebagai makanan. Rayap dewasa mengkonsumsi kayu dan berbagi makanan mereka dengan mengembangkan rayap muda, tentara dan kasta reproduktif.

Tingkat kerusakan Rayap Kayu Kering satu persen sampai sepuluh persen dari pada tingkat kerusakan dari rayap tanah. Drywood rayap cenderung memotong serat kayu menghancurkan kayu semi lembut dan kayu keras. Rayap tanah biasanya mengikuti serat kayu, makan terutama kayu semi lembut.

c. Rayap kayu lembab (*Zootermopsis spp.* dan *Neotermes spp.*)

Kerusakan akibat rayap ini dapat menimbulkan kelembaban dari kebocoran pipa , ventilasi atau drainase yang rusak. Talang tua yang penuh dengan daun juga dapat menyebabkan kelembaban yang berlebihan menumpuk di rongga dinding sehingga menarik untuk diserang oleh rayap kayu lembab.



Gambar 15. Buku yang rusak oleh rayap

3. *Silverfish (Lepisma saccharina)*

Silverfish berada di bumi sebelum serangga bersayap berkembang. Silverfish merupakan hama yang umumnya ada di rumah, kantor, perpustakaan, arsip dan museum, dapat menimbulkan kerusakan koleksi.

Silverfish memiliki bagian mulut untuk mengunyah dan cenderung untuk duduk di permukaan kertas dan secara bertahap mengikis permukaan. Di beberapa daerah kerusakannya menghasilkan lubang tidak teratur. Pada bagian lain, akan mengakibatkan bintik-bintik tipis atau sedikit menghapus tulisan. Ketika *silverfis* memakan permukaan kertas, sering meninggalkan noda, serbuk pelet (kotoran) yang hitam dan menyerupai kotoran tikus pada permukaan kertas. Apabila dilihat menggunakan kaca pembesar, residu ini cukup mudah dibedakan apakah pelet individu atau kotoran.

Kemampuan silverfish untuk merangkak melalui celah-celah sempit, memberikan risiko tinggi invasi bangunan, sehingga silverfish

dari salah satu ruangan dapat berpindah ke ruangan lain. Selain itu telur, nimfa atau silverfish dewasa dapat dengan mudah dibawa dari satu gedung ke gedung lainnya pada barang-barang seperti kardus. Silverfish dapat makan karbohidrat dan protein sehingga dapat menyebabkan kerusakan yang luas pada koleksi .

Silverfish sangat menyukai berbagai jenis kertas dan bahan lain yang ada di buku termasuk pati, dekstrin, kasein dan lem. Kertas dengan bubur kertas yang sangat halus yang diolah secara kimiawi lebih disukai daripada pulp kertas yang diolah secara mekanik. Kerusakan kertas karena silverfish termasuk gesekan yang tidak teratur, dan lubang torehan dari tepi. Silverfish dapat mengunyah jilidan buku dan memakan lem di jilidan. Mereka dapat menghapus huruf emas (polimas) untuk mendapatkan lem, menyerang label dan wallpaper untuk mencapai bagian bawah yang terdapat lemnya.

Silver fish juga menyerang cover buku yang berasal dari buckram atau linen karena silverfish suka memakan tekstilyang berasal dari kapas, rayon dan linen. Kerusakan kain ditandai dengan gigitan pada serat, sesekali meninggalkan noda kekuningan yang berasal dari tinja serangga ini. Silver fish jarang merusak serat yang berasal dari hewan (contoh wol), tetapi jika tidak pilihan lagi, silverfish akan mengunyah tekstil apapun, terutama jika bahannya kaku dan kotor. Awalnya kerusakan yang ditimbulkan silverfish merupakan kerusakan kecil, tetapi jika bahan pustaka terganggu untuk waktu yang lama, terutama dalam situasi perpustakaan lembab, gelap dan basah tentu saja lama kelamaan jika dibiarkan akan menimbulkan kerusakan yang besar dan meluas.

Kemampuan silverfish untuk berkeliling dengan cepat dan mencari makanan alternatif, seperti remah-remah dan serat di celah-celah atau karpet, bedak di kamar kecil atau jamur di buku, membantu

kelangsungan hidup mereka. Selain itu, silverfish sangat tahan terhadap kelaparan, mampu bertahan berbulan-bulan tanpa makanan atau air, sehingga langkah-langkah sanitasi diperlukan untuk mencegah infestasi baru.



Gambar 16: Kerusakan akibat *Silverfish*

4. Kecoa (*Cockroaches*)

Kerusakan oleh kecoa berasal dari kebiasaan kecoa makan dan bersembunyi di tempat yang lembab dan tidak sehat seperti selokan, tempat sampah, dapur dan kamar mandi. Kecoa hinggap di bahan-bahan makanan, permukaan makanan, piring, peralatan dapur, dan permukaan lainnya. Kecoa dapat membawa organisme penyebab penyakit seperti bakteri, protozoa, dan virus di tubuh mereka yang dapat menyebabkan manusia terkena keracunan makanan, disentri, diare, dan penyakit lainnya. Kecoa membawa vektor penyebab penyakit ini pada kaki dan tubuhnya. Kotoran dan kulit kecoa juga mengandung alergen yang menyebabkan orang menderita alergi seperti ruam, mata berair, bersin, hidung tersumbat dan asma.

Kecoa mempunyai mulut yang kuat sehingga dapat menyerang koleksi perpustakaan. Koleksi yang kotor dan berdebu sangat disukai. Kecoa dapat merusak kertas, karton, kulit, pakaian, dan furniture karena mereka menyukai material yang mengandung pati, jamur mikro, protein, dan bahan lain yang menempel di permukaan suatu benda. Mereka juga kadang-kadang mengotori permukaan bahan perpustakaan, dinding atau furniture dengan fesesnya.

Jenis kecoa yang umum ditemukan di dalam bangunan di Indonesia:

a. Kecoa Jerman (*Blattella germanica*)

Kecoa secara umum banyak ditemukan di perpustakaan, kerusakan terjadi disebabkan karena feces bentuknya tampak seperti bergaris, dan karena gigitan pada bagian tertentu dari koleksi. Kerusakan seperti ini umumnya banyak terjadi di daerah subtropis dan tropis. Selain kerusakan langsung pada bahan perpustakaan dan arsip, kecoa juga merupakan pembawa penyakit . Berbagai penyakit ditemukan akibat feces kecoa terutama jenis kecoa Jerman dan Amerika.

b. Kecoa Amerika (*Periplaneta americana*)

Kerusakan terhadap bahan pustaka yang mirip dengan kecoa Amerika menghasilkan kotoran berbentuk pelet. Kecoa ini lebih suka hidup dalam lingkungan dingin, tempat-tempat lembab seperti selokan, ruang bawah tanah, sistem pendingin udara, dan daerah yang berhubungan dengan pipa air, dan saluran air.

c. Kecoa Oriental

Kecoa Oriental umumnya akan ditemukan di lantai yang lebih rendah dan permukaan horisontal karena tidak memiliki bantalan lengket di kakinya dan tidak bisa memanjat pada permukaan halus vertikal. Cakar pada kaki semua kecoa, dapat digunakan untuk memanjat

pada permukaan dinding yang kasar. Kecoa Oriental, terbiasa hidup di selokan dan hidup dari kotoran.

d. Kecoa Australia (*Periplaneta australasiae*)

Kecoa ini menyebabkan timbulnya bercak dan noda pada kertas, kotoran kecoa juga berakibat pada menimbulkan bau pada buku. Telur kecoa yang terdapat pada buku akan menempel dan melekat kuat dalam kertas, sehingga dapat merobekkan kertas.

Kerusakan terbesar pada buku-buku terutama dilakukan oleh spesies, seperti Amerika, Australia, dan kecoa Oriental. Kecoa Amerika kemungkinan yang bertanggung jawab atas sebagian besar kerusakan pada sampul buku dan produk kertas. Kecoa besar memiliki rahang yang kuat untuk mengunyah dan menggigit potongan sampul dan kertas . Kerusakan akibat kecoa besar bentuk kertas menjadiberlubang dan tampak compang-camping hal ini disebabkan karena gigitan yang berulang-ulang dilakukan. Kecoa juga menyebabkan bahan pustaka menjadi kotor, noda dan berbau akibat kotoran yang ditinggalkannya

Kecoa australia adalah omnivora, suka makan tanaman dan memakan berbagai macam materi organik yang membusuk, berbagai bahan tepung di rumah, sayuran busuk dan bangkai serangga yang mati. Kecoa ini memakan juga kertas, buku, klipng koran, sampul buku dan lem pada jilidan buku.



Gambar17 : Kerusakan akibat kecoa

5. Booklice

Booklice hidup dengan memakan jamur halus yang tumbuh di permukaan kertas, tetapi juga memakan permukaan kertas, Booklice telah diamati makan selulosa pada kertas dan lem penjilidan dan wallpaper serta pada bahan makanan bertepung. Booklice tampak menyebabkan lubang kertas, Booklice yang mati dapat menyebabkan pewarnaan pada kertas dan tubuhnya bisa mendorong serangga yang lainnya untuk menyerang koleksi.



Gambar 18 : Kerusakan akibat gigitan Booklice

6. Hewan Pengerat (*Rodentia*)/ Tikus

Jenis hewan pengerat yang sangat berbahaya dalam merusak koleksi adalah tikus (*mice/mouse*). Tikus menggunakan kertas untuk membuat sarang mereka, sehingga buku-buku menjadi tidak utuh karena diggerogoti oleh tikus.

Tikus merupakan jenis hewan pengerat yang cukup serius dapat merusak kertas. Tikus betina akan mengumpulkan kertas untuk dibuat sarang. Tikus juga merusak buku-buku karena kebiasaan mereka menggerogoti benda keras untuk menjaga gigi mereka yang tajam. Selain itu urin dan kotoran tikus dapat menodai kertas serta dapat menimbulkan penyakit.



