

BUKU AJAR
**HAMA & PENYAKIT
HASIL HUTAN**

Kerusakan hasil hutan baik kayu maupun bukan kayu merupakan permasalahan yang banyak dijumpai di setiap tahapan prosesnya. Produk kayu maupun bukan kayu dapat mengalami kerusakan sejak dipanen/ditebang sampai penimbunan, pengangkutan, pengolahan bahkan ketika sudah menjadi sebuah produk yang digunakan seperti sebagai bahan bangunan dan furnitur. Fakta yang menunjukkan bahwa Indonesia yang berada di daerah tropis memiliki lingkungan dengan kehangatan, kelembaban dan bahan organik dalam tanah yang tinggi. Di bawah kondisi inilah perkembangan organisme, khususnya organisme perusak kayu, sangat tinggi. Pada sisi lain, Indonesia merupakan salah satu sumber *megabiodiversity* (keanekaragaman hayati yang sangat tinggi) di dunia sehingga menasbihkan akan kelimpahan organisme perusak kayu seperti rayap, kumbang kayu, jamur pelapuk, jamur pewarna dan penggerek laut (*marine borer*). Pemahaman terhadap hama dan penyakit penyebab kerusakan, pola serangannya dan faktor pendukungnya menjadi hal yang penting untuk dipelajari. Lebih lanjut, pencegahan dan pengendalian hama dan penyakit hasil hutan dapat dilakukan berdasarkan informasi tersebut. Jenis hama hasil hutan yang dibahas dalam buku ini adalah rayap, kumbang kayu dan penggerek. Produk kayu dan bukan kayu juga dapat diserang penyakit, dalam buku ini yang dibahas adalah dari kelompok jamur



BUKU AJAR
**HAMA & PENYAKIT
HASIL HUTAN**

Trisnu Satriadi
Lusyiani
Yuniarti



ISBN 978-623-5774-23-7



Penerbit :

CV Banyubening Cipta Sejahtera

Jl. Sapta Marga Blok E No.38 RT 007/003

Guntung Payung, Landasan Ulin, Banjarbaru 70721

Email : penerbit.bcs@gmail.com

**FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2022**

BUKU AJAR HAMA DAN PENYAKIT HASIL HUTAN

Trisnu Satriadi

Lusyiani

Yuniarti



BCS

BUKU AJAR HAMA DAN PENYAKIT HASIL HUTAN

Penulis:

Trisnu Satriadi

Lusyiani

Yuniarti

Editor : Diana Ulfah

Desain Cover: William Bismahur

Layout : Eifni Elyasha Marti

Ukuran : **X, 149 halaman, 21 × 29,7 cm**

Cetakan Pertama, 2022

Hak cipta dilindungi undang-undang pada Penulis
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

Diterbitkan melalui penerbit CV. Banyubening Cipta Sejahtera yang bekerjasama
dengan Universitas Lambung Mangkurat

PENERBIT:

CV Banyubening Cipta Sejahtera

Alamat:

Gubukayu

Jl. Sapta Marga Blok E No. 38 RT 007 RW 003

Guntung Payung, Landasan Ulin, Banjarbaru 70721

Telp/WA: 0818-0936-2734

E-mail: banyubeningcs@gmail.com

ISBN : 978-623-5774-23-7



No Anggota : 006/KSL/2021

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil'aalamiin, segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah S.W.T, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga buku ajar Hama dan Penyakit Hasil Hutan ini dapat selesai. Buku ajar ini dinilai penting untuk disusun sebagai bahan dalam pengembangan materi pembelajaran mata kuliah hama dan penyakit hasil hutan di Fakultas Kehutanan ULM. Mata kuliah Hama dan Penyakit Hasil Hutan ini merupakan salah satu mata kuliah pilihan bagi mahasiswa yang menekuni minat teknologi hasil hutan.

Kerusakan hasil hutan baik kayu maupun bukan kayu merupakan permasalahan yang banyak dijumpai di setiap tahapan prosesnya. Produk kayu maupun bukan kayu dapat mengalami kerusakan sejak dipanen / ditebang sampai, penimbunan, pengangkutan, pengolahan bahkan ketika sudah menjadi sebuah produk yang digunakan seperti sebagai bahan bangunan dan furnitur. Pemahaman terhadap hama dan penyakit penyebab kerusakan, pola serangannya dan faktor pendukungnya menjadi hal yang penting untuk dipelajari. Lebih lanjut, pencegahan dan pengendalian hama dan penyakit hasil hutan dapat dilakukan berdasarkan informasi tersebut. Jenis hama hasil hutan yang dibahas dalam buku ini adalah rayap, kumbang kayu dan penggerek. Produk kayu dan bukan kayu juga dapat diserang penyakit, dalam buku ini yang dibahas adalah dari kelompok jamur dan bakteri.

Buku ajar ini memiliki 11 (sebelas) bab. Pada Bab 1, menjelaskan tentang faktor-faktor perusak kayu baik biologis maupun non biologis serta mengenai Entomologi. Pada bab 2 dan 3, pokok bahasan yang diangkat adalah tentang jamur, mulai dari jenis, faktor yang mempengaruhi pertumbuhannya, pengaruhnya terhadap kayu dan metode pencegahannya. Materi terkait penyakit hasil hutan dari bakteri dapat dijumpai pada Bab 4. Pada bab selanjutnya, materi yang dibahas adalah tentang hama hasil hutan. Bab 5 hingga bab 8, membahas tentang rayap. Jenis hama hasil hutan berupa kumbang diuraikan pada Bab 9. Pembahasan tentang hama hasil hutan berupa penggerek laut, dapat dijumpai pada Bab 10 dan Bab 11.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan buku ajar ini tidak terlepas dari peran serta berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini dengan segenap kerendahan hati mengucapkan terimakasih kepada

1. Rektor Universitas Lambung Mangkurat
2. Dekan Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat
3. Rekan-rekan sejawat di Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat
4. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu yang telah memberikan inspirasi dan motivasi dalam penyusunan buku ajar Hama dan Penyakit Hasil Hutan ini.

Penulis menyadari buku yang disusun ini masih banyak kekurangannya. Dukungan saran yang membangun merupakan harapan penulis untuk penyempurnaan penyusunan buku di masa datang. Akhir kata, semoga buku ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa, dosen, dan para peneliti, serta praktisi dalam pengelolaan sumber daya hutan baik kayu maupun bukan kayu yang lestari melalui pengendalian hama dan penyakit hasil hutan.

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Faktor–Faktor Perusak Kayu	2
B. Entomologi.....	6
BAB II. JAMUR KAYU	11
A. Biologi Jamur.....	12
1. Temperatur	12
2. Oksigen (O ₂)	13
3. Kelembaban (RH).....	14
4. Konsentrasi Hidrogen (pH).....	14
5. Bahan Makanan (Nutrisi).....	14
B. Klasifikasi Jamur Kayu (<i>Wood Inhabiting Fungi</i>)	15
1. Jamur Perusak Kayu (wood destroying fungi).....	15
2. Jamur Pewarna Kayu (wood staining fungi).....	19
BAB III. KERUSAKAN KAYU OLEH JAMUR.....	23
A. Mekanisme Kerusakan Kayu oleh Jamur.....	24
B. Pengaruh Serangan Jamur terhadap Sifat-Sifat Kayu.....	26
C. Tindakan Pengendalian Serangan Jamur	27
1. Jamur Perusak Kayu	28
2. Jamur Pewarna Kayu	30
BAB IV. KERUSAKAN KAYU OLEH BAKTERI	35
A. Bakteri sebagai Penyebab Deteriorasi.....	35
B. Mekanisme Kerusakan Kayu oleh Bakteri	35
C. Pengaruh Serangan Bakteri terhadap Sifat-Sifat Kayu.....	36
BAB V . BIOLOGI DAN MASYARAKAT RAYAP	39
A. Biologi Rayap	40
1. Pengenalan Rayap dengan Serangga Lainnya.....	40
2. Sifat Rayap	43
3. Feromon	45
4. Penyebaran Rayap	45
B. Masyarakat Rayap.....	51
1. Sistem Kasta	51
2. Pembentukan Kasta	57
3. Koloni Rayap	58
BAB VI. MORFOLOGI DAN AKTIVITAS MAKAN RAYAP	63
A. Morfologi Rayap	64
1. Kepala	64
2. Thorak.....	68
3. Abdomen	70
4. Integumen	71

B. Aktivitas Makan Rayap	73
1. Sumber Makanan Rayap	73
2. Pencernaan Rayap	74
3. Hubungan Rayap dengan Organisme Simbiom	76
4. Aktivitas Jelajah	76
BAB VII. EKOLOGI DAN SISTEM SARANG RAYAP	81
A. Ekologi Rayap	82
1. Tipe Tanah	82
2. Tipe Vegetasi	82
3. Bahan Organik dan Mineral Tanah	83
4. Faktor Lingkungan	84
5. Musuh Alami	85
B. SISTEM SARANG RAYAP	87
1. Bahan Pembentuk Sarang	87
2. Proses Pembentukan Sarang	88
3. Bagian-Bagian Saran	89
4. Tipe-Tipe Sarang	90
5. Tipe Rayap Berdasarkan Sarangnya	91
BAB VIII. SERANGAN RAYAP DAN TINDAKAN PENGENDALIANNYA	95
A. Serangan Rayap	95
1. Hama pada Tanaman Pertanian, Perkebunan dan Kehutanan	96
2. Hama Kayu Bangunan	99
B. Termite Control	101
1. Pengendalian Rayap pada Bangunan Gedung	102
2. Pengendalian Rayap pada Tanaman	110
BAB IX. KUMBANG KAYU DAN LEBAH	117
A. Biologi Kumbang	117
1. Bubuk kayu kering	117
2. Bubuk Kayu Basah	120
B. CACAT BUBUK KAYU DAN TINDAKAN PENGENDALIAN	124
C. LEBAH (ORDO HYMNOPTERA)	126
1. Biologi Lebah	126
2. Tindakan Pengendalian	127
BAB X. DETERIORASI KAYU OLEH PENGGEREK LAUT	131
A. Penggolongan Penggerek Laut (<i>Marine borers</i>)	131
1. Moluscan Borers	133
2. Crustacean Borers	136
BAB XI. TINDAKAN PENGENDALIAN PENGGEREK LAUT	143
A. Ketahanan Kayu	144
B. Tindakan Pencegahan dan Pengendalian	144
1. Penggunaan Kayu Dengan Kelas Awet Alam Yang Tinggi	145
2. Mengawetkan Kayu Sebelum Digunakan	145
3. Menggunakan Berbagai Jenis Pelapis Luar	145

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hubungan antara berat jenis kayu dan kebutuhan kelembaban dari jamur pembusuk	14
Tabel 2. Perbedaan sifat kerusakan kayu akibat <i>brown rot</i> dan <i>white rot</i>	18
Tabel 3. Retensi dan Penetrasi bahan pengawet TCA, TCB dan TCF untuk berbagai tujuan pemakaian	29
tabel 4. Persamaan dan Perbedaan antara Rayap dengan Serangga Sosial dari Ordo Hymenoptera (Semut, Lebah, dan Tawon)	41
Tabel 5. Penyebaran rayap di dunia	49
Tabel 6. Pemanfaatan Kayu oleh Tiga Jenis Rayap Tanah	73
Tabel 7. Termitisida yang digunakan pada perlakuan tanah	105
Tabel 8. Famili ordo Coleoptera menyebabkan kerusakan pada kayu.....	124
Tabel 9. Ciri-ciri dan jenis-jenis kumbang perusak kayu.....	125
Tabel 10. Famili dari ordo Hymenoptera yang menyebabkan kerusakan pada kayu.....	126
Tabel 11. Marine borers yang pernah dilaporkan di Indonesia	132
Tabel 12. laporan pertama marine borer Crustacea di Indonesia.....	133
Tabel 13. Marine borers yang tetdapat diperairan Karawang dan Tangerang.....	133

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pengaruh temperatur terhadap perkembangan jamur <i>Polyporus vapovarius</i>	13
Gambar 2. Contoh kerusakan kayu yang disebabkan oleh <i>Blue stain</i>	20
Gambar 3. Siklus pelapukan kayu oleh jamur.....	23
Gambar 4. Sporofora (badan buah) dari jamur.....	26
Gambar 5. Diagram filogeni rayap.....	43
Gambar 6. Kasta reproduktif <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen.....	53
Gambar 7. Kasta pekerja <i>Coptotermes curvignathus</i> Holmgren.....	56
Gambar 8. Rayap kasta prajurit <i>Coptotermes curvignatus</i> Holmgren.....	56
Gambar 9. Siklus kehidupan rayap.....	59
Gambar 10. Struktur umum kasta reproduktif rayap.....	63
Gambar 11. Mandibel kasta pekerja.....	67
Gambar 12. Kapsul kepala kasta prajurit.....	68
Gambar 13. Mandibel kasta prajurit.....	68
Gambar 14. Lempeng Tubuh pada Thorak Rayap.....	69
Gambar 15. Struktur Abdomen Kasta Reproduksi Rayap Jantan dan Betina.....	70
Gambar 16. Kebun jamur yang dibuat oleh rayap tanah <i>Macrotermes gilvus</i> (<i>Macrotermitinae</i>).....	73
Gambar 17. Saluran pencernaan rayap <i>M.gilvus</i> (Perbesaran 40 kali).....	75
Gambar 18. Ruang raja dan ratu (<i>Queen Chamber</i>) (a) dan ruang peletakan telur (b) dalam sarang sayap <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen.....	89
Gambar 19. Tipe sarang arboreal, <i>Nasutetermes</i> spp.....	90
Gambar 20. Tipe sarang karton (<i>Cartoon nest</i>), <i>Coptotermes</i> spp.....	91
Gambar 21. Tipe sarang 'bukit', <i>Macrotermes gilvus</i> Hagen.....	91
Gambar 22. Cara penyerangan rayap pada berbagai spesies tanaman.....	96
Gambar 23. Serangan hama <i>Macrotermes</i> pada kulit Pohon Jati dan Eucaliptus.....	98
Gambar 24. Kerusakan akibat serangan rayap pada struktur bangunan dan isinya (A) dan buku (B).....	100
Gambar 25. Penyemprotan permukaan tanah yang akan ditutupi lantai dengan termisida.....	104
Gambar 26. Proses pengawetan sederhana dengan cara pencelupan.....	107
Gambar 27. Metode pengawetan kayu secara vakum tekan.....	108

Gambar 28. Aplikasi tabung umpan rayap di sekitar bangunan.....	110
Gambar 29. Contoh kumbang penggerek kayu dan bentuk kerusakannya	118
Gambar 30. Kumbang Bubuk <i>Lyctus</i> Sp.	119
Gambar 31. Kumbang Ambrosia Platypus Chapman dan contoh kerusakan kayu oleh bubuk kayu basah	122
Gambar 32. Tahapan-tahapan serangan bubuk kayu basah pada kayu...	123
Gambar 33. Shipworm (<i>Teredo Navalis</i> L.)	135
Gambar 34. kerusakan yang disebabkan oleh shipworms	136
Gambar 35. <i>Chelura</i> terebrana Philippi, a) male, lateral view; b) female, dorsal view	139
Gambar 36. <i>Limnoria</i> yang sedang melubangi kayu.....	139



BAB I. PENDAHULUAN

Sejak ratusan tahun yang lalu kayu telah dikenal dalam peradaban manusia, dipergunakan untuk mencukupi berbagai kebutuhan, mulai dari kayu bakar sampai perumahan. Bahkan pada abad modern sekarang ini peranan kayu dalam kehidupan manusia terus meningkat, hal ini dapat dimengerti mengingat kayu memiliki karakteristik tersendiri yang tidak dijumpai pada bahan baku lainnya.

Beberapa sifat kayu yang menguntungkan adalah tersedia hampir di seluruh bagian dunia, mudah diperoleh dalam berbagai bentuk dan ukuran, relatif mudah pengerjaannya, serta sangat dekoratif penampilannya. Akan tetapi di samping memiliki sifat-sifat unggul tersebut, kayu juga memiliki kelemahan yaitu dapat dirusak oleh berbagai faktor baik biologis, fisik, mekanis maupun kimia. Kenyataan menunjukkan bahwa dari keempat faktor tersebut, ternyata yang paling banyak menimbulkan kerusakan terhadap kayu adalah faktor biologis. Faktor biologis perusak kayu yang terpenting adalah jamur, bakteri, serangga, dan binatang laut (*marine borer*). Jasad hidup tersebut merusak kayu karena mereka menjadikan kayu sebagai tempat tinggal (*shelter*) atau sebagai makanannya.

Ditambah lagi, fakta yang menunjukkan bahwa Indonesia yang berada di daerah tropis memiliki lingkungan dengan kehangatan, kelembaban dan bahan organik dalam tanah yang tinggi. Di bawah kondisi inilah perkembangan organisme, khususnya organisme perusak kayu, sangat tinggi. Pada sisi lain, Indonesia merupakan salah satu sumber *megabiodiversity* (keanekaragaman hayati yang sangat tinggi) di dunia sehingga menasbihkan akan kelimpahan organisme perusak kayu seperti rayap, kumbang kayu, jamur pelapuk, jamur pewarna dan penggerek laut (*marine borer*).

Pohon sebagai suatu pabrik dan sekaligus produk suatu proses biologis yang menghasilkan berbagai produk kimia yang heterogen, mulai dari oksigen yang sederhana sampai senyawa-senyawa polisakarida yang sangat variatif dan kompleks, karena itu pohon (kayu) merupakan sumber dari senyawa-senyawa organik dan anorganik. Senyawa organik merupakan material utama dalam kayu dimana persentase kandungan senyawa organik tersebut bisa mencapai 90% dari total berat kayu, sehingga menjadikan kayu sangat rentan terhadap proses degradasi oleh faktor biologis maupun nonbiologis. Sifat inilah yang menjadi salah satu kelemahan kayu, dibandingkan dengan material lain, selain sifat higroskopis dan anisotropis. Dari 3.132 jenis kayu yang sudah dikelompokkan di Indonesia, ternyata hanya 14,3% kayu yang memiliki keterawetan alami yang baik (kelas awet I dan II), sedangkan sisanya sebesar 85,7% adalah kayu dengan kelas awet III sampai V.

Setelah mempelajari bab ini diharapkan mahasiswa dapat mengetahui dan menjelaskan faktor-faktor perusak kayu baik biologis maupun non biologis serta mengenai Entomologi.

A. Faktor-Faktor Perusak Kayu

Faktor-faktor perusak kayu menurut asalnya dapat dibagi dua, yaitu dari pohonnnya secara alami selama proses pertumbuhan dan faktor-faktor perusak kayu yang asalnya dari luar. Faktor-faktor perusak kayu yang asalnya dari luar ini dibedakan menjadi yang disebabkan oleh makhluk hidup (biologis) dan yang disebabkan oleh bukan makhluk hidup (non biologis).

Yang disebabkan oleh makhluk hidup dibagi tiga yaitu:

1. Disebabkan oleh cendawan/jamur yang disebut juga penyakit kayu
 - a) Cendawan perusak kayu (*wood destroying fungi*)
Cendawan ini paling hebat merusak dinding sel dan merusak secara fisik dan kimia dari kayu. Contoh *Brown-Rot* memakan selulosa dan meninggalkan lignin, *White-Rot* memakan dinding-dinding sel.
 - b) Cendawan pewarna kayu (*Wood staining fungi*)
Contoh : Blue stain; adanya bercak-bercak biru pada kayu dan memakan bahan-bahan organik yang mengisi lumen sel, sehingga sifat fisik tidak berubah.
 - c) Cendawan permukaan (*Surface mold*)
Cendawan ini memakan bahan organik dan hanya tumbuh di permukaan kayu, tidak masuk dan tidak merusak ke dalam kayu.
 - d) Bakteri (*Wood inhabiting bacteria*)
Cendawan ini tidak memakan kayu tetapi menggunakan kayu sebagai tempat tinggal. Warna kayu tidak berubah.
2. Disebabkan oleh serangga, yang disebut juga hama kayu. Serangga perusak kayu terdiri dari rayap kayu kering, rayap subteran, bubuk kayu kering dan bubuk kayu basah.
3. Disebabkan oleh binatang laut (*marine borrer*) yang menyerang kayu-kayu yang ada di air asin, dibedakan menjadi Molusca Borrier, contoh *Teredo*, *Bankia* dan *Martesia*; dan Crustacea, contoh *Limnoria* dan *Sphaeroma*.

Yang disebabkan bukan oleh makhluk hidup juga dibagi tiga, yaitu:

1. Oleh faktor fisik, misalnya udara, cahaya, sinar ultraviolet, air, panas, dll. Api pada umumnya merupakan bentuk kemunduran yang paling merusak dan secara ekonomis penting.
2. Oleh faktor kimia, misalnya asam-asam kuat, basa, garam dan produk-produk korosi logam yang dapat menyebabkan kemunduran kayu di sekitar paku-paku atau penguat-penguat logam yang lain.
3. Oleh faktor mekanis, yaitu kerusakan yang disebabkan oleh bekerjanya gaya dari luar kayu tersebut misalnya pukulan, gesekan, tekanan atau abrasi mekanik yang membantu pada pelapukan permukaan.

Panas dan Api

Api menimbulkan kerusakan yang berat dan kadang-kadang luar biasa pada berbagai tipe bangunan kayu dan secara populer dipandang sebagai penyebab kerusakan kayu yang menyolok. Meskipun yang paling penting

sudah selanyaknya adalah kerusakan-kerusakan benda dan nyawa sebagai akibat dari kebakaran bangunan berkerangka, api juga diakui sebagai faktor yang agak penting dalam perusakan kayu pertambangan dan jembatan-jembatan, kuda-kuda dan lain-lain bangunan yang dibuat sebagian atau seluruhnya dari kayu. Tetapi dari segi banyaknya kayu yang dirusak arti api hanya sekunder dibandingkan dengan pembusukan yang kerjanya lambat dan kurang nampak, tetapi ada dimana-mana. Meskipun kerugian tahunan karena api pada bangunan kayu dan isinya tinggi, hanya sebagian kecil merupakan nilai kayu yang rusak. Upah buruh dan biaya-biaya lain yang terlibat dalam perbaikan bangunan-bangunan yang rusak, bersama dengan nilai dari isi-isinya, merupakan persentase dari kerugian total yang jauh lebih besar.

Sifat mudah terbakar dari kayu telah terbukti sebagai hambatan utama dalam penggunaannya secara lebih luas sebagai bahan bangunan dalam persaingan dengan bahan-bahan yang tidak dapat terbakar. Dalam kenyataannya, tekanan yang berlebihan pada "bahaya kebakaran" dari bangunan kayu dan propaganda yang berprasangka oleh penganjur-penganjur bahan lain kerap kali menjurus kepada diskriminasi yang tidak dapat dibenarkan terhadap penggunaan kayu untuk bangunan. Dalam bidang bangunan, pengalaman berkali-kali menunjukkan, bahwa penggunaan bahan-bahan kerangka yang tidak dapat terbakar sebenarnya tidak menjamin bahwa suatu bangunan tahan terhadap kerusakan atau bahkan kehancuran oleh kebakaran. Bahan bakar untuk memulai dan menyebarkan api hamper selalu tersedia dalam segala macam bangunan berupa bahan-bahan yang bahkan lebih mudah terbakar daripada kayu. Jadi perlengkapan-perengkapan dan lain-lain isi yang mudah terbakar, bersama dengan faktor-faktor seperti konstruksi yang salah, tidak hati-hati atau kelalaian manusia dan tidak adanya fasilitas untuk mematikan semburan api, harus dipandang sebagai bahaya kebakaran yang lebih besar daripada bangunan kayu.

Meskipun bahaya kebakaran bangunan kayu kerap kali sangat dibesarkan, kenyataannya bahwa tetap bahwa kayu adalah bahan bangunan primer yang akan terbakar dan menyala pada suhu bakarnya. Karena itu penggunaan kayu secara luas dan tanpa pembeda-bedaan tidak dapat dibenarkan dalam bagian-bagian kota yang ramai dan dalam gedung-gedung pertunjukan, rumah sakit, rumah-rumah apartemen, hotel-hotel dan lain-lain bangunan besar. Dalam banyak kota, peraturan-peraturan bangunan dengan tegas membatasi penggunaan kayu dalam zone-zone tertentu dan bahkan melarangnya dalam tipe-tipe bangunan khusus. Perlakuan yang berbeda ini telah menghasilkan perbaikan-perbaikan yang nyata dalam sedain dan konstruksi bangunan-bangunan kayu, dan merangsang pengembangan cara-cara membuat kayu tahan api.

Sebab-sebab terbakarnya kayu yang tidak dilindungi pada suhu rendah pada korek api, percikan api atau lain sumber kebakaran sampai batas tertentu tergantung kepada spesies yang bersangkutan. Tetapi, yang

lebih penting adalah faktor-faktor seperti derajat kekeringan kayu, suhu dari sumber panas, lamanya kena panas, ukuran dan bentuk kayu, dan detail dari konstruksi. Kayu kering dapat dinyalakan lebih mudah daripada kayu basah dan kayu busuk lebih mudah daripada kayu sehat. Pada suhu terendah 392⁰F (200⁰C) banyak waktu dibutuhkan sebelum kayu kering udara dapat dinyalakan, tetapi makin tinggi suhu semakin mudah kayu dinyalakan; pada suhu 752⁰F (400⁰C) semua kayu menyala sangat cepat jika ada api pembuka atau medium penyalaan lainnya. Karena sudut bangunan yang terbakar mungkin jauh lebih tinggi daripada 1700⁰F, maka rupanya jenis kayu yang dipakai mempunyai pengaruh yang sangat kecil terhadap ketahanan bangunan terhadap api.

Apabila kayu dipanaskan di atas kira-kira 100⁰C, maka terjadi penguraian komponen-komponen kayu. Apabila suhu diantara 100⁰C dan 200⁰C, penguraian akan terjadi secara lambat. Uap air akan keluar bersama-sama dengan karbon dioksida dan sejumlah karbon monoksida. Kayu berangsur-angsur akan rusak atau mengalami pirolisis. Pirolisis adalah pemanasan tanpa adanya oksigen. Apabila suhu dinaikkan di atas 200⁰C, pirolisis bertambah cepat dari 260⁰C sampai 350⁰C. Pada suhu-suhu ini. Gas-gas yang dapat menyala keluar. Apabila dipanaskan dengan hadirnya oksigen (udara), gas-gas ini dapat terbakar baik dari sumber pembakaran seperti suatu nyala, atau akan terbakar sendiri apabila suhu menjadi cukup tinggi.

Keausan Mekanis

Kayu yang terkena kondisi-kondisi lalu lintas dalam berbagai bentuk secara terus menerus terbuka terhadap kerusakan oleh keausan mekanis, atau abrasi. Demikianlah keadaannya dengan bantalan rel; papan-papan untuk persilangan kereta api; rantai-rantai pabrik; papan-papan lantai dermaga dan berbagai panggung lainnya; roda-roda kayu, dan bentuk-bentuk kayu tambang tertentu, termasuk bantalan, rantai, dan pelapis tempat-tempat peluncur biji-biji tambang. Dalam beberapa dari penggunaan-penggunaan ini, seperti rantai pabrik dan roda-roda. Kayunya menjadi tidak berguna hanya karena keausan mekanis, tetapi dalam kebanyakan hal, pembusukan dikombinasi dengan abrasi menyebabkan kerusakan kayu. Dalam hal-hal terakhir pengawetan kayu dengan kreosot atau pengawetan lain yang terkenal akan mempunyai pengaruh ganda dalam meningkatkan umur pakai, karena pengawetnya tidak hanya mencegah atau menghambat pembusukan kayu, melainkan dengan cara itu, ada kecenderungan untuk mempertahankan kekerasan kayu yang asli. Perlindungan terhadap keausan saja kadang-kadang diperoleh dengan menutup bagian-bagian kayu yang terbuka terhadap abrasi yang keras dengan logam atau alat-alat lain yang setara. Yang terbaik di antara penemuan-penemuan semacam itu adalah lembaran logam pengikat yang dipakai pada kebanyakan jalam rel di negeri ini, untuk menaikkan umur mekanis bantalan. Lembaran pengikat ini yang ditempatkan di antara rel baja dan bantalan, meratakan muatan lalu lintas

yang menerima pada permukaan kayu yang lebih luas daripada yang ditutup oleh dasar rel saja, dan dengan demikian mengurangi banyaknya keausan bantalan.