Gambar 19: Kerusakan buku akibat tikus

Kerusakan yang ditimbulkan karena tikus yaitu : membuat sarang dari kertas, kertas menjadi robek dan ada bagian yang hilang, bahan pustaka menjadi kotor dan berbau.

BAB IV

FAKTOR PENYEBAB KEBERADAAN BIOTA DI PERPUSTAKAAN

A. Temperatur dan Kelembaban Udara

Perkembangan biakan biota secara langsung berkaitan dengan temperatur dan kelembaban udara. Spesies serangga memerlukan kisaran suhu tertentu, kelembaban relatif dan kondisi lain untuk berkembang. Umumnya dalam kondisi panas serangga akan makan lebih banyak dan berkembang biak lebih cepat. Dalam kondisi dingin serangga akan memperlambat dan mungkin berhenti makan dan tumbuh.

Kelembaban relatif diatur oleh jumlah uap air di udara dan dalam kaitannya dengan koleksi dan bangunan, secara langsung terkait dengan temperatur. Kebanyakan jenis serangga memerlukan lingkungan lembab untuk berkembang biak. Kelembaban optimal antara 60% - 80%. Kelembaban relatif yang tinggi juga akan mendorong pertumbuhan jamur yang pada gilirannya akan menjadi sumber makanan bagi spesies biota tertentu, tetapi beberapa jenis serangga, seperti kumbang biskuit, akan hidup dalam kelembaban rendah 40%, dan apabila ada makanan/pati yang cukup untuk makanan mereka. Beberapa jenis serangga seperti rayap (*termites*) dapat hidup dalam lingkungan yang kering.

Temperatur optimum yang disukai oleh serangga adalah berkisar 68 - 86°F. Kebanyakan serangga akan mati apabila berada pada suhu dibawah 28°F atau diatas 113°F . Banyak serangga bisa toleran berbagai kelembaban relatif (RH) dan akan bertahan lama pada lingkungan yang sangat kering atau lembab. Beberapa spesies membutuhkan kondisi yang sangat khusus untuk menyempurnakan semua fase siklus hidup mereka . Jenis kumbang biskuit akan berkembang biak pada kelembaban relatif rendah. Serangga ini hanya akan berhasil menyelesaikan siklus hidupnya ketika RH lingkungan di atas 60% . Silverfish hanya akan berkembang biak dengan cepat dan menyebabkan masalah serius dalam kondisi

kelembaban di atas 70% RH. Rayap pada buku juga membutuhkan tingkat kelembaban yang lebih tinggi daripada yang biasanya ditemukan di perpustakaan dan arsip. Jenis rayap sering ditemukan di tempat yang lembab ruang bawah tanah atau di tempat yang lembab lokal.

B. Cahaya

Cahaya atau energi radiasi juga mempunyai efek mengelantang pada bahan perpustakaan. Cahaya akan mempercepat oksidasi dari molekul selulosa sehingga rantai ikatan kimia pada molekul tersebut terputus. Cahaya mempunyai pengaruh mengelantang, menyebabkan kertas menjadi pucat dan tinta memudar. Karena pengaruh cahaya ini, lignin pada kertas akan bereaksi dengan komponen lain sehingga kertas berubah menjadi kecoklatan.

Sinar tampak dalam cahaya dapat merusak bahan perpustakaan, akan tetapi sinar ultra violet lebih reaktif dan lebih merusak. Radiasi ultra violet dengan panjang gelombang antara 300 - 400 nanometer menyebabkan reaksi fotokimia. Radiasi ultra violet ini berasal dari cahaya matahari (25 %) dan lampu TL (3 - 7 %). Kerusakan karena cahaya sangat tergantung dari panjang gelombang (adanya sinar UV) dan waktu pencahayaan. Makin kecil panjang gelombang dan makin lama waktu pencahayaan, kertas makin cepat rusak.

Cahaya selain dapat merusak kertas juga dapat menjadi pemicu hadirnya serangga ke dalam ruangan. Serangga tertentu cenderung tertarik dengan sinar ultra violet. Oleh sebab itu pemasangan lampu di sekitar bangunan ruangan perpustakaan hendaknya memiliki output ultraviolet yang rendah. Tetapi ruangan yang gelap tanpa cahaya serta lembab juga menjadi tempat yang paling disukai oleh biota.

C. Polusi Udara

Semua bahan pencemar yang terkandung dalam udara berbahaya bagi bahan perpustakaan. Pencemar udara seperti gas sulfur dioksida, gas hidrogen sulfida dan gas nitrogen oksida yang berasal dari hasil pembakaran minyak bumi pada pabrik dan kendaraan bermotor dapat merusak bahan pustaka. Gas sulfur dioksida dan nitrogen oksida bereaksi dengan uap air yang ada di udara membentuk asam sulfat dan asam nitrat yang dapat menyebabkan kertas menjadi rapuh. Gas ozon yang ada pada udara yang terjadi bersamaan dengan terjadinya halilintar (petir) juga dapat menyebabkan reaksi oksidasi pada kertas, sehingga kertas menjadi rapuh.

Debu, kotoran dan partikel lainnya yang berasal dari udara dapat merusak kertas, yaitu antara lain: kertas mudah tergores karena gesekan, partikel debu akan masuk ke sela-sela halaman buku. Partikel debu pada lingkungan yang lembab akan menimbulkan noda permanen yang sukar dihilangkan. Kotoran dan partikel padat seperti jelaga dapat menimbulkan suasana asam yang dapat merusak kertas.

Kondisi kotor selain merusak kertas juga memicu berkembang biaknya berbagai biota diantaranya jamur dan serangga. Jamur akan mudah berkembang biak pada tempat yang kotor serta lembab. Begitu pula dengan serangga sangat menyukai lingkungan yang kotor sebagai tempat hidupnya.

D. Nutrien/ Makanan

Bahan perpustakaan yang dimiliki perpustakaan berupa kertas, lontar, kayu, kulit merupakan bahan organik yang sangat digemari oleh serangga. Bahan organik ini mengandung selulosa yang sangat digemari oleh serangga. Selain bahan organik jenis perekat yang digunakan dalam

menjilid buku juga sangat disukai oleh serangga. Adanya sisa makanan yang tercecer di ruangan perpustakaan juga menjadi pemicu hadirnya serangga di perpustakaan.

BAB V

STRATEGI PENGENDALIAN FAKTOR BIOTA

Strategi pengendalian Biota dilakukan secara terpadu sehingga mendorong untuk dilakukan pemeliharaan pada gedung dan menciptakan lingkungan yang tidak ramah untuk faktor biota. Tahap awal dapat dilakukan adalah dengan melakukan survey lingkungan sekitar gedung serta yang sangat penting adalah melakukan Inspeksi reguler terhadap bangunan. Inspeksi yang dilakukan pada interior dan eksterior gedung dengan melakukan identifikasi apakah ada masalah pada konstruksi bangunan dan masalah pemeliharaan sehingga memungkinkan masuknya biota serta memberi peluang bagi kelangsungan hidup mereka. Pengendalian biota dengan melakukan pengendalian internal dan eksternal gedung dijelaskan di bawah ini hendaknya menjadi prioritas. Hanya ketika metode tersebut terbukti tidak efektif maka dapat melakukan pengendalian dengan perangkat atau bahan kimia dapat menjadi pertimbangan. Tetapi apabila biota telah ditemukan di ruangan penyimpanan koleksi atau bangunan maka keputusan harus dibuat apakah perlu dilakukan tindakan pengobatan dengan segera.

A. STRATEGI PENGENDALIAN EKSTERIOR GEDUNG

Eksterior komponen bangunan dan *lanscape* dapat menjadi tempat bersembunyi berbagai faktor biota yang kemudian dapat masuk ke dalam gedung. Hindari tanaman semak atau pohon di area gedung yang menjadi tempat hidupnya serangga. Penilaian bangunan yang tidak tepat dan vegetasi di sekitar bangunan dapat meningkatkan jumlah uap air di sebuah bangunan, sehingga memfasilitasi penyebaran serangga dan jamur. Untuk mencegah air masuk ke dalam gedung dan sebagai area pembatas dapat digunakan kerikil atau paving. Demikian pula adanya debu dan sampah disekitar bangunan yang memberikan nutrisi dan

tempat bersembunyi bagi biota. Demikian pula, jenis tanaman tertentu seperti bambu dan jenis *brassicaceae* juga sangat rentan terhadap serangga. Penanaman tanaman disekitar gedung dapat menjadi habitat yang sangat baik bagi serangga, yang kemudian dapat bermigrasi ke dalam gedung melalui celah-celah yang terbuka.

Tindakan pengendalian dilakukan untuk memperkecil celah masuk bagi biota yaitu dengan melakukan pemeriksaan instalasi pada bangunan atau pemeriksaan pipa di daerah sekitar gedung apakah mengalami bocor atau pecah. Serta secara berkala melakukan pemeriksaan atap bangunan apakah ada bagian yang terbuka sehingga menjadi celah masuknya serangga.

Jenis tanaman berbunga sebaiknya dihindari ditanam di area perpustakaan serta membuang jenis tanaman yang merambat pada area gedung. Jika tidak mungkin sebaiknya melakukan pemeliharaan tanaman dengan baik.



Gambar 20 : Tanaman merambat dapat menjadi akses serangga masuk

B. STRATEGI PENGENDALIAN INTERNAL GEDUNG

Banyak serangga yang menyerang koleksi akan hidup pada sampah dan puing-puing yang menumpuk di tempat tidak dapat diakses manusia. Sampah yang berasal dari rontokan rambut manusia, kulit yang terkelupas, dan sisa organik lainnya, merupakan sumber makanan bagi ngengat dan larva jenis kumbang karpet selanjutnya akan menyebar dan masuk ke dalam ruang koleksi.