Suatu penelitian yang luas tentang keausan bantalan menunjukkan bahwa kerusakan selain oleh kompresi serat-serat yang langsung di bawah rel baja atau lembaran bantalan, sebagian besar merupakan hadil keausan kayu oleh gerakan logam di atas permukaan bantalan, terutama dengan adanya kerikil yang halus. Dalam hubungan ini mungkin perlu ditekankan, bahwa dengan penggunaan zat pengawet secara umum untuk jalan-jalan rel, kerusakan yang disebabkan oleh cendawan telah begitu berkurang, sehingga kerusakan mekanis bantalan karena keausan dan kerusakan seperti gangguan paku, retak dan pecah telah menjadi faktor yang menentukan umur pakai kayu-kayu tersebut. Sebelumnya ketika kayu yang tidak diawetkan dipakai secara luas dan lalu lintas jalan rel jauh lebih ringan daripada sekarang, bantalan menjadi lemah oleh pembusukan sedemikian jauhnya sehingga hanya pada jenis-jenis yang paling awet saja ketahanan mekanis memegang peranan yang penting dalam menentukan penggunaannya, karena itu, tekanan diberikan kepada ketahanan alami terhadap pembusukan dari suatu spesies; bahkan kayu-kayu yang relatif lemah tetapi awet seperti northen-white cedar dan chestnut lebih disukai. Sekarang dengan perbaikan ketahanan terhadap pembusukan secara buatan sampai suatu titik di mana bantalan dapat tahan perusakan oleh jamur pembusuk lebih dari 30 tahun, kayu-kayu yang rapat lebih disukai dan selalu dicari jalan dan cara-cara untuk mengurangi keausan mekanis, retak dan belah, dan dengan cara itu menaikkan umur mekanis kayu.

Pelapukan

Jika kayu yang tidak dicat atau tidak dilindungi dengan cara lain terkena cuaca, maka kayu ini mengalami berbagai tipe kerusakan, yang efeknya secara kolektif disebut *pelapukan*. Permukaan-permukaan papan atau potongan kayu lainnya yang terbuka biasanya membentuk serat timbul, yang menjadi kasar dan berkerut-kerut atau berserabut; retak-retak yang besar yang kadang-kadang meluas ke seluruh potongan kayu; papan mungkin bengkok dan terpuntir dan bahkan lepas dari sambungannya; dan akhirnya serat-serat permukaan menjadi rapuh dan benar-benar hancur sehingga lapisan-lapisan kayu yang terbuka lambat laun aus. Serat timbul, pecah dan bengkok mungkin terjadi jelas dalam beberapa minggu atau bulan, tetapi pengausan lapisan-lapisan permukaan adalah suatu proses yang lambat sekali dan mungkin hanya nampak sesudah lapisan-lapisan permukaan terbuka terhadap unsur-unsur tersebut untuk beberapa tahun. Tetapi akhirnya kayunya mungkin sudah hancur sama sekali. Pelapukan adalah suatu sebab yang lazim bagi kerusakan bentuk-bentuk kayu yang tidak dicat dan dicat tidak sempurna seperti sisi-sisi rumah dan kandang, potongan-potongan luar, sirap, pagar-pegar papan, papan nama, tempat duduk stadion, dan pucuk-pucuk tiang dan cagak. Kadang-kadang

pelapukan dikacaukan dengan pembusukan, tetapi kedua tipe kerusakan itu sangat berbeda, berbeda dalam sebab-sebabnya, keadaan-keadaan yang mengembangkannya dan cara-cara untuk mengatasinya secara efektif. Tetapi cendawan pembusuk lunak ternyata lazim dalam kayu yang lapuk dan barangkali mengambil bagian dalam perusakannya.

Pelapukan mungkin disebabkan terutama oleh perubahan dimensi yang berulang-ulang pada lapisan permukaan sepotong kayu. Karena higroskopisitas kayu mudah dipengaruhi oleh perubahan kelembaban atmosfer, akibatnya permukaan-permukaan kayu yang tidak terlindungi akan mengabsorpsi lembab dan mengembang dalam cuaca hujan dan basah, dan melepaskan lembab dan mengering selama periode kekeringan. Tetapi disebabkan oleh lambatnya transfuse air melalui kayu, maka tidak atau sedikit perubahan terjadi dalam kadar air atau volume bagian dalam kayu, kecuali kalau keadaan atmosfer yang basah atau kering berlangsung untuk periode waktu yang lama. Karena itu, perubahan dimensi biasanya terpusat pada bagian luar kayu, yang menimbulkan gaya tarik dan gaya tekan secara bergantian yang pada akhirnya menghasilkan kerusakan mekanis pada lapisan-lapisan permukaan. Faktor-faktor lain seperti suhu beku, pengaruh abrasi hujan, hujan es dan partikel-partikel hembusan angin seperti kotoran atau pasir, adanya cendawan pembusuk lunak, dan perubahan-perubahan kimia kayu karena cahaya, air dan oksigen, mungkin juga mengambil bagian dalam proses umum pelapukan kayu.

Kayu dapat dilindungi terhadap pelapukan dengan memberikan cat atau pernis pada permukaan-permukaan yang akan terkena kerusakan-kerusakan itu. Jika tidak tembus air, dan jika diberikan dengan baik dan dipelihara dengan cukup, penutup-penutup itu cukup efektif untuk mencegah perubahan-perubahan yang ekstrim dan cepat dalam kadar air permukaan-permukaan kayu.

B. Entomologi

Bagian terbesar dari hama-hama yang ada yang sangat merusak terdiri dari golongan serangga. Bahkan hampir 90% hama yang ada terdiri dari serangga yang mengakibatkan lahirnya ilmu hama yang khusus mempelajari masalah serangga yang disebut **Entomologi**.

Entomologi atau yang disebut juga ilmu hama tanaman merupakan cabang dari pada biologi, yang mempelajari hubungan antara kehidupan (prijidup) hama-hama dengan jenis tanaman inangnya (*host hospes*). Tujuan dari ilmu hama tanaman (entomologi) ialah untuk mencegah gangguan-gangguan yang ditimbulkan oleh hama-hama tersebut terhadap kehidupan tanaman yang mempunyai nilai ekonomis.

Dasar dari Entomologi adalah:

1. Pengenalan terhadap jenis-jenis hama, untuk keperluan ini perlu pengetahuan tentang morfologi, anatomi dan toxonomi,
2. Pengenalan terhadap cara perkembangan hidupnya dengan mempelajari siklus hidup dengan segala aspek biologis yang lain,

3. Pengenalan terhadap ekologi atau faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kehidupan hama tersebut,
4. Faktor-faktor fisiologis yang terdapat di dalam individu hama yang mempunyai peranan penting di dalam usaha pemberantasannya atau pencegahannya.

Disamping keragaman jenisnya yang besar, serangga juga mempunyai daya adaptasi yang sangat tinggi terhadap lingkungannya. Mereka dapat hidup hampir di seluruh bagian dunia mulai dari kutub utara sampai kutub selatan baik di darat maupun di dalam air (kosmopolitan). pembusuk lunak, dan perubahan-perubahan kimia kayu karena cahaya, air dan oksigen, mungkin juga mengambil bagian dalam proses umum pelapukan kayu. Oleh karena sifat-sifatnya, kayu sering dipakai oleh serangga untuk tempat tinggalnya atau dapat juga sebagai bahan makannya, Beberapa jenis serangga perusak kayu ada yang terdapat pada kayu daun jarum saja atau kayu daun lebar saja, tetapi ada juga jenis serangga yang terdapat pada kedua jenis kayu tersebut. Telah diketahui bahwa serangga perusak kayu umumnya memakan zat gula dan zat tepung, juga memakan hemiselulosa dan selulosa dengan jalan simbiose dengan protozoa yang hidup pada bagian usus dari serangga.

Kerusakan kayu akibat serangan serangga sangat beragam, baik bentuk, posisi, maupun intensitasnya. Banyak serangga yang menimbulkan liang-liang gerak yang sangat ekstensif seperti rayap, tetapi beberapa jenis kumbang hanya membuat liang-liang kecil, kemudian pada dinding liang-liang tersebut tumbuh jamur yang menjadi makanannya. Spora yang tumbuh sering menimbulkan infeksi pada bagian kayu.

Kenyataan menunjukkan bahwa serangga dapat merusak kayu yang sangat hebat, terutama di daerah tropika seperti di Indonesia. Liang-liang gerak yang dibuatnya tidak saja mempengaruhi rupa dari kayu itu, melainkan juga mengurangi kekuatannya.

Serangga-serangga penggerek kayu dapat dibedakan ke dalam dua kelompok: (a) serangga yang membatasi kegiatannya pada berbagai bentuk kayu sebelum kayu itu digunakan, dan (b) serangga yang menyerang kayu dalam pemakaian. Antara kedua kelompok ini terjadi juga beberapa tumpang tindih (*overlapping*) karena serangga dalam kelompok pertama dapat menimbulkan kerusakan yang cukup besar pada gelondong-gelondong kayu yang berkulit yang digunakan dalam bangunan- bangunan kasar, demikian pula serangga dalam kelompok yang kedua dapat juga aktif dalam log dan kayu gergajian yang basah yang ditumpuk dalam rangka pengeringan alami. Kelompok serangga yang menyerang bahan bangunan dalam pemakaian menjadi pusat perhatian dalam industri pengawetan kayu.

Kerusakan yang ditimbulkan oleh serangga sebelum kayu itu digunakan dapat dikenal dari adanya lubang jarum (*pinhole*) atau lubang tempayak (grup hole), pada kayu-kayu yang telah terserang. Yang pertama merupakan lubang-lubang kecil, bulat, dan biasanya terbuka, dengan batas diameter dari 1/100 hingga ¼ inci; yang kedua merupakan lubang-lubang lonjong(oval), bulat atau tidak diameter 3/8 hingga 1 inci, dan kadang-

kadang terisi dengan serbuk hasil pengeboran serangga yang tidak dapat jatuh keluar sekalipun kayu digetarkan. Lubang jarum sering terdapat pada kayu teras dan kayu gubal dari berbagai jenis kayu daun jarum dan daun kayu lebar akibat serangan kumbang ambrosia atau cacing kayu (*tumber worm*) yang menyerang pohon hidup, balok segar dan kayu gergajian yang basah. Lubang tempayak sering terdapat pada pohon hidup, balok, dan kayu gergajian basah yang ditumpuk serta bentuk-bentuk lain dari kayu akibat serangan berbagai serangga, seperti semut. Kerusakan akibat serangan serangga pada kayu, sering terlihat atau diketahui pada saat pengujian kayu dilakukan.

Tinggi rendahnya derajat kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh serangga perusak kayu, terutama ditentukan oleh jumlah individunya (populasi serangga). Besarnya jumlah serangga (derajat populasi) yang dapat menimbulkan kerusakan yang ekonomis berarti untuk setiap species akan berbeda pula. Dengan jalan menekan jumlah serangga yang sering menimbulkan kerusakan, maka kerugian yang berarti dari segi ekonomis dapat dihindarkan. Perkembangan jumlah serangga ditentukan oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1. Faktor biotik, meliputi:

a. Daya reproduksi dan daya survival serangga

Daya reproduksi adalah kemampuan berkembang dalam jumlah individu dari setiap ekor serangga betina yang dewasa, di dalam periode waktu tertentu dalam keadaan kondisi lingkungan yang optimum. Daya survival adalah kemampuan tumbuh, cara hidup dan sifat-sifat lainnya dari serangga untuk dapat tetap hidup pada keadaan sekitarnya.

b. Kualitas dan kuantitas makanan

Yang dimaksudkan di sini adalah jenis bahan yang dapat menjadi makanan serangga, cocok tidaknya lingkungan untuk tempat hidup, dan ketersediaan bahan makanan tersebut.

c. Parasit dan predator

Parasit adalah suatu organisme yang hidup di dalam atau di luar tubuh organisme lain, dimana organisme yang pertama mendapat kebutuhan hidup dari organisme kedua yang dirugikan. Predator suatu organisme yang hidup bebas, dimana organisme tersebut untuk hidupnya mendapat makanan dengan membunuh mangsanya.

2. Faktor fisik

Faktor fisik penting yang mempengaruhi kehidupan serangga adalah temperatur, sinar, hujan, kelembaban, dan angin. Faktor-faktor tersebut bersama-sama membentuk suatu sistim iklim dalam jangka pendek atau jangka waktu panjang yang dapat menyebabkan timbulnya kematian yang banyak pada suatu serangga atau epidemi suatu serangga. Dapat pula suatu cuaca atau iklim menyebabkan musnahnya suatu serangga.

Pada garis besarnya jenis-jenis serangga perusak kayu yang penting dapat digolongkan kedalam tiga jenis ordo yaitu ordo Isoptera (bangsa rayap), ordo Coleoprera (bangsa kumbang), dan ordo Hymenoptera (bangsa lebah).

Kerugian makhluk hidup ini yang disebut juga sebagai hama dan penyakit bisa sangat besar karena serangannya terjadi secara diam-diam dan dalam waktu yang lama (karena tidak diperhatikan), setiap tahunnya dapat mencapai milyaran rupiah. Kerugian tersebut terjadi baik pada pohon yang masih berdiri, balok segar, kayu gergajian, maupun produk-produk kayu lain dalam penyimpanan dan pemakaian. Oleh karena itu pemberantasan hama dan penyakit merupakan salah satu usaha yang perlu mendapat perhatian. Upaya pengendalian terhadap jasad hidup perusak kayu tersebut telah sejak lama dilakukan baik secara fisik, mekanik, kimia, maupun secara hayati. Upaya tersebut pada prinsipnya memanfaatkan aspek-aspek biologis (morfologis, fisiologi, ekologi, perilaku) jasad hidup perusak kayu. Dengan demikian pengetahuan tentang aspek biologis jasad hidup perusak kayu yang bersangkutan merupakan syarat mutlak bagi keberhasilan pengendaliannya.

RANGKUMAN

1. Faktor-faktor perusak kayu terbagi menjadi yang disebabkan oleh faktor biologis dan non biologis
2. Faktor biologis perusak kayu yaitu cendawan, serangga dan binatang laut
3. Faktor non biologis perusak kayu yaitu disebabkan oleh faktor fisik, kimia dan mekanis
4. **Entomologi** atau ilmu hama tanaman merupakan cabang dari pada biologi, yang mempelajari hubungan antara kehidupan (prihidup) hama-hama dengan jenis tanaman inangnya (*host hospes*). Tujuan dari ilmu hama tanaman (entomologi) ialah untuk mencegah gangguan-gangguan yang ditimbulkan oleh hama-hama tersebut terhadap kehidupan tanaman yang mempunyai nilai ekonomis.
5. Perkembangan jumlah serangga ditentukan oleh faktor biotik (daya reproduksi dan daya survival serangga, kualitas dan kuantitas makanan, parasit dan predator) dan faktor fisik (temperatur, sinar, hujan, kelembaban, dan angin).

LATIHAN

1. Jelaskan faktor-faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada kayu!
2. Faktor-faktor apa saja yang harus diperhatikan untuk mencegah dan mengendalikan serangan faktor perusak kayu!

DAFTAR PUSTAKA

Darni. S. 1985. Teknologi Hasil Hutan. Diktat Kuliah Fakultas Kahutanan UNLAM. Lambung Mangkurat University Press. Banjarbaru.

Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.

Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Nogor.

BAB II. JAMUR KAYU

Jasad renik merupakan salah satu faktor yang banyak menimbulkan kerusakan pada kayu. Jasad renik tersebut terdiri dari jamur dan bakteri, dimana bagian vegetatifnya secara individu hanya dapat dilihat dengan jelas di bawah mikroskop karena ukurannya sangat kecil.

Kebanyakan jasad renik (mikro-organisme) perusak kayu menimbulkan kerusakan yang berbeda terhadap sifat-sifat kayu. Mikro-organisme ini dapat dibedakan dalam empat golongan tergantung pada sifat perkembangan di dalam dan pada kayu serta tipe kerusakan yang ditimbulkannya. Golongan tersebut adalah Cendawan perusak kayu, cendawan pewarna kayu, cendawan buluk, dan bakteri penyerang kayu. Golongan cendawan perusak kayu merupakan yang terpenting karena merusak dinding sel dan mengubah sifat-sifat serta kimia kayu. Sampai suatu saat penyerangan itu berkembang menjadikan kayu membusuk (*decay*).

Deteriorasi kayu oleh jasad renik secara praktis dapat dibagi menjadi lima macam yaitu pelapukan berat (*decay* atau *rot*), pelapukan ringan (*soft rot*), pewarnaan (*stain* atau *sap stain* dan *blue stain*), pengotoran (*mold*), serta kerusakan oleh bakteri (*bacterial degradation*).

Jamur adalah tumbuhan tingkat rendah yang tidak mempunyai zat hijau (*chlorophyll*). Untuk kelangsungan hidupnya mereka berperan sebagai parasit atau saprofit. Sel-selnya berbentuk benang halus, seringkali tebalnya lebih kecil dari 2 mikron sehingga tidak dapat dilihat dengan mata biasa. Benang-benang tersebut dikenal sebagai miselium. Pada jamur perusak kayu, benang-benang itu umumnya terletak di dalam kayu dan tidak terlihat dari luar, tetapi ada beberapa jenis jamur tertentu benang-benang itu ada juga yang terlihat berupa lapisan tipis pada permukaan kayu. Meskipun benang-benang itu terletak dalam kayu, namun badan buahnya (*paddestoel*) dibentuk pada permukaan kayu. Jadi jika pada kayu terdapat badan buah, berarti kayu tersebut sudah diserang jamur. Badan buah jamur penyerang kayu ada juga yang dapat dimakan atau dijadikan ramuan obat seperti jamur beras, jamur kuping tikus, jamur merah dan lain-lain.

Jamur perusak kayu hidup dari komponen-komponen kayu seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang dirombak secara biokimia dengan bantuan enzim. Karena perombakan inilah maka sifat-sifat kayu berubah dan cenderung rusak atau sering disebut *deterioration* = pelusuhan, pelapujan).

Namun demikian kenyataan menunjukkan bahwa ada jenis-jenis kayu yang peka terhadap serangan jamur, tetapi ada juga yang lebih tahan. Ketahanan tersebut umumnya disebabkan karena adanya zat-zat ekstraktif yang berfungsi sebagai bahan pengawet alami. Dengan perkataan lain ketahanan kayu terhadap pelapukan berbeda-beda, tergantung kepada komposisi kimia kayu tersebut dan keadaan lingkungan.

Setelah mempelajari bab ini diharapkan:

1. Mahasiswa dapat menjelaskan faktor-faktor fisiologis pertumbuhan jamur.
2. Mahasiswa dapat menyebutkan jenis-jenis jamur kayu (*wood inhabiting fungi*).
3. Mahasiswa dapat menjelaskan pengaruh jenis-jenis jamur kayu terhadap kayu yang diserangnya.

A. Biologi Jamur

Di bawah kondisi yang menguntungkan jamur berkembang sangat cepat di dalam kayu dengan pertumbuhan hifa. Jalur paling mudah untuk pengembangan hifa adalah lumina parenkim dan sel-sel pembuluh.

Beberapa faktor fisiologis yang dibutuhkan untuk pertumbuhan jamur adalah temperatur yang cocok, persediaan oksigen yang cukup, kadar air kayu di atas titik jenuh serat kayu, kelembaban, konsentrasi ion hidrogen (pH), dan nutrisi yang cocok.

1. Temperatur

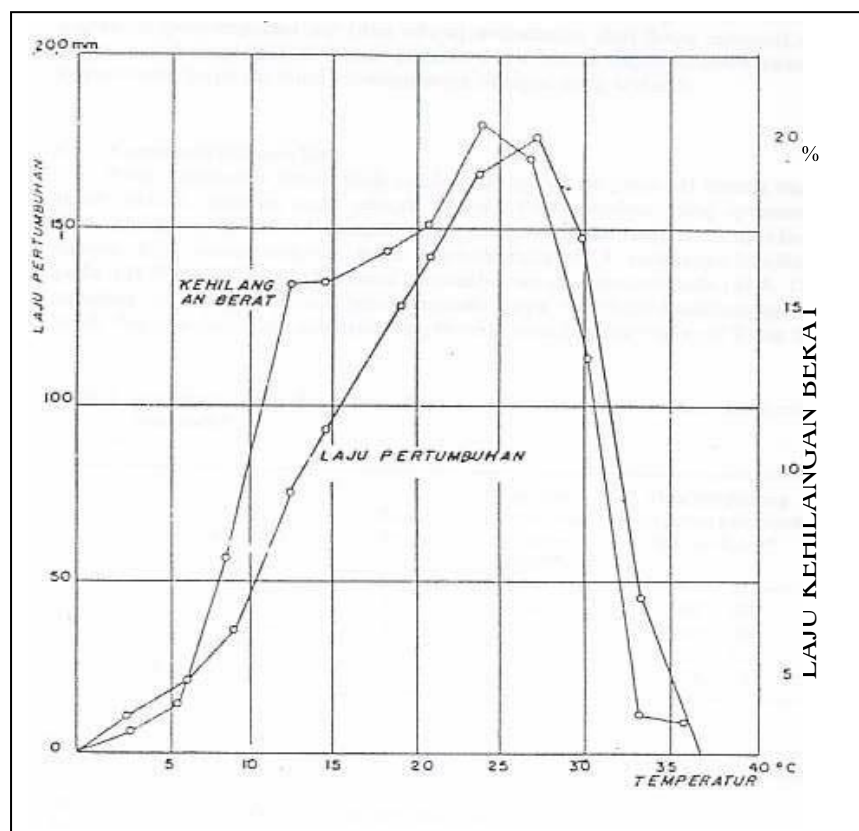
Jamur perusak kayu dapat berkembang pada kisaran suhu yang cukup lebar, tetapi pada kondisi-kondisi alami perkembangan yang paling cepat terjadi selama periode-periode yang lebih panas (dan lebih lembab) dalam setiap tahun. Suhu optimum berbeda-beda untuk setiap spesies, tetapi pada umumnya terletak antara 22°C sampai 35°C. Suhu maksimumnya berkisar diantara 27°C sampai 39°C, dengan suhu minimum kurang lebih 5°C.

Banyak spesies jamur berkembang dengan cepat dalam kisaran suhu yang relatif lebar di sekitar suhu optimumnya. Sedangkan spesies lain tumbuh baik dalam batas-batas suhu yang jauh lebih sempit. Hasil penelitian menyatakan bahwa suhu optimum yang ditetapkan di bawah kondisi laboratorium dengan media selain kayu biasanya agak lebih tinggi dari pada suhu optimum bagi pelapukan kayu dalam jangka panjang di alam. Pengetahuan tentang suhu yang mematikan berbagai jenis jamur sangat penting dalam sterilisasi kayu yang telah terserang jamur. Tidak ada perusak kayu dapat tahan hidup terhadap pengeringan dalam tanur komersial atau dengan pengukusan, asal suhu yang diberikan cukup tinggi dalam periode yang cukup lama untuk menjamin pemanasan seluruh bagian potongan kayu yang terserang jamur. Waktu yang diperlukan untuk sterilisasi kayu sangat dipengaruhi oleh tingginya suhu. Misalnya pengukusan dengan suhu 212°F dapat mematikan jamur, tetapi dengan suhu pemanasan 150°F dibutuhkan waktu selama 75 menit untuk memperoleh hasil yang sama.

Pengaruh temperatur terhadap perkembangan jamur dapat dilihat pada gambar 1. dari gambar tersebut terlihat bahwa temperatur maksimum bagi pertumbuhan jamur *Polyporus vapovarius* adalah lebih kurang 36°C, sedangkan temperatur minimumnya 27°C. Pertumbuhan jamur tersebut menurun dengan cepat setelah melewati batas suhu maksimum.

Tebaran suhu optimum untuk perkembangan jamur pewarna biru diperkirakan 75-95°F; pertumbuhannya praktis terhenti pada suhu di bawah

45°F dan di atas 100°F. Disebabkan oleh kadar air yang tinggi pada balok (log) atau kayu gergajian (*sawn timber*) di tempat yang aliran udaranya kurang, maka serangan jamur pada bahan-bahan tersebut sangat sering terjadi. Mula-mula jamur pewarna itu nampak sebagai noda kecil atau garis pada permukaan papan atau ujung balok, tetapi dapat segera menjadi terlalu dalam untuk dihilangkan dengan pengetaman atau pengampelasan dan akhirnya dapat meliputi seluruh kayu gubal. Dalam cuaca panas dan lembab, papan yang terbuat dari kayu gubal yang basah dapat berubah warna hanya dalam waktu dua atau tiga hari setelah digergaji. Kondisi kelembaban, persediaan oksigen, dan suhu yang cocok untuk perkembangan jamur pewarna akan baik juga bagi serangga dan jamur perusak kayu. Kenyataan ini menyebabkan kayu yang terserang jamur pewarna selalu dicurigai mengandung juga jamur pembusuk.



Gambar 1. Pengaruh temperatur terhadap perkembangan jamur *Polyporus vapovarius*

2. Oksigen (O₂)

Oksigen sangat dibutuhkan oleh jamur untuk melakukan respirasi yang menghasilkan karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O). Sebaliknya untuk pertumbuhan yang optimum, oksigen harus diambil secara bebas dari udara. Tanpa adanya oksigen, tidak ada jamur yang dapat hidup.

Kebutuhan jamur akan oksigen sesuai dengan kebutuhan akan air. Dalam hal ini kadar air minimum adalah 16%, optimum 35-50% dengan temperatur maksimum bermacam-macam.

3. Kelembaban (RH)

Kebutuhan jamur akan kelembaban berbeda-beda, akan tetapi hampir semua jenis jamur dapat hidup pada substrat yang belum jenuh air. Kadar air substrat yang rendah sering menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan jamur. Hal ini terutama berlaku bagi jenis jamur yang hidup pada kayu atau tanah.

Kayu dengan kadar air kurang dari 20% umumnya tidak diserang oleh jamur perusak. Sebaliknya kayu yang berkadar air 35-50% sangat disukai jamur.

Pertumbuhan jamur perusak kayu dapat dihambat atau dihalangi oleh kelembaban yang berlebihan, agaknya karena terbatasnya suplai oksigen. Apabila kadar air kayu naik di atas optimum bagi jamur tertentu, kecepatan pelapukan menurun, dan pada kadar air yang amat tinggi biasanya berhenti sama sekali. Kadar air kayu yang merupakan batas atas pertumbuhan optimum maupun pada titik penghalang bagi setiap jenis jamur agak berbeda, tergantung kepada jenis kayu (Tabel 1). Ini sesuai dengan teori bahwa kapasitas penyimpanan air (dan udara) maksimum dari kayu merupakan fungsi dari kerapatannya. Jamur perusak kayu hanya dapat tumbuh dalam kayu selama kayu itu cukup mengandung oksigen yang terlarut.

Tabel 1. Hubungan antara berat jenis kayu dan kebutuhan kelembaban dari jamur pembusuk

Jenis Kayu	Barat Jenis	Batas atas pertumbuhan optimum (KA)	Titik penghalang dari jamur pembusuk (persen KA)
Sitka spruce	0,34	150	190 - 200
Southern pine (kayu gubal)	0,44	100	145 - 150
Douglas fir	0,54	70	110 - 120
Southern fellow	0,70	50	75 - 80

Keterangan : Dalam penelitian ini digunakan 6 spesies jamur, yaitu *Lenzites sepiaria*, *L. trabea*, *Trametes serialis*, *T. subrosus*, *Fomes roseus*, dan *Lentinus lepideus*.

4. Konsentrasi Hidrogen (pH)

Pada umumnya jamur akan tumbuh dengan baik pada pH kurang dari tujuh (dalam suasana asam sampai netral). Pertumbuhan yang optimum akan dicapai pada pH 4,5 sampai 5,5. Suatu percobaan telah menunjukkan bahwa 40 % jamur softroot tidak tumbuh pada pH 3, semuanya tumbuh pada pH 4 dan 5, serta mencapai pertumbuhan maksimum pada pH 6. Di samping itu hampir semua jamur perusak kayu dari kelas Basidiomycetes tidak dapat hidup pada substrat yang bersifat alkali, yaitu pada pH 7 dan 8.