Serangga juga sangat tertarik pada tumpukan kardus atau bahan lainnya yang dibiarkan tak terpakai untuk jangka waktu yang lama. Serangga juga menyukai tempat-tempat seperti sudut-sudut ruangan, serta dibawah rak-rak buku.

Jendela dan pintu yang tidak dikunci, atau dibiarkan terbuka dapat menjadi jalan masuknya faktor biota ke ruangan koleksi. Dinding-dinding yang retak serta instalasi pipa yang bocor menjadi celah masuknya serangga ke dalam gedung. Ventilasi dan saluran udara pada gedung-gedung juga dapat menjadikan tempat bersarangnya burung, tikus dan serangga.

Sisa-sisa makanan serta remah-remah yang jatuh di lantai menjadi pemicu hadirnya serangga. Untuk menghindari biota berkembang biak di ruangan koleksi pastikan tidak makan dan minum di ruangan koleksi. Sampah-sampah hendaknya dibersihkan dan dibuang secara rutin setiap hari.

Banyak serangga tertarik pada daerah yang lembab dan basah. Sumber air dan potensi habitat serangga meliputi pipa air yang mengalir, toilet, dapur, serta area yang basah. Adanya genangan air di atap gedung atau dilokasi lain dapat meningkatkan tingkat kelembaban dan memberikan lingkungan yang sangat baik untuk serangga. Tanaman berupa vas bunga yang berisi air akan mendorong kehadiran biota.

Jendela-jendela yang tidak ditutup atau pintu yang dibiarkan terbuka setiap hari memberikan jalan masuknya serangga ke ruangan penyimpanan koleksi. Adanya celah serta retakan pada dinding dapat menjadi sumber masuknya serangga.

Tempat penyimpanan koleksi sebaiknya dibersihkan secara rutin dan menyeluruh setidaknya setiap 6 bulan sekali. Lakukan juga pemeriksaan rutin pada koleksi apakah ditemukan ada lubang-lubang kecil pada permukaan kertas atau jilidan. Periksa juga kusen, jendela dibawah rak-rak buku, dibalik rak, didalam laci untuk mengetahui adakah aktivitas serangga di area tersebut

Adanya rencana pemeliharaan gedung dan program perawatan akan memastikan bahwa semua area bangunan, termasuk kantor, tempat penyimpanan koleksi, ruang mekanik, listrik, lemari, kantin, ruang bawah tanah/basement selalu dalam kondisi baik.

C. PEMANTAUAN BIOTA

Pelaksanaan yang efektif pada pengendalian faktor biota memerlukan pemantauan rutin aktivitas faktor biota. Pemantauan rutin menggunakan perangkat dapat membantu untuk memberikan informasi tentang jenis serangga, keberadaannya dimana, serta jumlah biota yang hidup. Informasi ini dapat mengidentifikasi program pengobatan secara spesifik sesuai dengan jenis biota. Cara untuk memantau keberadaan faktor biota adalah dengan menggunakan perangkat. Berbagai macam perangkat dapat digunakan diantaranya berupa perekat, perangkat dengan feromon, perangkat dengan cahaya, dan perangkat tikus mekanik, yang dapat menunjukkan keberadaan mereka, sehingga memungkinkan tindakan pengendalian yang akan diambil.

Prosedur dasar untuk pemantauan adalah sebagai berikut :

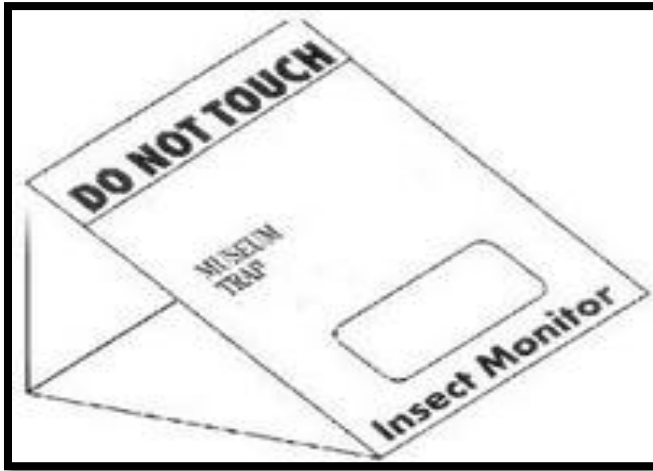
- a. Mengidentifikasi semua pintu, jendela, ventilasi, sumber air dan sumber panas, furniture yang digunakan.
- b. Mengidentifikasi jalan masuknya serangga untuk menentukan lokasi perangkap.
- c. Jumlah perangkap yang akan dipakai.
- d. Menempatkan perangkap yang akan digunakan.
- e. Melakukan pengumpulan dan pemeriksaan perangkap secara berkala.
- f. Memperbaiki penempatan perangkap serta melakukan pemeriksaan sesuai bukti yang berhasil dikumpulkan.
- g. Relokasi perangkap (jika hasil awal negatif) dan melakukan percobaan ulang.

Perangkap digunakan untuk mendeteksi keberadaan biota tetapi tidak berfungsi tidak untuk mengendalikan faktor biota. Perangkap dirancang untuk ditempatkan di lantai dan paling efektif bila diletakkan di sudut-sudut bangunan dan bukan di daerah terbuka. Kebanyakan perangkap akan tetap efektif untuk setidaknya satu tahun dan perlu diperiksa secara berkala. Lebih baik untuk memeriksa secara rutin setiap dua bulan sekali. Lakukan juga pemeriksaan perangkap yang digunakan apakah perekat masih berfungsi dengan baik. Semakin besar jumlah perangkap yang digunakan, semakin besar peluang untuk menemukan biota. Semua perangkan akan diberi tanda serta tanggal sehingga biota yang tertangkap dapat diidentifikasi. Semua aktivitas dicatat yang tertangkap seperti posisi ketika ditangkap, jenis yang tertangkap apakah larva atau dewasa. Dokumentasi sangat penting dilakukan untuk mengetahui jumlah biota, jenis biota, dan tahap pertumbuhan mereka dan semua harus dicatat. Selanjutnya diperhatikan juga tanggal dan lokasi penggantian perangkap. Dokumentasi dibuat secara rinci seperti

berapa jumlah biota yang hidup, jumlah biota yang mati atau ada atau tidaknya kotoran biota yang tampak pada perangkap tersebut. Jika ditemukan berupa larva maka hampir dapat dipastikan bahwa spesies ini berkembang biak dalam gedung. Setelah biota terperangkap selanjutnya diidentifikasi untuk menentukan ada tidaknya ancaman yang serius pada koleksi.

1. Perangkap Perekat

Perangkap jenis perekat yang biasa digunakan dapat berupa lem yang banyak dijual bebas dan sebaiknya bebas dari pestisida. Perangkap perekat yang digunakan untuk memantau serangga dengan ukuran 6 x 6 cm sampai 6 x 18 cm dan terbuat dari kardus berbentuk segi tiga (lihat gambar 11.) Pada bagian perekat dilindungi dengan karton sehingga terhindar dari debu. Serangga akan merangkak ke dalam karena mencium bau yang berasal dari dalam kardus tersebut tanpa mampu untuk melepaskan diri. Perekat pada perangkap ini aktif hanya beberapa bulan (untuk jangka pendek dalam lingkungan kotor) , sehingga harus menggantikan perangkap perekat secara teratur , idealnya dilakukan pemeriksaan setiap bulan dan dilakukan penggantian secara rutin. Jika tidak digantimaka, serangga yang terakumulasi pada perangkap tersebut yang nantinya menjadi umpan untuk jenis kumbang yang sangat merusak, dan akan berkembang biak meninggalkan perangkap untuk hidup di area di dekatnya. Namun demikian serangga mati dapat juga digunakan sebagai atraktan makanan untuk serangga dan dapat meningkatkan keberhasilan perangkap.



Gambar 21: Jenis perangkap perekat

2. Perangka Feromon

Beberapa perangkap serangga menggunakan bahan yang disebut feromon yang mengeluarkan bau untuk menarik pasangannya ketika mereka siap untuk berkembang biak. Para ahli serangga telah mampu untuk menduplikasikan feromon serangga yang bercampur dengan perekat yang digunakan sebagai umpan dalam perangkap. Feromon adalah jenis umpan untuk jenis kumbang, *Anobium punctatum*, ngengat, *Tineola bisselliella*. Umpan ini sangat efektif, karena feromon dapat meniru aroma betina untuk menarik jantan dari target spesies tertentu dan tidak berpengaruh pada spesies serangga lainnya ke dalam perangkap. Karena serangga tersebut hanya tertarik pada jantannya, ada risiko perangkap feromon menyebabkan peningkatan jumlah serangga. Umpan dan perangkap juga jauh lebih mahal apabila dibandingkan dengan perangkap menggunakan lem tetapi kesalahan lebih kecil dan pemantauan lebih akurat. Perangkap feromon lebih kompleks daripada perangkap perekat. Perangkap harus digunakan untuk inspeksi visual. Informasi yang diperoleh kemudian dapat

digunakan untuk mengidentifikasi apa tindakan pencegahan dan perbaikan yang diperlukan, dan menetapkan skala prioritas.

Adanya biota dalam perangkat dapat menunjukkan:

- kehadiran spesies hama;
- peningkatan jumlah serangga pada area spesifik
- penyebaran hama dari satu daerah ke daerah lain
- invasi serangga dewasa di musim panas
- infestasi lokal di daerah bermasalah
- kegagalan pengobatan kontrol.