5. Bahan Makanan (Nutrisi)

Jamur memerlukan makanan dari zat-zat yang terkandung dalam kayu seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan zat isi sel lainnya. Selulosa,

hemiselulosa dan lignin yang menyusun bahan kayu terdapat sebagai makro molekul yang terlalu besar dan tidak larut dalam air untuk diasimilasi langsung oleh cendawan. Enzym ekstraselular yang dikeluarkan oleh cendawan itu menyebabkan depolimerisasi molekul-molekul yang besar ini menjadi bahan-bahan yang mengalami degradasi sebagian dan dapat larut, sehingga dapat diasimilasi dengan mudah dan menyediakan energi serta bahan yang dibutuhkan cendawan untuk melanjutkan metabolisme dan pertumbuhannya.

Di pihak lain cahaya juga sangat besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan vegetatif jamur. Cahaya siang hari yang kuat menekan pertumbuhan *Penicillium glaucum* dan jenis *Briorea* sp. Hambatan akan berkurang bila media tempat tumbuh mengandung makanan yang kompleks seperti pepton. Hambatan terbesar bagi pertumbuhan terjadi apabila media berisi glucose, menitol, dan asam malat. Observasi yang luas menunjukkan bahwa pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan bakteri lebih berperan dibandingkan dengan kekurangan bahan makanan.

LATIHAN

1. Jelaskan pengaruh suhu dan kelembaban terhadap pertumbuhan jamur!

B. Klasifikasi Jamur Kayu (*Wood Inhabiting Fungi*)

Jamur kayu (*wood inhabiting fungi*) menurut Panshin dan de zeuw (1964) dapat dipisahkan menjadi dua kelompok yaitu (1) Jamur perusak kayu (*wood destroying fungi*), sering juga disebut sebagai *wood rotting fungi*, dan (2) Jamur pewarna kayu (*wood staining fungi*) atau *true molds*.

Serangan jamur perusak kayu bersifat menghancurkan dan membusukkan bahan organik kayu karena sebagian dari masa kayu dirombak secara biokimia. Sedangkan jamur pewarna kayu hanya menimbulkan pewarnaan pada kayu. Perubahan warna tersebut disebabkan oleh reaksi-reaksi yang terjadi antara enzim yang dikeluarkan oleh miselium jamur tersebut dengan komponen kayu.

Bagi perkembangan jamur perusak kayu, sangat diperlukan bahan makanan yang cukup didalam kayu, kelembaban yang cukup, sedikit udara, dan suhu yang layak. Jamur pelapuk kayu yang menghancurkan dinding sela kayu pada perkembangan selanjutnya mengakibatkan kehancuran total struktur kayu. Dipihak lain, jamur pewarna kayu hanya mempunyai pengaruh sedikit terhadap kekuatan kayu, tetapi ditinjau dari segi keindahan maka penampilannya rusak karena timbulnya warna atau noda yang kotor.

1. Jamur Perusak Kayu (*wood destroying fungi*)

Pada garis besarnya ada tiga macam jamur perusak kayu, yaitu:

- a. *Brown-rot* (Pembusuk-coklat), yaitu jamur tingkat tinggi dari klas Basidiomycetes. Golongan jamur ini terutama mendegradasi polisakarida yaitu menyerang holoselulosa kayu dan meninggalkan

residu kecoklat-coklatan yang kaya akan lignin serta menjadikan kayu rapuh.

- b. *White-rot* (Pembusuk-putih), yaitu jamur dari kelas *Basidiomycetes*, juga menyerang holoselulosa dan lignin, menyebabkan warna kayu lebih muda dari warna normal dan menjadi lunak. Kebanyakan *white-rot* lebih suka pada kayu keras. Penyerangan menyebabkan penurunan sifat-sifat kekuatan dan kenaikan pembengkakan.
- c. *Soft-rot* (Pembusuk-lunak), yaitu jamur dari kelas *Ascomycetes* atau “fungi imperfectie”, menyerang selulosa dan komponen dinding sel lainnya. Akibat serangan jamur ini, permukaan kayu menjadi lebih lunak.

Kerusakan kayu akibat serangan jenis-jenis jamur tersebut dapat dilihat dengan adanya perubahan sifat fisik dan sifat kimia dari kayu. Perubahan tersebut sangat berpengaruh terhadap kemungkinan pemakaian kayu tersebut.

a. **Brown-rot (Pembusuk-coklat)**

Brown-rot, ialah jamur yang merombak bagian selulosa dari kayu sehingga warna kayu menjadi coklat kehitam-hitaman. Jamur ini termasuk ke dalam kelas *Basidiomycetes* dan sering diketemukan pada parenkim jari-jari serta hanya merombak selulosa tanpa lignin. Karena adanya perombakan yang sepihak ini, maka warna kayu berubah menjadi coklat dan kekuatan kayu hilang, walaupun bentuk dinding sel seolah-olah masih utuh.

Penembusan kayu oleh hifa terjadi melalui jari-jari. Dari sana mereka menyebar ke seluruh noktah dan dengan penembusan dinding-dinding sel dengan melubangi atau dengan mikrohifa. Hifa yang tumbuh dalam lumina sel sangat berdekatan dengan dinding tersier, tetapi zona lisis seperti terlihat pada *white-rot* tidak terlihat.

Atas dasar bentuk serangannya, *brown-rot* dapat dibagi menjadi lima bagian, yaitu:

- 1) *Brown pocket rot*; dimana kayu yang diserang berbentuk kantong-kantong dan berwarna coklat kekuning-kuningan. Tingkat serangannya dapat sampai ke dalam kayu. Contoh : *Polyporus omarus*.
- 2) *Brown ring rot*; dimana kayu yang diserang akan berwarna kuning sampai coklat, terutama pada batas pertumbuhan riap yang hamper menyerupai cincin. Jamur ini umumnya terdapat di daerah yang mempunyai empat musim. Contoh : *Foris gairii*.
- 3) *Brown stringy rot*, dimana pada tahap pertama serangannya sukar dilihat, tetapi kemudian kayu yang terserang akan berwarna coklat kemerahan seperti karat dan bentuknya seperti garis di sepanjang jari-jari. Contoh : *Echunodontium tiuctorium*.
- 4) *Brown cubical rot*; dimana permukaan kayu yang diserang berwarna coklat kemerahan dan sering dibatasi oleh pita yang sempit berwarna merah. Contoh : *Fomes pinicola*, *F. rosues*, *F. officinalis*, *Polyporus schweinitzii*, dan *p. sulphureus*.

- 5) *Brown mottled rot*; salah satu jenis jamurnya adalah *Pholiota adiposa*, biasanya dijumpai pada kebanyakan kayu daun jarum dan menyerang bagian dalam kayu. Akibat serangan jamur ini kayu akan bergaris-garis sempit dan berwarna kuning sampai kecoklat coklatan.

Beberapa kerugian pada kayu yang disebabkan oleh serangan brown-rot adalah:

- Warna menjadi coklat atau coklat kemerahan karena brown rot hanya menyerang atau merombak selulosa, sedang lignin tidak ikut dirombak.
- terjadinya pengerutan kayu (*shrinkage*) yang sangat nyata jika dikeringkan, terutama pada arah longitudinal. Hal ini akibat adanya proses hidrolisa pada kayu. Pada tingkat yang lanjut pengerutan ini akan menyebabkan kayu menjadi lunak dan lapuk.
- Kekuatan statis (*static strength*) akan berubah dengan cepat sekali. Kekuatanstatis ini dihitung dari kebanyakan kehilangan berat akibat pelapukan.
- Keuletan (*taugness*) akan cepat sekali berkurang walaupun pada tingkat pertama.
- Jika kayu dipakai untuk pulp, maka akan memberikan hasil yang berkualitas rendah jika dihitung dari prosentase berat.
- Kualitas serat akan sangat rendah.
- Kayu larut dalam alkali (NaOH 1%) jauh lebih besar dari pada kayu yang sehat.

Brown-rot membutuhkan kadar air yang rendah untuk tumbuh dan berkembang, dan sering ditemukan menyerang kayu daun jarum dan beberapa jenis kayu daun lebar.

b. *White-rot (corrosion rot) (Pembusuk-putih)*

White-rot adalah jamur yang termasuk ke dalam kelas Basidiomycetes, merombak lignin dan selulosa. Kayu yang diserang akan berwarna putih, kuning, atau coklat terang. Kebanyakan brown-rot menyerang kayu lunak. Kekuatan mekanik berkurang setelah periode singkat inkubasi.

Enzim-enzim pendegradasi-lignin berkembang baik tetapi juga ada enzim-enzim untuk mendegradasi pektin, poliosa dan bahkan selulosa. Hifa jamur-jamur ini menembus jaringan kayu melalui selaput noktah dan melalui dinding-dinding sel dengan membentuk lubang-lubang pengeboran. Hifa terutama tumbuh pada permukaan dinding-dinding sel sebelah dalam dan mendegradasi dinding-dinding dengan kekuatan eksoenzim yang menghasilkan zona lisis di sekitar hifa. Serangan yang sedang berlangsung menyebabkan dinding-dinding sel makin lama makin keropos dan menghasilkan struktur sarang lebah.

Berdasarkan bentuk serangannya, white rot dapat dibagi tiga macam yaitu:

- 1) *White-pocket rot*; dimana kayu yang diserang berwarna putih dan berbentuk seperti kantong. Contoh jamur *white pocked rot* adalah jamur *Fomes annonus*, *Polyporus ellesianus*, dan lain-lain. Jamur ini menyerang

kayu gubal dan kayu teras. Ada pula yang menyerang kayu hidup, misalnya jamur *Polyporus ellesianus*. Pada tempat yang diserang kayunya berwarna putih dan berbentuk seperti kantong.

- 2) *White ring rot*; jamur yang serangannya menagkibakan kayu berlubang-lubang seperti cincin.
- 3) *White mottled rot*; diman kayu yang diserang menunjukkan garis-garis putih pada permukaannya karena miselium jamur ini berwarna putih.

Perbandingan sifat kerusakan kayu akibat brown rot dan white rot dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbedaan sifat kerusakan kayu akibat *brown rot* dan *white rot*

No	Karakteristik	White Rotted Wood	Brown Rotted Wood
1.	Warna	Putih, agak keputih-putihan	Coklat kemerah-merahan
2.	Bagian yang dirombak	Holosellulosa dan lignin	Holosellulosa
3.	Pengeruan	Mendekati normal	Sangat abnormal sekali
4.	Keuletan	Cepat berkurang bahkan pada tingkat pertama serangan sekalipun	Cepat sekali berkurang bahkan pada tingkat pertama serangan
5.	Efek pada derajat polimerisasi	Menurun	Cepat sekali menurun
6.	Hasil produksi pulp	Hampir sama dengan hasil dari kayu yang tidak diserang	Rendah
7.	Kualita serat	Hampir sebanding dengan kayu yang tidak diserang	Tinggi
8.	Kelarutan dalam alkali (NaOH 1% cair)	Hampir sama dengan kayu normal	Tinggi
9.	Penyebaran serangan	Kayu daun lebar	Kayu daun jarum

c. *Soft-rot* (Pembusuk-lunak)

Soft-rot adalah jamur-jamur perusak kayu dari kelas *Ascomycetes* atau “fungi imperfectie”. Cara penyerangannya berbeda dari jamur *Basidiomycetes* dimana hanya bagian tertentu saja dari dinding sel yang dirombak yaitu bagian tengah dinding sekunder (S2). Penyerangan jamur dimulai melalui noktah sel, tumbuh melalui jari-jari dan pembuluh, dari sini mereka menembus ke dalam lumina trakeid atau serabut-serabut.

Hifa jamur-jamur tersebut mengeluarkan enzim-enzim yang mendegradasi semua komponen dinding sel yaitu menyerang selulosa dan hemiselulosa. Jamur mengembangkan macam anzin lain setelah delignifikasi yang menyebabkan penyerangan semua lapisan dinding sel tanpa perbedaan. Dengan menghilangkan lignin dari penyusun-penyusun dinding lain, sistem enzim dari jamur memiliki ruang untuk bebas bergerak melalui dinding.

Penghilangan lignin membuka struktur selulosa dan membuatnya mudah diserang jamur. Struktur kayu yang diserang secara keseluruhan tidak berubah, tetapi kekuatan akan berkurang serta menjadi lunak dan berwarna kotor pada permukaannya. Soft-rot sering dijumpai pada kayu-kayu yang berhubungan dengan tanah.

Jamur *soft-rot* yang termasuk golongan fungi imperfectie anatar lain adalah jamur *Philophora*, *Cystoporella*, *Pastalozzia*, *Sporocybe*, *Acra monium*, *Bisporomyces*, *Chalaropsis*, dan *Coniothrium*. Sedangkan jamur soft-rot yang dikenal sebagai anggota gololongan ascomycetes antara lain yaitu *Chaetomium*, *Xylaria*, dan *Orbicula*.

Soft-rot lebih banyak terdapat pada kayu daun lebar daripada kayu daun jarum. Namun demikian hampir tidak ada kayu yang tahan serangannya.

Dari hasil penelitian di Selandia Baru diketahui bahwa *soft-rot* kebanyakan berasal dari kelompok imperfectie. Jamur tersebut pada umumnya dijumpai pada kayu yang berhubungan dengan tanah dan dapat hidup pada kadar air yang lebih rendah dari syarat hidup jamur Basidiomycetes. Jamur ini merombak komponen-komponen dinding sel, sehingga dapat menimbulkan kerusakan yang hebat pada kayu.

Suatu penelitian menunjukkan bahwa *soft-rot* menyebabkan kehilangan berat kayu sebesar 10% dan menyebabkan penurunan keteguhan pukul sebanyak 50% setelah infeksi selama 12 minggu. Kayu yang diawetkan dengan CCA (*Copper-Chrome-Arsenic*) masih diserang oleh *soft-rot*, terutama didaerah-daerah tropika seperti Australia tropis, Papua Nugini, Filipina dan Thailand. Masalah *soft-rot* ini cukup serius, karena serangan *soft-rot* lebih hebat pada kayu daun lebar seperti yang banyak tumbuh di daerah tropis karena temperatur dan kelembaban lebih sesuai untuk berkembang biak jamur *soft-rot*.

2. Jamur Pewarna Kayu (*wood staining fungi*)

Jamur pewarna kayu adalah jamur yang tumbuh pada kayu, tetapi tidak merombak komponen-komponen kayu sehingga tidak banyak mempengaruhi kekuatannya. Golongan jamur ini hidup dari zat-zat didalam isi kayu, seeding struktur kayu tidak dirubahnya. Meskipun demikian jamur ini merugikan juga karena warna kayu menjadi kotor, kehitam-hitaman atau kebiru-biruan sehingga menurunkan kualitas kayu tersebut. Perubahan warna kayu yang diserang disebabkan oleh bahan berwarna gelap yang diendapkan dalam vakuola di dalam hifa jamur tersebut.

Jamur pewarna kayu terdiri dari mold dan blue-stain.

a. Mold

Mold adalah jamur yang menyerang permukaan kayu dimana miselium tiak menembus ke dalam kayu, tetapi hanya menyebabkan pewarnaan pada kayu yang diserangnya. Berdasarkan warna yang ditimbulkannya dapat diketahui jenis jamur penyerangnya, misalnya:

- 1) *Green mold*, disebabkan oleh jamur *Penicilium* sp.

- 2) *Pink mold*, karena serangan jamur *Fusarium* sp.
- 3) *Olive gray mold*, disebabkan oleh jamur *Lasio* sp, *Spheria pasixila* dan lain-lain. Mold sering dijumpai apabila temperature udara rendah pada periode yang panjang.

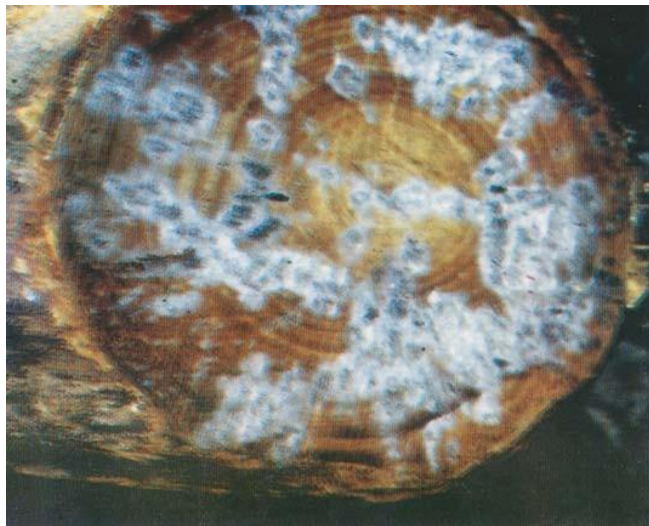
b. *Blue stain* (Noda Biru)

Blur stain adalah jamur yang menyerang kayu segar (baru ditebang) dimana kadar airnya lebih besar dari 25 %.

Sedangkan blue stain terjadi sangat cepat dalam waktu 24 jam setelah kayu ditebang dan pada umumnya menyerang kayu jenis kemiri, pinus, ramin, jabon, karet, dan lain-lain. Kayu yang diserang akan berwarna kotor biru kehitam-hitaman. Jenis-jenis jamur yang menyebabkan blue stain adalah: *Ceratostomella*, *Endoconnidiosphora*, *Diplodia*, *Cladosporium*, *Holodendron*, *Graphium*, dan lain- lain.

Pewarnaan umumnya terbatas pada kayu gubal dalam berbagai warna. Terjadinya perubahan warna disebabkan aktivitas benang-benang hifanya, dimana warnanya dapat bervariasi dari terang samapi hitam. Warna-warna yang terjadi sebenarnya tergantung pada organisme yang menyerang jenis kayu, serta kadar air kayunya.

Dibawah kondisi kelembaban dan suhu yang sesuai, pewarnaan pada kayu gubal dapat berkembang dengan cepat setelah kayu digergaji. Serangan blue-stain tidak begitu besar pengaruhnya terhadap sifat keteguhan, karena jamur ini tidak merombak zat kayu.



Gambar 2. Contoh kerusakan kayu yang disebabkan oleh *Blue stain*

LATIHAN

1. Berikan contoh jamur perusak kayu!
2. Berikan contoh jamur pewarna kayu!

RANGKUMAN

1. Faktor fisiologis yang dibutuhkan untuk pertumbuhan jamur adalah temperatur yang cocok, persediaan oksigen yang cukup, kadar air kayu di atas titik jenuh serat kayu, kelembaban, konsentrasi ion hidrogen (pH), dan nutrisi yang cocok.
2. Jamur kayu (*wood inhabiting fungi*) dipisahkan menjadi dua kelompok yaitu : (1) Jamur perusak kayu (*wood destroying fungi*), sering juga disebut sebagai *wood rotting fungi* seperti *brown rot*, *white-rot* dan *soft-rot* dan (2) Jamur pewarna kayu (*wood staining fungi*) atau *true molds* seperti *mold* dan *blue-stain*.
3. *Brown-rot* adalah jamur yang merombak bagian selulosa dari kayu sehingga warna kayu menjadi coklat kehitam-hitaman. *Brown-rot* dapat dibagi menjadi lima bagian, yaitu *brown pocket rot*, *brown ring rot*, *brown stringy rot*, *brown cubical rot*, dan *brown mottled rot*.
4. *White-rot* adalah jamur yang termasuk ke dalam kelas *Basidiomycetes*, merombak lignin dan selulosa. Kayu yang diserang akan berwarna putih, kuning, atau coklat terang. *White-rot* dapat dibagi tiga macam yaitu *white-pocket rot*, *white ring rot*, dan *white mottled rot*.
5. *Soft-rot* adalah jamur-jamur perusak kayu dari kelas *Ascomycetes* atau “fungi imperfectie”. Cara penyerangannya berbeda dari jamur *Basidiomycetes* dimana hanya bagian tertentu saja dari dinding sel yang dirombak yaitu bagian tengah dinding sekunder (S2).
6. Jamur pewarna kayu adalah jamur yang tumbuh pada kayu, tetapi tidak merombak komponen-komponen kayu sehingga tidak banyak mempengaruhi kekuatannya.
7. *Mold* adalah jamur yang menyerang permukaan kayu dimana miselium tiak menembus ke dalam kayu, tetapi hanya menyebabkan pewarnaan pada kayu yang diserangnya. Contoh *green mold*, *pink mold*, dan *olive gray mold*.

TES FORMATIF

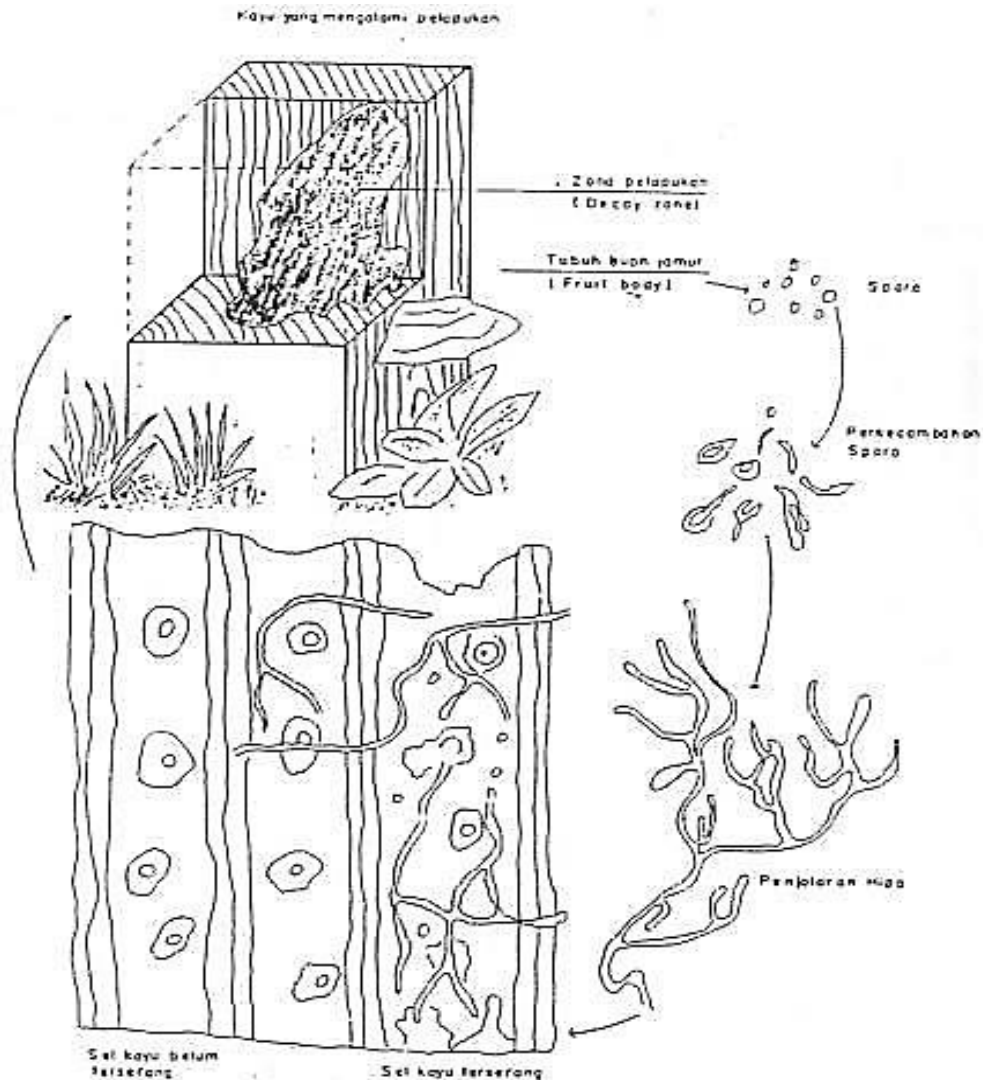
1. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan hidup jamur!
2. Sebutkan dan jelaskan klasifikasi jamur kayu dan jelaskan kerusakan yang ditimbulkannya pada kayu!

DAFTAR PUSTAKA

- Darni. S. 1985. Teknologi Hasil Hutan. Diktat Kuliah Fakultas Kahutanan UNLAM. Lambung Mangkurat University Press. Banjarbaru.
- Dumanau, J.F. 1984. Mengenal Kayu. P.T. Gramedia Jakarta.
- Fengel dan Wegener. 1995. KAYU : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. Gadjah mada University Press. Yogyakarta.
- Phansin, A.J. and Carl de Zeuw. 1964. text Book of Wood Techonology. Vol. I. McGraw Hill Book Company. New York.
- Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Nogor.

BAB III. KERUSAKAN KAYU OLEH JAMUR

Kerusakan oleh jamur dimulai ketika spora jamur menempel pada permukaan kayu karena terbawa udara, air, serangga atau bahan-bahan yang sudah terkena infeksi. Apabila keadaan lingkungan sesuai, spora tersebut akan berkembang dan membentuk struktur mikroskopis seperti benang, yang secara individual disebut hifa (*hyphae*) atau secara kolektif disebut miselium. Pada kerusakan tingkat permulaan (*incipient stage*), hifa dapat tersebar ke seluruh kayu dalam ke segala arah, bertitik tolak dari tempat infeksiya lewat dari sel-sel melalui lobang pengeboran, yang dibuatnya di tempat-tempat pertemuan antara hifa itu dengan dinding sel, atau melewati lubang-lubang alami (notah-noktah). Hifa dapat berkembang juga pada permukaan kayu atau tempat lain sebagai untaian yang teranyam rapat atau massa serupa akar atau seperti tikar miselium yang menyerupai topi (seringkali berbentuk kipas), yang biasanya berwarna putih atau kecoklatan, dan mudah terlihat dengan mata telanjang. Siklus pelapukan kayu oleh jamur dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus pelapukan kayu oleh jamur

Setelah mempelajari bab ini diharapkan :

1. Mahasiswa dapat menjelaskan siklus pelapukan kayu oleh jamur.
2. Mahasiswa dapat menjelaskan mekanisme kerusakan kayu oleh jamur.
3. Mahasiswa dapat menjelaskan pengaruh serangan jamur terhadap sifat-sifat kayu.
4. Mahasiswa dapat menjelaskan metode yang dapat digunakan untuk mencegah dan mengatasi serangan jamur kayu.

A. Mekanisme Kerusakan Kayu oleh Jamur

Sebagaimana telah dikemukakan sebelumnya, jamur adalah suatu jenis tanaman tingkat rendah yang sangat sederhana dan tidak mempunyai zat hijau daun (*chlorophyll*). Untuk hidupnya mereka harus memperoleh makanan dari bahan-bahan organik yang dihasilkan oleh tumbuhan hijau melalui fotosintesa. Dengan demikian kayu sebagai produk tumbuhan hijau, menjadi sumber makanan bagi jamur. Dalam hal ini holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) serta lignin yang membentuk dinding sel kayu dirombak oleh enzim dari jamur tersebut. Hasil perombakan tersebut merupakan persenyawaan-persenyawaan yang lebih sederhana (seperti gula) yang dapat diserap oleh jamur dan kemudian dipergunakan dalam proses metabolisme.

Pada prinsipnya semua jenis kayu dengan berbagai bentuk dan ukuran dapat diserang oleh jamur. Akan tetapi ada juga beberapa jenis kayu yang tahan terhadap serangan jamur seperti jati, mahoni, kempas, dan lain-lain. Hal ini disebabkan karena adanya zat ekstraktif di dalam kayu yang bersifat anti jamur (fungisida) alami.

Kerusakan kayu oleh jamur dapat terjadi sewaktu kayu masih di hutan, dalam pengangkutan, di tempat penimbunan, atau pada masa penggunaan. Tingkat serangan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan dimana penyerangan itu berlangsung. Kayu-kayu yang dipasang berhubungan langsung dengan tanah seperti rel kereta api, tiang listrik, konstruksi rumah, dan lain-lain akan lebih peka terhadap serangan jamur. Sebaliknya kayu yang kering lebih kecil kemungkinannya untuk diserang, karena untuk hidupnya jamur memerlukan air (kelembaban). Begitu juga kayu yang sangat basah akan sukar diserang jamur, karena didalam kayu tersebut tidak cukup tersedia oksigen (O_2) untuk pertumbuhan jamur. Dengan perkataan lain, keseimbangan antara air dan oksigen sangat diperlukan untuk pertumbuhan jamur.