Satu perangkat menangkap spesies mungkin tidak banyak. Hanya dengan hasil rekaman selama periode waktu tertentu gambaran penuh dari distribusi serangga akan terlihat. Oleh karena itu perangkat feromon jauh lebih efektif daripada jenis perangkat lain.



Gambar 22. Feromon

3. Perangkap Cahaya

Perangkap cahaya dapat menarik banyak serangga dewasa yang terbang. Sumber cahaya memancarkan radiasi ultraviolet sehingga sebaiknya hindari penggunaan cahaya lampu dengan watt yang tinggi pada ruangan koleksi. Tetapi cahaya dapat juga digunakan sebagai perangkap yang sengaja digunakan untuk menarik serangga datang. Biasanya pada bangunan-bangunan digunakan cahaya seperti neon, atau lampu halida yang mengeluarkan cahaya ultra violet yang cukup tinggi untuk menarik serangga nocturnal agar menuju pintu eksternal dan jauh dari area penyimpanan koleksi. Tetapi tidak semua serangga akan tertarik sumber cahaya .

4. Perangkap mekanik

Perangkap mekanik berguna untuk mendeteksi dan mengendalikan infestasi tikus. Perangkap mekanik diantaranya adalah perangkap snap/jepit, dan perangkap tikus hidup. Umumnya hewan pengerat sering berjalan disela-sela bangunan dan rak-rak tempat penyimpanan. Tempatkan perangkap di sepanjang persimpangan dinding lantai dan bukan di lokasi terbuka.

Hindari penggunaan umpan racun untuk mencegah terjadinya infestasi sekunder jenis serangga tertentu karena akumulasi bangkai tikus di lokasi yang tersembunyi dan sulit dijangkau.

4.1. Pengendalian pada beberapa biota yang spesifik

Ada beberapa cara yang dilakukan sebagai tindakan preventif untuk mencegah atau mengontrol infestasi oleh beberapa jenis biota terutama jenis tertentu yang biasa menyerang bahan perpustakaan. Beberapa biota tersebut diantaranya adalah :

1) Ngengat (*Lepidoptera*)

- Menjaga sanitasi agar selalu baik, termasuk diantaranya membersihkan debu pada ruangan koleksi.
- Membersihkan setiap akumulasi dari hewan atau rontokan rambut manusia (terutama pada area yang sempit /celah-celah).
- Memeriksa saluran air, menjaga sirkulasi udara sehingga mencegah serangga dapat hidup disana.
- Melakukan pembersihan pada karpet-karpet dan mencuci setiap tirai agar selalu bersih.
- Furniture yang berbahan kain selalu harus dalam kondisi bersih.
- Membersihkan sarang burung atau tawon yang menempel pada celah-celah bangunan
- Pada beberapa jenis koleksi dapat dibungkus dan disimpan di dalam boks tertutup dapat membantu menghindari ngengat.
- Menyimpan koleksi dalam *cold storage* salah satu cara agar serangga tidak merusak koleksi meskipun kondisi tersebut tidak membunuh larva ngengat.
- Ngengat yang hidup pada kain dapat dimatikan dengan cara memasukkan ke dalam freezer dengan suhu -20°F selama 72 jam atau $105,8^{\circ}\text{F}$ selama 4 jam.
- Ketika menangkap tikus dengan menggunakan perangkap hendaknya tidak tersisa bulu atau bangkai yang akan memicu ngengat datang.
- Untuk menangkap ngengat dapat digunakan perangkap jenis perekat dan gunakan kapas yang bagian tertentu dioleskan minyak ikan. Atau gunakan asam borak dan silica gell untuk membasmi ngengat.

2) **Kecoa (*Cockroaches*)**

- Membersihkan tumpukan kardus, kertas-kertas terutama ditempat yang hangat dan lembab.
- Sampah-sampah selalu dibuang dan mencuci tempat sampah setiap hari.
- Selalu membersihkan laci-laci, lantai dan dinding secara teratur.
- Semua makanan disimpan dalam tempat tertutup dan dimasukkan ke dalam kulkas.
- Bersihkan setiap sisa makanan jangan sampai ada yang tersisa di piring dan di dapur.
- Gunakan perangkap jenis perekat untuk menangkapkecoa.
- memperbaiki bocorang pipa dan talang, saluran air serta pastikan kamar mandi selalu bersih.
- Rak-rak sebaiknya menggunakan rak stainless bukan rak kayu dan selalu dibersihkan dari debu.
- Asam borat disemprotkan dibawah rak atau dinding-dinding yang retak sebagai tindakan mencegah kecoa masuk.

3) **Jamur (*mold*)**

- Mengontrol sumber air dan membersihkan bagian ruangan yang basah, termasuk yang berasal dari kebocoran dan kondensasi.
- Memeriksa dinding bangunan apakah ada bagian cat yang terkelupas.
- Periksa bagian resapan air (lantai yang basah, langit-langit gedung atau dinding)
- Memelihara ventilasi udara supaya selalu baik.
- Jauhkan gedung dari sumber air seperti selokan agar tidak dekat dengan gedung.

- Ruang penyimpanan tidak dibasement serta pastikan suhu stabil dengan cahaya yang cukup.

4) **Booklice dan psocids (Psocoptera)**

- Jaga kelembaban tidak di bawah 50%
- Bersihkan jamur dan infestasi serupa
- Bersihkan sampah yang menumpuk diluar seperti daun-daun dan rumput.
- Tutup semua retakan yang berpotensi masuknya serangga.
- Menggunakan bahan kimia asam borak sebagai salah satu cara untuk membunuh serangga.

5) **Silverfish (Lepismidae)**

- Mengendalikan atau menghilangkan kelembaban termasuk kebocoran dan kondensasi.
- Hindari daerah yang dingin dan kering
- Pelihara ventilasi agar selalu baik.
- Untuk membunuh silverfish dengan menggunakan pemanasan dengan radiasi microwave selama 30-60 detik pada buku-buku yang terinfeksi.
- Untuk penyimpanan jangka panjang buku-buku sebaiknya tidak disimpan di dalam boks/kardus.
- Bersihkan sumber makanan potensial(protein dan karbohidrat)
- Gunakan asam borak sebagai salah satu cara untuk emmbunuh serangga

6) **Termites (*Isoptera*)**

- Menghilangkan semua kontak langsung antara kayu dengan tanah.
- Jauhkan kayu (cabang, papan, tanggul, jembatan kayu) dari ruangan koleksi.
- Bangunan hendaknya dibuat dari bahan non kayu.
- Pasang pasir, granit, atau penghalang basal sekitar gedung.
- Gunakan semut sebagai cara untuk membunuh rayap.
- Pemanasan dapat dilakukan untuk mengontrol rayap pada kayu.
- Melakukan penyuntikan bagian gedung dengan pestisida sebagai pilihan

7) **Tikus (*Rodentia*)**

- Menyimpan makanan, dalam wadah yang kuat dan ditutup rapat.
- Sampah dibersihkan secara teratur tidak menumpuk
- Segera bersihkan setiap tumpahan makanan atau remah-remah makanan.
- Buang semua kardus-kardus yang tidak terpakai.
- Tutup pintu dan jendela yang bisa menjadi jalan masuknya tikus.
- Segera perbaiki kebocoran atap atau lantai jangan sampai dibiarkan berhari-hari yang menjadi jalan masuknya tikus.
- Gunakan perangkap tikus sebagai tindakan preventif.
- Untuk pengendalian tikus gunakan umpan berupa lem/perekat sudah cukup menghilangkan populasi hewan tersebut jangan menggunakan umpan yang dapat membunuh hewan tersebut karena umpan tikus menjadi sumber makanan bagi jenis serangga tertentu dan apabila menggunakan racun bangkai tikus merupakan sumber makanan untuk serangga lainnya.

BAB VI

PEMBASMIAN FAKTOR BIOTA DI PERPUSTAKAAN

Pengobatan merupakan salah satu cara apabila tindakan preventif sudah dilakukan tetapi infestasi serangga sudah sangat serius terjadi di ruangan koleksi sehingga strategi pengobatan harus dilakukan. Strategi ini hendaknya digunakan sebagai upaya terakhir. Pengobatan sebaiknya dilakukan secara kimia dan non kimia dan sebisa mungkin lakukan pengobatan secara non kimia terlebih dahulu.

A. METODE PENGOBATAN NON KIMIA

Berbagai proses non kimia dilakukan sebagai upaya pengganti pestisida. Bahan kimia menyebabkan masalah kesehatan dan menimbulkan efek residu. Kesadaran akan resiko ini saat ini sudah banyak yang beralih pada metode pengendalian hama non kimia.

Saat ini sudah banyak berbagai metode pengobatan non kimia untuk membasmi serangga dan jamur dan terbukti sukses diantaranya adalah pembekuan, penggunaan panas, radiasi gamma dan menggunakan oven microwave.

1. Pembekuan (freeze Drying)

Proses pembekuan menjadi sangat menarik karena tidak menggunakan bahan kimia sehingga tidak berbahaya bagi pustakawan maupun pemustaka. Serta sangat baik digunakan untuk material kertas. Buku terlebih dahulu dimasukkan ke dalam kantong plastik dan dimasukkan kedalam freezer dengan temperatur -30°C selama tiga hari atau -18°C selama satu sampai dua minggu. Buku dikeluarkan dari freezer dan dicairkan (dibawah sampai 0°C selama 8 jam) dan dibiarkan sampai mencapai suhu kamar. Proses ini dilakukan berulang-ulang sampai memastikan serangga tersebut mati semua. Telur dan larva serangga biasanya toleran pada suhu rendah bahkan sampai dibawah

nol derajat. Secara umum semakin cepat (rapid) penurunan suhu yang dicapai maka semakin cepat serangga akan mati, tetapi jika penurunan suhu yang terjadi lambat malah membuat serangga resistant dengan memasuki posisi dorman fase suhu rendah. Untuk menghilangkan resiko kondisi dorman ini berbagai teknik dilakukan dengan cara penurunan suhu secara mendadak yaitu 2 hari dilakukan penurunan dengan cepat kemudian mengembalikannya kembali pada suhu ruangan selama 1 hari selanjutnya menurunkan kembali 2 hari pada suhu rendah. Teknik ini menghancurkan kondisi dorman dan membunuh sisa serangga yang resisten terhadap suhu rendah.