Pelapukan kayu oleh jamur dapat dibagi ke dalam dua tahap yaitu tahap awal dan tahap lanjut. Pada pelapukan tahap awal, mula-mula akan terjadi perubahan warna dan pengerasan pada permukaan kayu. Pada tahap ini benang-benang hifa akan menyebar ke segala arah terutama ke arah longitudinal. Hifa dapat juga berkembang pada permukaan kayu atau pada bagian-bagian kayu yang retak, miselium bekerja seperti akar tanaman, yaitu mengisap zat makanan. Kadang-kadang perubahan warna kayu tidak mudah dilihat. Disamping itu perbedaan warna antara kayu kering dan kayu basah

sering menambah kesulitan pengenalan pelapukan jamur. Pelapukan tingkat awal oleh *brown-rot* menyebabkan kekuatan kayu menurun secara serius.

Setelah tingkat permulaan dilalui kayu nampak semakin berubah baik warna maupun sifa-sifat fisiknya, bahkan akhirnya struktur dan penampilan kayu berubah total. Tahap ini disebut sebagai pelapukan tingkat lanjut (*advanced decay*) dimana kekuatan kayu berkurang sedemikian rupa sehingga mudah sekali dihancurkan dengan jari-jari tangan. Kerusakan bahkan dapat terus berlanjut sehingga kayu teras rusak berat.

Pelapukan pada kayu berdiri umumnya menyebar secara vertikal, dimana laju pelapukan lebih cepat pada tahap lanjut dari pada tahap awal. Penyebaran pada arah horizontal biasanya terbatas 1-2 inci saja.

Jenis jamur yang sangat cepat menyerang selulosa adalah *brown-rot*, walaupun ada teori yang menyatakan bahwa *white-rot* juga berbahaya. Pecahnya kayu akibat serangan *brown-rot*, dapat dibandingkan dengan hidrolisa asam (*acid hydrolysis*) pada selulosa dan hemiselulosa.

Pelapukan kecil pada ujung kayu dapat mengakibatkan seluruh kayu harus diganti atau bahkan dibuang sama sekali. Pada contoh lain, kerusakan kayu yang disebabkan oleh jamur pelapuk terjadi bila bahan tersebut tidak dikeringkan sebelum digunakan atau telah dikeringkan tetapi kemudian terkena hujan. Gelagar-gelagar, tonggak-tonggak, balok-balok penopang, dan lain-lain yang dipasang dalam suatu kondisi yang relatif basah dan tertutup oleh logam, semen, dan penutup lain yang mencegah keringnya kayu itu, akan menghasilkan suatu kondisi yang ideal bagi perkembangan jamur. Dalam hal demikian biasanya pelapukan berkembang tanpa diketahui, dan kerusakan berat yang tidak diharapkan dapat terjadi.

Pembiakan jamur perusak dilakukan dengan spora mikroskopik yang fungsinya dapat dipersamakan dengan biji pada tanaman tingkat tinggi. Spora tersebut di hasilkan dalam jumlah besar oleh badan-badan buah (*sporofora*) yang sering berkembang di atas permukaan kayu yang terserang. Bentuk, warna, tekstur dan ciri-ciri struktur sporofora sangat beragam sehingga sering merupakan kunci pengenalan (identifikasi) jenisnya. Beberapa sporofora berbentuk mangkuk, lainnya berbentuk seperti tanda kurung atau papan pada permukaan yang busuk (Gambar 4), sedang yang lainnya menyebar pada permukaan kayu dalam bentuk kerak.

Pewarna biru atau disebut juga pewarna gubal merupakan cacat yang sangat umum pada sejumlah besar spesies kayu, terutama pada jenis-jenis pinus, kayu karet dan ramin. Jamur penyebabnya (kebanyakan *Ceratocystis* spp., *Diplodia* spp., dan *Graphium* spp.) berbeda dengan kelompok jamur perusak kayu dalam hal makanannya.



Gambar 4. Sporofora (badan buah) dari jamur

Jamur pewarna terutama hidup dari bahan-bahan yang tersimpan dalam rongga-rongga sel kayu gubal, bahkan pada dinding sel kayu. Lagi pula, hifa jamur ini umumnya lewat dari sel-sel melalui lubang pengeboran dalam dinding sel. Dinding sel yang mudah rusak adalah dinding sel dalam jari-jari kayu, tempat tertimbunnya zat makanan yang dibutuhkan. Warna kebiru-biruan sampai biru kehitam-hitaman atau coklat yang tidak diinginkan disebabkan oleh masa hifa yang relatif gelap di dalam kayu yang berwarna muda. Jamur pewarna kayu dapat berkembang di dalam kayu gubal jenis-jenis kayu peka, baik ketika baru ditebang, selama penyimpanan, pengangkutan, maupun setelah digunakan.

LATIHAN

1. Bagaimana kayu dapat diserang jamur, dan bagian apa saja yang diserangnya ?

B. Pengaruh Serangan Jamur terhadap Sifat-Sifat Kayu

Jamur pewarna umumnya tidak begitu mempengaruhi keteguhan kayu. Sebaliknya jamur perusak berpengaruh sekali terhadap sifat keteguhan mekanik kayu, terutama keteguhan pukul (impact bending).

Jika jamur perusak berkembang, akan terjadi perubahan sifat-sifat fisik dan kimia kayu yang terserang. Intensitas perubahan tersebut terutama tergantung pada luasnya pelapukan dan pengaruh khas dari organisme yang menghasilkannya. Warna normal kayu sedikit banyak dimodifikasi secara nyata, dan disamping itu sering timbul bau yang menusuk hidung. Kekuatan dan kerapatan kayu dapat menurun secara drastis dan kepekaannya terhadap cacat pengeringan bertambah. Sifat-sifat tertentu lainnya seperti daya hantar panas dan listrik dapat juga berpengaruh. Dekomposisi zat kayu

dapat juga mempunyai pengaruh nyata pada rendemen pengolahan kayu tersebut, terutama jika dipakai proses pengawetan kimiawi.

Pada umumnya pengaruh serangan jamur terhadap sifat-sifat kayu dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Pengaruh berat
Hal ini disebabkan hilangnya sebagian selulosa dan lignin karena dirombak oleh jamur. Bila prosentase penyerangan jamur ini tinggi, maka kayu menjadi ringan.
- b. Pengaruh kekuatan
Kayu yang diserang jamur akan mempengaruhi sifat keteguhan pukul, keteguhan lengkung. Keteguhan tekan, kekerasan, serta elastisitasnya dan mengakibatkan kekuatan kayu akan berkurang.
- c. Peningkatan kadar air
kayu yang lapuk akan menyerap air lebih banyak dari pada kayu yang sehat.
- d. Penurunan kalori
Nilai kalori ada hubungannya dengan intensitas serangan. Apabila intensitas pelapukan semakin tinggi maka nilai kalori semakin kecil, sebab kayu yang lapuk memberikan panas yang lebih kecil daripada kayu yang sehat.
- e. Perubahan warna
White-rot menimbulkan warna putih, *brown rot* menimbulkan warna coklat, sedangkan *blue stain* menimbulkan warna hitam kebiru-biruan.
- f. Perubahan bau
Umumnya kayu yang lapuk baunya berbeda dengan kayu yang sehat. Kayu lapuk baunya sangat tidak menyenangkan penciuman.
- g. Perubahan struktur mikroskopis
White-rot menyebabkan dinding sel kayu makin lama semakin tipis dan akhirnya habis. *Brown-rot* menyerang selulosa kayu sedangkan dinding sel kelihatannya masih utuh. *Soft-rot* hanya menyerang dinding sekunder dan bila dilihat dengan mikroskop polarisasi maka akan terlihat lubang-lubang spiral yang memanjang dengan ujung lubang berbentuk rombis. Di pihak lain *blue-stain* menyerang melalui noktah karena tidak bias merusak dinding sel, tetapi hanya hidup dari zat pengisi (protoplasma) sehingga kekuatan mekanik kayu tidak berubah.

LATIHAN

1. Bagaimana kekuatan kayu yang telah diserang jamur?

C. Tindakan Pengendalian Serangan Jamur

Kondisi yang diperlukan untuk perkembangan jamur pembusuk kayu ada empat :

- Sumber-sumber energi dan bahan makanan yang cocok

- Kadar air kayu di atas titik jenuh serat kayu
- Persediaan oksigen cukup
- Suhu yang cocok

Kekurangan dalam salah satu persyaratan ini, akan menghalangi pertumbuhan suatu jamur, meskipun jamur tersebut telah berada di dalam kayu.

1. Jamur Perusak Kayu

Dalam penanggulangan jamur perusak kayu baik di hutan, di penggergajian maupun pada kayu yang dipakai dapat diatasi dengan dua cara yaitu metoda konstruksi dan pengawetan.

a. Metoda Konstruksi

Metoda konstruksi ini khusus ditujukan bagi kayu dalam pemakaian:

- 1) Kayu digunakan dalam struktur yang terlindung terhadap air hujan dan bagian dalam bangunan tetap kering (tidak lembab).
- 2) Permukaan kayu dijaga agar tidak berkontak langsung dengan udara terbuka dengan cara memberi lapisan cat atau “varnish”. Cara serupa ini dikenal dengan sebutan “decorative coatings”.
- 3) Pengawetan dengan cara isolasi (preservation by isolation). Dengan cara ini kayu dalam penggunaan permukaannya diberi lapisan bahan yang bersifat racun bagi organisme penyebab pembusukan. Biasanya zat pelapis yang banyak dipergunakan adalah ter. Segi negatif cara ini adalah kayu mengalami perubahan penampilan, sehingga kurang disenangi khususnya apabila kayu digunakan dalam ruangan bangunan.
- 4) Gunakan kayu-kayu yang memiliki sifat keawetan alami yang cukup tinggi. Kayu teras umumnya lebih awet disbanding dengan kayu gubal, karena : strukturnya yang lebih padat, mengandung aor dan oksigen yang lebih rendah serta memiliki zat-zat ekstraktif yang bersifat racun terhadap jamur atau mengandung zat resin yang bersifat mengurangi penyerapan air.
- 5) Sedapat mungkin menggunakan kayu yang benar-benar telah kering.

b. Metoda Pengawetan

Untuk mencegah serangan jamur terhadap kayu melalui pengawetan, dapat ditempuh dengan cara memasukkan bahan pengawet ke dalam kayu. Pemberian bahan pengawet yang digunakan harus beracun terhadap jamur dan tidak mudah luntur

Metoda yang efektif untuk mencegah serangan jamur biru terhadap kayu dapat ditempuh dengan cara “*propylatic treatment*”. Ada tiga macam pestisida yang dapat menggantikan NaPCP guna mencegah serangan jamur biru. Dari hasil pengujian ini dikatehui bahwa Copper-8 yang mengandung bahan aktif 5% Cu-8-*oxyquinolinolate* dengan konsentrasi larutan 6%, dapat mencegah serangan jamur biru pada papan ramin selama 8 minggu pada permukaan maupun pada bagian dalam kayu. Campuran *thiocyanometry/thiobenzothiazole/methylene-bisthiocynate* (TCMTB/MTC) yang

mengandung bahan aktif 13% TCMTB dan 11% MTC dengan konsentrasi larutan 1% dapat mencegah serangan jamur biru pada papan ramin selama 8 minggu pada permukaan maupun dalam kayu, sedangkan *Dichlofluamid* (DCFN) yang mengandung bahan aktif 50% *Dichlofluamid* dengan konsentrasi larutan 1,5% hanya mampu mencegah serangan jamur biru pada permukaan papan ramin selama 2 minggu.

Bahan pengawet yang digunakan dalam usaha pencegahan serangan jamur terhadap kayu, harus mempunyai sifat sukar luntur. Bahan pengawet tipe ini adalah tipe minyak, tipe larut dalam pelarut organik dan tipe larut air yang mengandung chrom tinggi. Tipe pengawet yang mengandung chrom tinggi yang telah beredar di Indonesia adalah golongan tembaga-chrom-arsen (TCA) TCB dan tembaga-chrom-fluor (TCF).

Besarnya retensi dan dalamannya penetrasi bahan pengawet pada kayu sangat menentukan efektifitas usaha pengawetan. Retensi dan penetrasi yang disyaratkan untuk setiap jenis bahan pengawet dan tempat pemakaian kayu dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari segi system pengawetan, bahan pengawet yang tergolong ke dalam kelompok TCA selain dengan proses vakum-tekan dapat juga dengan cara rendaman (rendaman dingin maupun panas).

Tabel 3. Retensi dan Penetrasi bahan pengawet TCA, TCB dan TCF untuk berbagai tujuan pemakaian

Jenis Bahan Pengawet	Jenis Retensi	Retensi(Kg/ m ³)		
		A*)	B**)	C**)
Golongan TCA				
1. Tanalith CT 106	Bahan aktif garam anhidrida	6,6	9,8	13,1
	Formulasi	6,6	9,8	13,1
2. Celcure A (P)	Bahan aktif garam	8,0	12,0	16,0
	Formulasi	8,4	12,6	16,8
3. Osmose K33	Bahan aktif oksida	4,8	7,1	19,5
	Formulasi	6,7	9,9	13,2
5. Kemira K33	Bahan aktif oksida	6,3	9,4	12,5
	Formulasi	6,6	9,8	13,1
Golongan TCB				
1. Wolmanit CB	Bahan aktif garam	10,7	-	-
	Formulasi	11,0	-	-
2. Diffusol CB	Bahan aktif garam anhidrida	8,6	-	-
	Formulasi	8,6	-	-
Golongan TCF				
Basilit CFK	Bahan aktif garam	8,6	-	-
	Formulasi	8,6	-	-
Penetrasi (mm)		15	25	25

*) Sumber : Spesifikasi Pengawetan Kayu Untuk Perumahan, (1982)

***) Sumber : Abdurrohman, S. (1983)

Keterangan : A) Kayu yang dipakai di luar tanpa kontak dengan tanah

B) Kayu yang dipakai di luar yang kontak dengan tanah

C) Kayu tiang listrik

2. Jamur Pewarna Kayu

Pengendalian jamur pewarna kayu masalahnya berbeda dengan jamur perusak kayu. Jamur pewarna kayu biasanya menyerang molekul gula dan pati yang terdapat pada dinding sel tanpa berpengaruh terhadap dinding sel atau kekuatan struktur kayu.

Mengendalikan serangan jamur pewarna dengan bahan pengawet yang memiliki sifat berfiksasi yang tinggi pada dinding sel dianggap kurang efektif. Oleh karena itu sangat penting menggunakan bahan-bahan pengawet yang mampu menembus dinding sel dan masuk ke dalam sel.