Gambar 23. Freezer untuk membekukan air dan kotoran

2. Modifikasi atmosfer

Gas atmosfer yang paling banyak digunakan saat ini adalah karbon dioksida, argon dan nitrogen. Tetapi hanya karbon dioksida yang bertindak sebagai fumigant yang membunuh dengan meracuni serangga, sedangkan argon dan nitrogen bersifat inert terhadap serangga sehingga daya bunuhnya bersifat anoksit dan hiposit atau kematian tercapai dengan cara melemaskan organisme. Penggunaan gas atmosfer anoksit dan hiposit gas argon dan nitrogen dapat membunuh serangga dengan mengurangi kandungan oksigen dibawah 0,1 % dalam beberapa hari. Untuk skala yang lebih kecil dapat juga menggunakan butiran pengikat oksigen yang diletakkan pada sebuah plastik tertutup rapat bersamaan dengan koleksinya. Pada skala sedang, penggunaan chamber kotak yang terbuat dari fiber glass dan rangka aluminium. Setelah memasukkan koleksi kedalam chamber kemudian gas nitrogen dilewati pada botol terlebih dahulu hingga kelembapannya mencapai 55 % kemudian dari dasar chamber gas tersebut dialiri. Untuk skala yang besar chamber tidak lagi digunakan oleh karena masalah kebocoran dan keretakan yang biasa terjadi pada chamber, oleh karena itu digunakan balon yang dapat mencapai volume 600 m³. Balon ini berupa film yang berfungsi untuk menghalangi oksigen yang terbuat dari polyethilen atau lembaran aluminium.

Setelah pengobatan selesai, vakum, vakum dilepaskan, karbondioksida dan nitrogen dihapus, selanjutnya ruang diangin-anginkan, dan bahan dibuang di area karantina sehingga efektifitas pengobatan dapat dinilai. Lamanya proses, temperatur dan kelembabab relatif sangat mempengaruhi efektifitas serangga yang mati.



Gambar 24. Penggunaan Nitrogen

3. Pemanasan

Panas secara efektif dapat membasmi serangga dan telah digunakan secara luas dalam pengolahan makanan dan obat-obatan. Untuk membunuh serangga dapat digunakan pemanasan dengan suhu 50°C (120°F) selama satu jam sehingga serangga menjadi kering. Di daerah tropis, buku-buku dapat ditempatkan di dalam wadah logam serta terbungkus plastik hitam dan dibiarkan dibawah sinar matahari langsung selama beberapa jam. Namun demikian penggunaan panas pada kertas sebaiknya tidak dilakukan karena menyebabkan hilangnya air pada koleksi dan reaksi kimia yang semakin cepat sehingga kerusakan atau degradasi bahan dan warna dapat terjadi. Proses pemanasan akan mempercepat proses oksidasi pada kertas membuat kertas mengalami penuaan sehingga menjadi rapuh dan rusak.

B. METODE PENGOBATAN DENGAN BAHAN KIMIA

Metode pengobatan dengan bahan kimia yang umum digunakan untuk mengendalikan serangga meliputi semprotan aerosol; atraktan (dengan cara memikat serangga sehingga masuk ke dalam perangkap dan kadang dapat membunuh mereka); umpan dan pelet (dengan cara dimakan oleh serangga); dengan cara kontak dan residual sprays (dilakukan dengan cara menyemprotkan pada celah atau retakan dinding dan dengan cara residual diserap serangga yang menghampiri residu tersebut); fogging konsentrat (penggunaan alat tersebut dapat menunda pestisida dan formulasi minyak di udara; *fumigant* (materi terinfeksi menjadi gas yang mematikan).

1. Injeksi (suntikan)

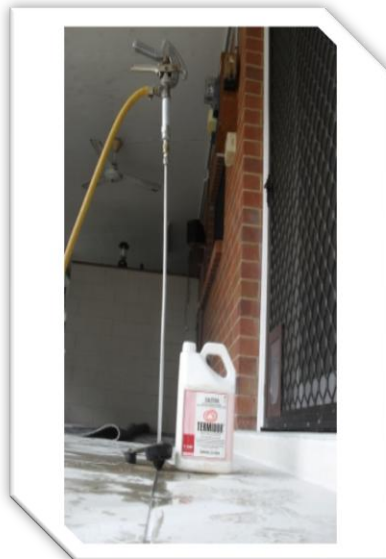
Metode injeksi berguna sebagai tindakan mencegah serangga memasuki bangunan perpustakaan dan tindakan membasmi serangga yang berada dibawah tanah. Tindakan mencegah datangnya serangga dengan cara menyemprotkan kusen, pintu atau rak buku yang berbahan dasar kayu dengan insektisida allethrin (aerosol). Untuk membasmi dilakukan injeksi pada tanah dan bangunan berbeton dengan cara membor hingga kedalaman 50 cm dan dimasukkan larutan termiside. Cara ini dapat dilakukan sebelum atau setelah gedung dibangun. Ada juga cara yang cukup modern saat ini digunakan yaitu dengan memberikan umpan sehingga umpan tersebut dibawa ke dalam sarang dan membuat rayap ratu mati. Pada akhirnya koloni rayap tidak dapat berreproduksi lagi.

Berikut peralatan yang digunakan dengan metode injeksi :

1. Bor Listrik dengan mata bor panjang (Gambar 25)



2. Suntikan injeksi (Gambar 26)



3. Umpan rayap di dalam tanah (Gambar 27)



2. Fumigasi

Definisi fumigasi adalah metode pemakaian fumigant yang dilepaskan menuju atmosfer dalam bentuk gas untuk mengontrol atau membunuh organisme yang tidak diinginkan. Fumigant itu sendiri adalah bahan kimia pada kondisi tertentu berubah menjadi gas dan pada konsentrasi yang diinginkan dapat membuat organisme mati. Ada beberapa bahan kimia yang dapat digunakan sebagai fumigant, sebagai contoh :

1. methyl bromide
2. magnesium phosphide and aluminium phosphide
3. sulfuryl fluoride
4. carbon dioxide
5. chloropicrin

6. methyl iso-thiocyanate
7. 1-3 dichloropropene
8. formaldehyde

Pada awalnya banyak fumigator mengaplikasikan methyl bromide pada fumigasi perpustakaan, tetapi saat ini pemakaian methyl bromide sudah dilarang karena menyebabkan penipisan lapisan ozone sesuai dengan Protokol Montreal dan Kepres No. 23 Tahun 1992. Oleh karena itu diperlukan informasi tentang manfaat dan efek jangka panjang yang ditimbulkan oleh fumigant tertentu.

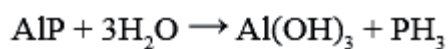
Ada beberapa perhatian dan alasan yang diperlukan dalam memilih pestisida yang tepat, sebagai berikut :

1. Memilih pestisida yang tidak menimbulkan alergi yang sangat mengganggu operator ataupun orang yang berada disekitarnya dan terdapat antidotnya.
2. Secara internasional telah diakui bahwa pestisida tersebut aman digunakan dan mengikuti standar prosedur yang telah disarankan.
3. Memiliki resiko terhadap manusia dan lingkungan disekitarnya sangat rendah.
4. Sesuaikan antara lingkungan dan serangga dengan fumigantnya.
5. Kemudahan pemakaian dan setelah pemakaian.

Berikut beberapa informasi tentang fumigant yang saat ini masih digunakan lengkap dengan dosis pemakaian dan keselamatannya :

a. aluminium phosphide

- Rumus kimia : $AlPH_3$
- Reaksi kimia :



- Penampakan dan bau :

Padatan berwarna abu-abu dengan permukaan seperti lilin mengkilap dan berbau karbit atau bawang putih.

- Tingkat reaktif :

Phosphida sangat reaktif terhadap uap air dan asam dengan reaksi hidrolisisnya. Phosphida dapat bereaksi dengan logam tertentu seperti tembaga dan menyebabkan korosi.

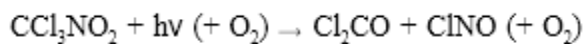
- Bahaya yang ditimbulkan pada manusia :

LC50 (dapat menyebabkan kematian organisme termasuk manusia 50 %) pada dosis 180 ppm selama 1 jam.

b. Chloropicrin

- Rumus kimia : CCl_3NO_2

- Reaksi kimia :



- Penampakan dan bau : cairan seperti minyak, tak berwarna hingga kehijau-hijauan dengan bau yang dapat mengiritasi mata
- Tingkat reaktif : Zat akan terurai oleh nyala api atau permukaan yang panas. Zat ini beracun dan korosif.
- Bahaya yang ditimbulkan pada manusia : terasa pedas, sakit tenggorokan, sesak nafas, pusing, mual dan muntah

c. Permethrin

- Rumus kimia : $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{Cl}_2\text{O}_3$

- Penampakan dan bau : cairan bening kekuningan dengan bau aromatik

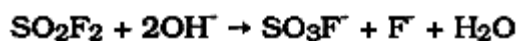
- Tingkat reaktif :

Cenderung stabil pada kondisi ruangan. Dapat menimbulkan ledakan pada suhu 130°

- Bahaya yang ditimbulkan pada manusia : iritasi pada mata dan kulit

d. Sulfuryl fluoride

- Rumus kimia : F₂O₂S
- Reaksi kimia :



- Penampakan dan bau : gas yang tidak berwarna dan tidak berbau
- Tingkat reaktif :
cenderung stabil pada temperature ruangan
- Bahaya yang ditimbulkan pada manusia :
Gejala keracunan dapat terjadi pada hidung, mata dan tenggorokan dengan gejala mual, sakit perut dan kelemahan.

Fumigasi di perpustakaan dapat dilaksanakan di ruangan fumigasi, yaitu ruangan yang khusus dibuat untuk keperluan fumigasi, atau di ruangan penyimpanan koleksi (fumigasi frontal). Ada kelebihan dan kelemahan apabila melakukan fumigasi dengan cara frontal (di ruangan khusus). Kelebihan fumigasi yang dilaksanakan di ruangan khusus fumigasi adalah tidak diperlukannya jadwal khusus karena tidak mengganggu proses layanan, namun penyemprotan pada rak dan ruangan penyimpanan masih harus dilakukan. Fumigasi secara frontal hanya dapat dilakukan untuk koleksi dalam kondisi baik. Sedangkan fumigasi yang dilakukan secara frontal adalah tidak diperlukan mengangkat/memindahkan bahan yang akan difumigasi sehingga baik dilakukan pada bahan perpustakaan yang memang dalam kondisi rapuh.

C. MANAJEMEN PENGENDALIAN SERANGGA DI PERPUSTAKAAN NASIONAL

Perpustakaan Nasional memiliki koleksi hampir 1.200.000 eksemplar yang terdiri dari beragam koleksi baik cetak maupun digital dan jumlah tersebut akan semakin meningkat seiring dengan pelaksanaan Undang-Undang Deposit Tentang Karya Rekam dan Cetak. Perpustakaan Nasional memiliki pusat preservasi yang salah satu tugasnya adalah melestarikan koleksi-koleksi yang ada didalam perpustakaan itu sendiri maupun yang ada diluar. Manajemen Pengendalian Hama Terpadu Perpustakaan Nasional dilakukan oleh pusat preservasi dengan beberapa staff peneliti dan konservator yang menjadi satu tim bertugas melakukan tindakan perawatan bahan pustaka dengan cara memberikan kapur barus atau naphthalen ke setiap ruang koleksi yang ada pada layanan dan deposit, sedangkan tindakan represifnya dilakukan dengan cara fumigasi insektisida fumigant gas phosphin yang dikerjakan setiap tahunnya mencapai 4 ruang koleksi. Diperlukan beberapa penunjang yang harus dimiliki oleh tim fumigator mengingat bahwa IPM ini menggunakan bahan kimia insektisida berbahaya pernafasan.

Fumigasi biasanya dilakukan dengan cara frontal dimana dilakukan pemberian fumigant secara langsung ditempat (insitu) ruang koleksi artinya selain koleksi perpustakaan sebagai subjeknya, rak penyimpanan dan alas (karpet) juga terfumigasi sedangkan AC portable, dehumidifier dan alat elektronik yang ada didalamnya dilakukan treatment lain.

Berikut beberapa penunjangnya dalam melakukan fumigasi frontal :

1. Sumberdaya manusia bersertifikasi atau memiliki pengalaman tentang fumigasi frontal.
2. Alat pelindung diri yang memadai dan P3K yang disarankan oleh produsen fumigant
3. Bahan dan alat standar yang sesuai dengan jenis fumigasinya.

- **Karakteristik Phosphin**

Fosfin memiliki nama kimia Hidrogen Fosfida dengan formulasi kimia PH₃.

1. Phosphin biasanya ditemukan dalam bentuk padatan berupa lembaran maupun butiran dengan komposisi aluminium phosphida dengan kandungan 60 % yang dicampur dengan carbamate dan paraffin sebagai bahan aditif mengetahui keberadaan bau dan kemudahan dipegang.
2. Ketika dalam keadaan terbuka maka akan terjadi proses sublimasi dengan daya iritasi yang dikeluarkan oleh amoniak dan karbondioksida kemudian disuse oleh gas phosphine (PH₃) murni.
3. Pada kondisi normal suhu 20 C dan kelembapan 60 % padatan akan sempurna menjadi residu selama 48 sampai 96 jam, namun bergantung pada kondisi kelembapan dan tempertur.
4. Phosphine adalah gas yang sangat berbahaya dengan densitas 1.2 dan lebih berat dari pada udara artinya gas tersebut hampir sama dengan udara hanya sedikit sulit terbang keatas.
5. pemakaian phosphin yang tidak sesuai dosis menyebabkan kerusakan pada kabel dan alat elektronik karena adanya tembaga korosi.

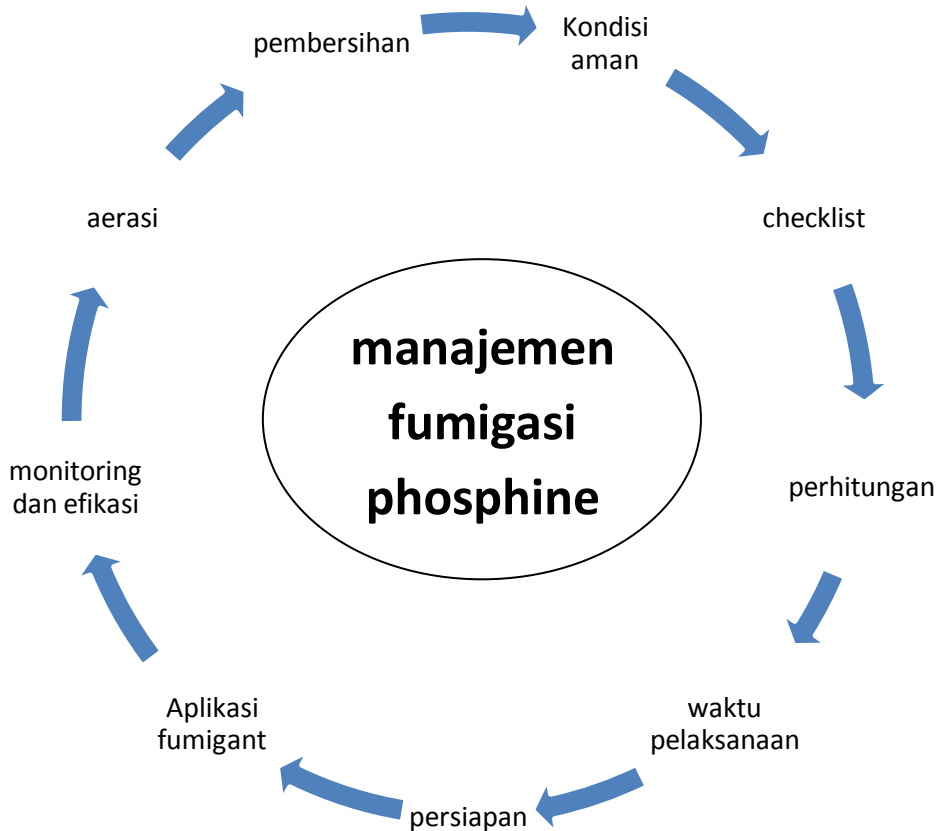
6. reaksi phosphin eksotermis maka terlebih dahulu menimbulkan panas ketika bersentuhan dengan uap air kemudian timbul api hingga terjadi ledakan.

Fosfin tidak pengaruh buruk pada koleksi akibat residu yang ditinggalkan pada komoditas yang difumigasi relatif kecil (tidak berbahaya). Pada umumnya sisa gas Fosfin dalam komoditas akan mudah dibuang pada saat dilakukan aerasi setelah fumigasi.

Fosfin sangat reaktif terhadap beberapa logam atau bahan-bahan yang mengandung :

- a. Tembaga, tembaga yang mengandung logam campuran seperti kuningan, dan dengan komponen-komponen lainnya yang mengandung tembaga seperti kabel, kawat listrik, komputer, motor listrik, peralatan komunikasi, dan peralatan elektronik.
- b. Bahan-bahan yang terbuat dari tembaga, perak atau emas.
- c. Beberapa jenis kertas film yang mengandung komponen perak.

Prosedur Manajemen Fumigasi Phosphine



A. Persiapan alat dan bahan fumigasi (checklist)

Tahapan awal adalah tahap terpenting sebelum melakukan pekerjaan karena outcome ditentukan berdasarkan tahapan ini. Tahapan ini meliputi survey, pemilihan, pengadaan dan kelayakan bahan dan alat yang diperlukan. Bahan dan alat utama yang digunakan untuk melaksanakan fumigasi adalah sebagai berikut :

1. Phosphine dalam bentuk formulasi senyawa aluminium phosfida atau magnesium phosfida (fumigant).

2. Alat pelindung diri yang digunakan oleh fumigator yaitu masker, baju, fire extinguisher, sapu tangan.



Gambar 29. Alat dan bahan fumgasi phosphine

3. Peralatan aplikasi fumigan diantaranya lembaran penutup (plastik), lakban, wadah kertas untuk menempatkan pospin, exhaust fan, tangga.
4. Peralatan untuk mendeteksi kebocoran gas dan mengukur konsentrasi gas



Gambar 30. Alat pendeteksi kebocoran

5. Petunjuk bahaya diantaranya tanda-tanda peringatan bahaya.



Gambar 31. Petunjuk tanda bahaya

1. Pengumpulan data

Setelah melakukan survey tentang kondisi ruangan menghitung dan mengukur maka dilakukan pengukuran dimensi atau volume ruang fumigasi.

Contoh form pengamatan :

No.	Items	Ukuran Luas	Jumlah
1	Jendela		
2	lubang ac central		
3	lubang ventilasi udara		
4	pintu masuk/keluar		
5	pintu emergency		
6	koridor		

2. Volume ruang fumigasi dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Volume (V)} = \text{panjang (p)} \times \text{lebar (l)} \times \text{tinggi (t)}$$

3. Penentuan jumlah fumigant

Setelah didapat data tentang panjang, lebar dan tinggi lantai gedung maka dilakukan perhitungan dimensi atau volume. Syarat ruangan adalah jumlah eksemplar tidak terlalu padat atau menumpuk. Lakukan pula pengukuran terhadap suhu dan kelembapan selama 3 hari dengan cara menaruh data logger sehingga diperoleh trend optimalisasi proses sublimasi gas phosphine.



Gambar 32. Data logger

B. Perhitungan Jumlah fumigant

Diberikan contoh perhitungan sebagai berikut :

Diperoleh variabel melalui pengukuran :

panjang : 20 meter
lebar : 15 meter
tinggi : 4 meter

volume ruangan :

Dimensi : panjang x lebar x tinggi
: 12 meter x 10 meter x 4 meter
: 1200 meter kubik

kebutuhan butiran phosphine adalah 2-3 butir per meter kubik

Jumlah butir phosphine minimum
: 1200 meter kubik x 2 butir
: 2400 butir
Jumlah butir phosphine maksimum
: 1200 meter kubik x 3 butir

apabila dalam satu tabung phosphine terdapat 300 butir

Jumlah kebutuhan phosphine : 8 - 12 tabung

Apabila kondisi ruangan dipenuhi oleh koleksi yang menumpuk tanpa rak, diberikan contoh perhitungan sebagai berikut :

diperoleh variabel melalui pengukuran :

Jumlah Koleksi : 2500 eksemplar
kebutuhan butiran phosphine adalah 3-4 butir per eksemplar
Jumlah butir Phosphine minimum:
2500 eksemplar x 3 butir = 7500 butir
Jumlah butir Phosphine maximum:
2500 eksemplar x 4 butir = 10000 butir

apabila dalam satu tabung phosphine terdapat 300 butir
jumlah kebutuhan phosphine : 25 - 33 tabung

C. Menentukan Waktu Pelaksanaan Fumigasi

Fumigasi yang dilakukan akan sangat berbahaya kepada makhluk hidup yang ada disekitarnya sehingga lakukan pelaksanaan fumigasi dengan memperhatikan beberapa pertimbangan dibawah ini :

- a. waktu libur yang cukup lama, sehingga tidak terdapat manusia disekitarnya
- b. cuaca yang baik (tidak musim hujan)
- c. sudah terdapat kepastian tentang siapnya bahan dan alat yang dibutuhkan untuk fumigasi
- d. tidak diputuskan secara buru-buru, pastikan apakah ada kemungkinan difumigasi atau tidak.

D. Persiapan fumigasi



1. Memotong beberapa lembar plastik dengan ukuran yang telah ditentukan untuk lubang ac, ventilasi dan pintu sesuai dengan bentuk lubangnya dan lapi-lapi pada pinggirnya.

2. Matikan semua elektronik dan ac sentral.

3. Menutup pinggir tiap jendela dengan lakban secara langsung tanpa plastik dan menutup lubang ac, ventilasi dan pintu yang telah dibuat pada tahapan pertama.



4. Membuat mangkuk kertas sebagai wadah fumigant dan tempatkan pada koridor dengan jarak 1 - 2 meter terutama pada bagian yang banyak koleksinya.



5. Memindahkan elektronik yang ada pada ruangan keluar area fumigasi, apabila hal ini tidak memungkinkan maka dilakukan penutupan dengan plastic dan lakban.



6. Menaruh selang monitor dan serangga efikasi pada tengah ruangan.



7. Membuat tanda bahaya fumigasi dan menempelnya pada setiap pintu keluar-masuk.
8. Singkirkan makanan dan minuman keluar ruangan.

E. Aplikasi Fumigant

1. Pastikan bahwa ruang sudah benar-benar tertutup rapat dan tidak ada manusia atau barang yang tertinggal.
2. Gunakan alat pelindung diri yang lengkap berupa baju, masker, sarung tangan, sepatu dan taruh fire extinguisher pada bagian luar berdekatan dengan ruangan.



3. Taruh tabung didepan ruangan dan bagi beberapa fumigator dengan tugas masing-masing menabur tiap tabungnya.
4. Buka tabung phosphine menjauhi arah muka dengan bukaan tabung yang telah disediakan khusus, taruh tablet pada mangkuk kertas dengan jumlah 10 - 15 butir per mangkuk.



Gambar 39. Phosphin dalam mangkuk kertas

5. Habiskan tablet, matikan semua lampu dan pastikan tidak ada fumigator yang tertinggal di dalam.
6. Tutup pintu utama dengan lakban dan dilapisi dengan penutupan plastik.



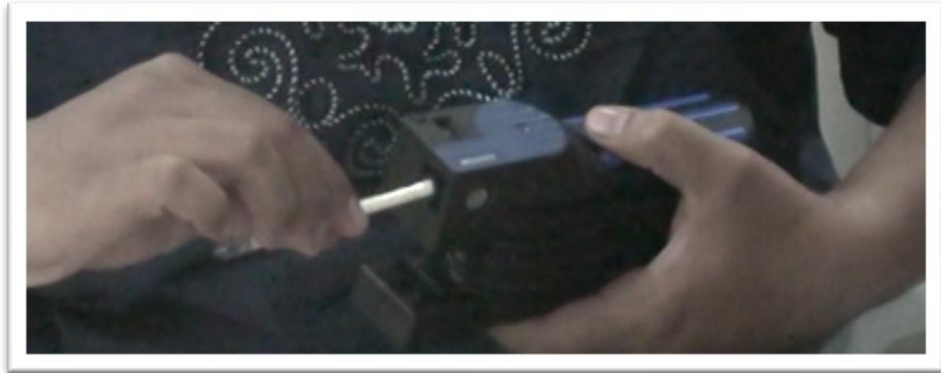
Gambar 40. Penutupan pintu utama

F. Monitoring dan Efikasi

1. Nyalakan alat pendeteksi kebocoran setelah dilakukan aplikasi fumigant.

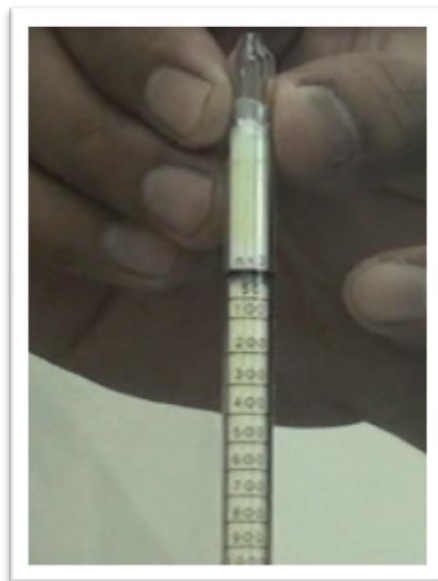


2. Satu jam setelah aplikasi ukur konsentrasi gas phosphine melalui selang monitor.



Gambar 42. Pemasangan tabung konsentrasi phosphine

3. Lihat penampakan serangga setelah 1 hari pada sangkar serangga.
4. Lakukan tahap 1 sampai tahap 3 setiap hari dan lakukan pencatatan.



Gambar 43. Tabung konsentrasi phosphine

G. Aerasi

1. Lepaskan plastik maupun lakban pada pintu utama dan buka semua penutup pada semua lubang yang sebelumnya ditutup.
2. Nyalakan lampu, AC dan kipas angin menuju arah bagian luar gedung.
3. Monitor gas dengan alat pendeteksi kebocoran dan pastikan dosisnya sudah dibawah 1 ppm.
4. Kumpulkan semua sampah fumigasi dengan membedakan antara residu phosphine dengan selain residu tersebut.

H. Pembersihan

1. Buang sampah selain residu pada tempat sampah dan buang residu dengan cara membuat lubang 1-2 meter dan pendam residu tersebut.
2. Vacuum apabila residu tumpah ke lantai dan semprot runagan dengan deodorizer sehingga bau ruangan fresh kembali.

BAB VII

PENUTUP

Pelestarian koleksi perpustakaan merupakan salah satu tugas fungsi di semua jenis perpustakaan di Indonesia. Tujuan utama dari pelestarian adalah untuk melestarikan bahan perpustakaan. Kekayaan isi koleksi perpustakaan tidak ternilai bila dihitung dengan materi, berbagai ilmu pengetahuan dan teknologi tersimpan di perpustakaan, dan sangat bermanfaat untuk pengembangan kecerdasan masyarakat.

Hal tersebut tidak akan ada nilainya bila tidak ada upaya untuk merawat dan melestarikan. Kondisi negara tropis seperti di Indonesia memicu timbulnya kerusakan bahan perpustakaan, hal itu merupakan kendala dalam pengembangan perpustakaan, tetapi belum semua perpustakaan di Indonesia memahami akan pentingnya pelestarian untuk koleksinya. Kendala pelaksanaan program pelestarian bahan perpustakaan di daerah adalah kurangnya buku pedoman yang dapat dijadikan panduan dalam aktivitas pelestarian bahan perpustakaan, dan belum adanya perguruan tinggi di Indonesia yang menyelenggarakan bidang studi preservasi atau pelestarian, sehingga berbagai literatur masih mengacu pada literatur asing.

Melalui buku pedoman ini diharapkan dapat dijadikan pedoman dan acuan bagi semua pihak yang bertugas dalam bidang pelestarian bahan perpustakaan.

LAMPIRAN 1

Form Checklist Inspeksi

DAFTAR INSPEKSI RUANG KOLEKSI

tanggal :

inspeksi dilakukan oleh :

ruang :

koleksi :

A. Area lingkungan sekitar ruang koleksi

<input type="checkbox"/>	1	inspeksi daerah dengan tanda-tanda keberadaan tikus
<input type="checkbox"/>	2	terdapat kondisi yang membuat serangga tertarik (sampah, gelas plastik, bungkus makanan, tanaman, dll)
<input type="checkbox"/>	3	melakukan pembuangan sampah dan peralatan yang tidak perlu secara teratur
<input type="checkbox"/>	4	terdapat security
<input type="checkbox"/>	5	terdapat tanaman
<input type="checkbox"/>	6	terdapat kolam
<input type="checkbox"/>	7	terdapat alat pemadam kebakaran

B. Ruang koleksi

untuk inspeksi yang tepat inspektor sebaiknya menggunakan peralatan seperti senter, pinset, plastik serangga dan kaca pembesar

<input type="checkbox"/>	1	terdapat tirai pada jendela atau tempat terbuka lainnya
<input type="checkbox"/>	2	terdapat karet gaps pada pintu (tertutup rapat)
<input type="checkbox"/>	3	kebocoran pada atap
<input type="checkbox"/>	4	lubang pada dinding
<input type="checkbox"/>	5	lantai yang padat, tidak dapat dilubangi serangg/tikus
<input type="checkbox"/>	6	dilakukan pembersihan terhadap umpan tikus
<input type="checkbox"/>	7	terdapat umpan serangga dengan jarak 15-30 meter

	8	terdapat remahan atau debu dan jamur bekas serangga
	9	terdapat alat-alat elektronik (komputer, dehumidifier, AC, dll)
	10	ruang koleksi dengan ruang staff terpisah
	11	terdapat jalur menaruh fumigant
	12	pintu emergency
	13	dispenser dan kulkas
	14	AC central
	15	lubang ventilasi
	16	jendela aluminium
	17	Sprinkle
	18	CCTV
	19	saklar listrik didalam ruangan
	20	partisi atas koleksi terpisah dengan koridor
	21	terdapat lubang ventilasi atas antar ruang koleksi dengan ruang lain
	22	pipa saluran air dan pembuangan berhubungan antar lantai
	23	toilet didalam ruang koleksi
	24	dapur didalam ruang koleksi

C. Selama staff dan pustakawan didalamnya bekerja, inspeksi bahwa :

	1	staff makan dan minum didalam ruang koleksi
	2	pintu selalu tertutup rapat
	3	AC dan Dehum menyala selama bekerja
	4	lantai selalu dibersihkan
	5	karpet selalu dibersihkan secara teratur
	6	staff meninggalkan makanan pada meja setelah pulang
	7	memberi laporan kepada tim tentang adanya tikus atau serangga yang mati atau tertangkap
	8	staff atau pemustaka mengalami alergi
	9	staff atau pemustaka melihat langsung adanya serangga

D. Koleksi

<input type="checkbox"/>	1	kerusakan kertas pada koleksi akibat serangga
<input type="checkbox"/>	2	jilidan rusak akibat serangga
<input type="checkbox"/>	3	rak rusak akibat serangga
<input type="checkbox"/>	4	residu koleksi berupa serpihan dan rempahan
<input type="checkbox"/>	5	koleksi tidak pada tempatnya

Pemeriksa

Nama :

tanda tangan :

tanggal :

PERHATIAN !

Jangan melakukan
fumigasi gas
phosphine tanpa
adanya ahli yang
berpengalaman

LAMPIRAN 2

Form Aplikasi Fumigant

Perhatian ! : Gas phosphin akan segera terbentuk ketika tutup tabung terbuka. Gas tersebut berbahaya dan mematikan. Gas phosphine mudah terbakar, hubungan langsung phosphida dengan air akan menyebabkan timbulnya apai dan ledakan. Bau yang timbul dari phosphida tidak menunjukkan indicator dari bahaya melainkan diketahui dengan gas detector.

- | | | |
|--------------------------|----|--|
| <input type="checkbox"/> | 1 | evakuasi staff yang ada di sekitar ruangan yang difumigasi |
| <input type="checkbox"/> | 2 | menutup semua lubang dengan plastik sesuai standar |
| <input type="checkbox"/> | 3 | memindahkan kabel dan lektronik yang ada didalam |
| <input type="checkbox"/> | 4 | menutup alat elektronik dengan plastic |
| <input type="checkbox"/> | 5 | membuang makanan dan minuman |
| <input type="checkbox"/> | 6 | menutup lubang yang kecil atau retakan dengan lakban |
| <input type="checkbox"/> | 7 | matikan ac sentral dan portable |
| <input type="checkbox"/> | 8 | matikan dehudifier |
| <input type="checkbox"/> | 9 | matikan listrik |
| <input type="checkbox"/> | 10 | matikan lampu |
| <input type="checkbox"/> | 11 | taruh mangkok kertas pada koridor |
| <input type="checkbox"/> | 12 | taruh selang pada bagian tengah untuk memonitor dosis |
| <input type="checkbox"/> | 13 | masukkan serangga efikasi |
| <input type="checkbox"/> | 14 | gunakan masker |
| <input type="checkbox"/> | 15 | buka tabung dan taburkan disetiap mangkuk kertas |
| <input type="checkbox"/> | 16 | tinggalkan ruangan dan tutup pintu utama dengan plastik |

- | | |
|--|---|
| | 17 pasang tanda bahaya fumigasi |
| | 18 Memakai wearpak, sarung tangan dan sepatu boot |

LAMPIRAN 3

Spesifikasi lembaran plastik yang sesuai untuk fumigasi phosphine

- a. Plastik harus resistant terhadap sinar ultraviolet. Plastik tersebut tidak mudah robek jika dipanjangkan maupun dilebarkan dan tidak tembus terhadap gas phosphine (toleransi tembusnya gas kurang dari 1 mg/hari/m²)
 - b. Lembaran memiliki ketebalan 250 micron (1 micron = 1/1000 mm) dan dengan berat yang ringan (200-250 gr/m²)
 - c. Maksimal luas 18 x 12 m perlembar yang diaplikasikan
 - d. Berada dalam kondisi yang sangat baik dan tidak bolong atau robek
- Plastik fumigasi ini biasanya terbuat dari polyvinyl chloride (PVC), woven polythene, laminasi PVC, atau PVC didalam nylon/terylene.

Form Monitoring Konsentrasi Gas, Efikasi dan Pengukuran Tingkat Kebocoran

- | | |
|--|---|
| | 1 Uji kebocoran menggunakan detector phosphine |
| | 2 Mengambil sampel phosphine setelah 1 jam, 2 jam, 4 jam dan setiap 24 jam |
| | 3 Menuliskan jumlah konsentrasi pada table dan membuat kurva normal |
| | 4 Jika konsentraso lebih dari 0.3 ppm pastikan tidak ada manusia disekitarnya |
| | 5 Jika konsentrasi lebih dari 1.0 ppm lakukan evakuasi |
| | 6 Mencatat jumlah kematian serangga efikasi yang ada didalam kotak efikasi |

LAMPIRAN 4

Form Aerasi

- | | |
|---|---|
| 1 | Pasang respirator dan APD pada personal |
| 2 | membuka jendela dan pintu |
| 3 | Membuka semua lubang (ventilasi, AC) |
| 4 | Mengambil residu dan ditaruh kedalam wadah sampah |
| 5 | Lakukan aerasi selama 12 jam |
| 6 | Monitor kandungan konsentrasi gas |
| 7 | Berikan informasi bahwa ruangan aman ketika konsentrasi kurang dari 0.3 ppm |

LAMPIRAN 5

Form Pembersihan

- | | |
|---|---|
| 1 | Kumpulkan semua sampah termasuk residu, plastic, kertas dan tabung monitoring |
| 2 | Lakukan selaksi sampah dan dikumpulkan secara terpisah |
| 3 | Copot dan hilangkan tanda fumigasi |
| 4 | Sampah selain residu dibuang ditempat sampah |
| 5 | Buat lubang 0.5 m dengan kedalaman 4 meter |
| 6 | Jika memungkinkan hancurkan tabung bekas phosphin |
| 7 | Kumpulkan serangga yang mati dan lakukan dokumentasi |
| 8 | Cuci tangan dengan sabun |

DAFTAR PUSTAKA

- Danley, R., B. Adam, J. Criswell, R. Noyes, and T. W. Phillips. 2005. *How Accurate Are Phosphine Monitoring Devices?* Journal of Pesticide Safety Education 7: 1-9.
- Flander K., and S. Brown. 2005. *Fumigating Agricultural Commodities with Phosphine*, Alabama Cooperative Extension System, Auburn University, Alabama.
- Hagstrum, D. W., and Bh. Subramanyam. 2006. *Fundamentals of Stored-Product Entomology*. American Association of Cereal Chemists International, St. Paul, Minnesota.
- Todorovski B, Vasilev Lj. (1979). *Results of the control of stored tobacco insect pest with phosphine*. Plant Protection Vol. XXX, No 147, p. 23-29, Beograd.
- *Preventing Infestations: Control Strategies and Detection Methods* - CCI Notes 3/1. (www.cci-icc.gc.ca > ... > [Order CCI Publications](#) > [CCI Notes](#), 12/9/2013)
- *Integrated Pest management-University Library-University of Illinois* (www.library.illinois.edu > ... > [Integrated Pest Management](#))
- *Study on integrated pest management for libraries and archives* , Parker A. Thomas, Paris, UNESCO, 1988. www.unesco.org/webworld/ramp/html
- *Approaches to Insect problems in paper and books*, www.hrc.utexas.edu/conservation/resources/insects

- *Integrated Pest management Policy and Treatment Options for university Housing*, Kevyn Juneau et.al., University of Florida.
- *Integrated Pest management*, Beth Lindblom Patkus, North East Document Conservation Center.
www.nedcc.org/free...management