Pada dasarnya pengendalian jamur pewarna kayu dapat dibedakan atas dua cara yaitu :

a. Pengendalian jamur pewarna pada kayu segar

Ada anggapan bahwa serangan jamur pewarna dapat dicegah dengan cara mengeringkan kayu secepat mungkin. Akan tetapi dalam pelaksanaan pengeringan ada kalanya kecepatan penguapan air dari dalam kayu terjadi sangat lambat. Di lain pihak kondisi suhu pengeringan yang cukup tinggi sering-sering dapat mendorong terjadinya serangan jamur pewarna yang cukup berat, sebelum pengeringan mencapai sasaran akhir pengendalian. Walaupun pengeringan dengan suhu yang tinggi dapat mematikan sel-sel kayu, bukan berarti tidak akan terjadi lagi serangan jamur pewarna. Kayu yang tadinya sudah kering kemudian menjadi lembab masih akan mungkin diserang oleh jamur pewarna kayu.

Upaya pengendalian jamur pewarna ditujukan untuk mencegah perkecambahan spora atau secara langsung meracun hypha untuk Pentachlorophenol (PCP). Bahan ini mudah larut dalam air, mudah menguap dan cepat menyebar luas.

Dalam rangka pengendalian serangan jamur pewarna pada kayu segar, biasanya Pentachlorophenol disenyawakan dengan unsur Na dalam bentuk larutan Natrium (NaPCP) atau dicampur dengan Borax dan Borax hexachlorida. Campuran bahan seperti ini sangat efektif dalam pemberantasan jamur pewarna kayu. Namun demikian penggunaan bahan pengawet ini di Indonesia telah dilarang berdasarkan keputusan Menteri Pertanian No. 59/Kpts/Um 1980 tanggal 28 Januari 1980. Larangan tersebut didasarkan atas pertimbangan bahwa NaPCP merupakan racun yang memiliki toksifitas dermal tinggi, bersifat permanen di alam, daya afinitasnya dengan lemak tidak dapat disekresikan melalui urine manusia atau binatang yang memakannya.

Fungisida lain yang banyak digunakan adalah Caftafol dan Benomyl. Namun demikian kedua jenis fungisida ini dari hasil penelitian yang dilakukan diketahui kurang efektif terhadap jamur pewarna kayu.

Log yang tertunda pengolahannya menjadi sortimen-sortimen kayu gergajian dapat mengalami resiko serangan kumbang penggerek kulit seperti anggota *family Scolytidae* dan kumbang *Platipodidae*, yang banyak terdapat di daerah tropis. Akibat serangan kumbang penggerek kulit ini, memungkinkan terjadinya serangan jamur pewarna. Oleh karenanya

fungisida yang dipergunakan untuk melindungi log terhadap serangan jamur pewarna selalu dicampur dengan insektisida, segera setelah penebangan.

b. Pengendalian jamur pewarna pada kayu dalam pemakaian

Jamur pewarna masih mungkin menyerang pada masa penggunaan kayu, walaupun kayu telah dicat atau dipernis. Contoh jenis jamur pewarna yang masih menyerang kayu dalam masa pemakaian adalah *Aureobasidium (Pullularia) pullulans*. Jamur ini berkembang di dalam kayu dengan jalan berkondensasi di bawah lapisan cat dan pada akhirnya menyerang permukaan kayu. Tanda-tanda serangan terlihat berupa lubang-lubang kecil berwarna hitam pada lapisan permukaan kayu yang telah diberi lapisan cat.

Akibat adanya lubang-lubang kecil tersebut, maka kayu kalau terkena air hujan akan merembes ke dalam kayu dan berakumulasi di bawah lapisan cat. Apabila sudah terjadi serangan jamur pewarna serupa ini, maka untuk pencegahannya cat dicampur dengan racun berbentuk pasta.

LATIHAN

1. Dalam penanggulangan jamur perusak kayu dapat diatasi dengan dua cara, sebutkan!
2. Berilah contoh bahan pengawet yang dapat digunakan untuk mencegah jamur perusak kayu dan pewarna kayu!

RANGKUMAN

1. Pelapukan kayu oleh jamur dapat dibagi ke dalam tahap awal dan tahap lanjut. Pada pelapukan tahap awal, mula-mula akan terjadi perubahan warna dan pengerasan pada permukaan kayu. Pada tahap lanjut kayu nampak semakin berubah baik warna maupun sifa-sifat fisiknya, bahkan akhirnya struktur dan penampilan kayu berubah total. Kekuatan kayu berkurang sedemikian rupa sehingga mudah sekali dihancurkan dengan jari-jari tangan. Kerusakan bahkan dapat terus berlanjut sehingga kayu teras rusak berat.
2. Jamur pewarna umumnya tidak begitu mempengaruhi keteguhan kayu. Sebaliknya jamur perusak berpengaruh sekali terhadap sifat-sifat keteguhan mekanik kayu, terutama keteguhan pukul (impact bending). Pada umumnya pengaruh serangan jamur terhadap sifat-sifat kayu adalah berat berkurang, kekuatan berkurang, peningkatan kadar air, penurunan kalori, perubahan warna, perubahan bau dan perubahan struktur mikroskopis.
3. Dalam penanggulangan jamur perusak kayu baik di hutan, di penggergajian maupun pada kayu yang dipakai dapat diatasi dengan dua cara yaitu : metoda konstruksi dan pengawetan.
4. Metoda konstruksi ini khusus ditujukan bagi kayu dalam pemakaian, antara lain kayu dalam struktur yang terlindung terhadap air hujan dan

bagian dalam bangunan tetap kering (tidak lembab), mencat kayu, kayu dilapisi bahan yang bersifat racun bagi organisme penyebab pembusukan seperti ter dan menggunakan kayu yang cukup awet secara alami dan benar-benar kering.

5. Metode pengawetan, dapat ditempuh dengan cara memasukkan bahan pengawet ke dalam kayu. Pemberian bahan pengawet yang digunakan harus beracun terhadap jamur dan tidak mudah luntur
6. Pada dasarnya pengendalian jamur pewarna kayu dapat dibedakan atas dua cara yaitu pengendalian jamur pewarna pada kayu segar dan pada kayu dalam pemakaian.

TES FORMATIF

1. Gambarkan siklus pelapukan kayu oleh jamur!
2. Jelaskan tahapan pelapukan kayu oleh jamur!
3. Jelaskan pengaruh serangan jamur terhadap sifat-sifat kayu!
4. Langkah-langkah apa saja yang dapat diambil untuk mencegah dan mengatasi serangan jamur perusak dan pewarna kayu, jelaskan!

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrochim S. dan Herman H. 1983. Cara Pencegahan Jamur Perusak Kayu.
- Proceeding Pertemuan Ilmiah Pengawetan Kayu. Penerbit Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Darni. S. 1985. Teknologi Hasil Hutan. Diktat Kuliah Fakultas Kahutanan UNLAM. Lambung Mangkurat University Press. Banjarbaru.
- Dumanau, J.F. 1984. Mengenal Kayu. PT. Gramedia. Jakarta.
- Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- Fengel dan Wegener. 1995. KAYU : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

BAB IV. KERUSAKAN KAYU OLEH BAKTERI

Berlainan dengan tanaman hijau, bakteri adalah sejenis tumbuhan tingkat rendah yang tidak mengandung zat hijau daun (*chlorophyll*). Oleh karena itu mereka harus mempertahankan hidupnya dari energi serta bahan-bahan organik yang dihasilkan oleh tumbuhan hijau. Dengan demikian kayu sebagai produk terbesar dari tumbuhan hijau merupakan sumber makanan bagi berbagai jenis bakteri.

Setelah mempelajari bab ini diharapkan:

1. Mahasiswa dapat mengetahui biologi hidup bakteri
2. Mahasiswa dapat menjelaskan cara bakteri menyerang kayu
3. Mahasiswa dapat menjelaskan pengaruh serangan bakteri pada kayu

A. Bakteri sebagai Penyebab Deteriorasi

Sebagian besar bakteri merupakan tumbuhan bersel tunggal (*Single Celled Plant*), kecuali famili Actinomycetes yang sel-selnya terjalin seperti rantai (*Chain-like linked cells*). Pada umumnya mereka mampu hidup dan berkembang dalam kayu. Dalam hal ini keadaan lingkungan dan jenis kayu diduga sangat menentukan jenis bakteri yang menyerang. Terdapatnya bakteri di perairan yang dalam atau di dalam kayu yang jenuh air menunjukkan bahwa jasad renik tersebut memiliki kemampuan khusus untuk berkembang pada lingkungan yang kurang oksigen. Beberapa jenis diantaranya bahkan dapat hidup secara anaerobic. Disamping itu beberapa jenis bakteri juga mempunyai daya toleransi yang besar terhadap kimia beracun seperti *Creosot*, *Copper-Chrome-Arsenic* (CAA), *Petchloropenol* (PCP), dan *Tributyltin oxida*.

Knuth, dalam penelitiannya tahun 1964, telah menemukan 198 jenis bakteri pada berbagai jenis pohon. Jenis-jenis bakteri tersebut tergolong dalam genus *Baccilus*, *Acrobacter*, dan *pseudomonas*, yang biasanya hidup di dalam tanah dan air. Dia juga menyatakan bahwa jenis bakteri yang paling merusak pada kayu daun jarum di logpond adalah *Bacillus polymyxa*, sedangkan Harmsen dan Nissan (1965) menyatakan bahwa jenis bakteri dari family Actinomycetes mungkin juga merupakan jamur perusak kayu yang umum.

Faktor lingkungan yang paling menentukan adanya serangan bakteri terhadap kayu adalah kadar air yang tinggi, yang sama atau lebih tinggi daripada yang dikehendaki oleh kebanyakan jenis jamur.

Air yang tidak mengalir serta kaya akan bahan – bahan organik (nutrisi) sangat baik untuk perkembangan bakteri.

B. Mekanisme Kerusakan Kayu oleh Bakteri

Bakteri belum dibuktikan dapat merusak kayu dengan parah, tetapi diketahui telah mampu menembus balok *Ponderosa pine* sampai kedalaman tertentu sehingga bakteri tersebut sangat absorbtif bila diawetkan dengan cara perendaman. Bakteri masuk ke dalam kayu dengan jalan menembus sel

satu ke sel yang lainnya melalui noktah sel, setelah penghancuran membran noktah. Penyerangan yang cepat ke bagian dalam kayu (log) dimungkinkan karena adanya penetrasi radial, yang dimulai melalui kulit bagian dalam (*inner bark*) kemudian menyusup ke dalam melalui jari-jari serta saluran-saluran damar.

Serangan bakteri terhadap kayu biasanya terjadi bersama-sama dengan serangan jamur. Diduga hadirnya bakteri di dalam kayu menimbulkan suatu keadaan dimana jamur dapat hidup dan berkembang. Kedua jenis jasad renik tersebut kemudian bekerjasama dalam proses penghancuran kayu secara biologis. Kemampuan bakteri dalam merombak selulosa kayu memang telah lama diketahui. Akan tetapi baru dalam beberapa tahun terakhir ini diketahui bahwa jasad renik tersebut juga mampu merusak jaringan-jaringan berlignin (*lignified tissues*) jika kondisi lingkungan memungkinkan.

C. Pengaruh Serangan Bakteri terhadap Sifat-Sifat Kayu

Pada umumnya bakteri tidak menimbulkan kerusakan yang berat, tetapi kayu yang diserang akan banyak menyerap air dan kekuatan kayu akan berkurang. Adanya absorpsi air yang berlebihan ini juga menyulitkan pengecatan kayu yang akan digunakan dalam konstruksi-konstruksi bangunan. Kadang-kadang bakteri ditemukan pada kayu-kayu yang berhubungan dengan air laut dan kondisi penggunaan yang lain, tetapi biasanya kerusakannya tidak mudah dilihat, berbeda dengan kerusakan-kerusakan yang disebabkan oleh jamur, serangga, atau binatang laut.

Pada prinsipnya serangan bakteri pada kayu menyebabkan daya absorpsi kayu menjadi tidak normal karena rusaknya membran noktah dari sel-sel. Bakteri juga memungkinkan penetrasi radial, yaitu dengan terbukanya jari-jari serta saluran-saluran damar.

Serangan bakteri biasanya tidak melemahkan kayu. Namun demikian, kekuatan kayu kadang-kadang menjadi menurun secara serius. Penyerangan yang berlangsung lama oleh beberapa jenis bakteri dapat menimbulkan kerusakan pada dinding sel kayu. Besarnya penurunan kekuatan kayu akibat keadaan tersebut tergantung kepada ukuran kayu serta kedalaman serangannya.

Perubahan-perubahan mikromorfologi (*mikromorphological changes*) yang terjadi di dalam dinding sel kayu telah banyak dipelajari oleh para ahli. Percobaan- percobaan di laboratorium menunjukkan bahwa penurunan kekuatan kayu contoh (*small specimen*) terjadi dalam beberapa bulan setelah diinfeksi oleh bakteri. Pada umumnya berta kayu akan berkurang sebesar tujuh persen jika diserang oleh bakteri.

LATIHAN

1. Sebutkan contoh-contoh bakteri perusak kayu!
2. Bagaimana bakteri dapat menyerang kayu?
3. Jelaskan pengaruh serangan bakteri terhadap sifat kayu!

RANGKUMAN

1. Sebagian besar bakteri merupakan tumbuhan bersel tunggal (*Single Celled Plant*), kecuali famili Actinomycetes yang sel – selnya terjalin seperti rantai (*Chain-like linked cells*). Faktor lingkungan yang paling menentukan adanya serangan bakteri terhadap kayu adalah kadar air yang tinggi, yang sama atau lebih tinggi daripada yang dikehendaki oleh kebanyakan jenis jamur.
2. Bakteri masuk ke dalam kayu dengan jalan menembus sel satu ke sel yang lainnya melalui noktah sel, setelah penghancuran membran noktah. Penyerangan yang cepat ke bagian dalam kayu (log) dimungkinkan karena adanya penetrasi radial, yang dimulai melalui kulit bagian dalam (inner bark) kemudian menyusup ke dalam melalui jari – jari serta saluran - saluran damar. Serangan bakteri terhadap kayu biasanya terjadi bersama – sama dengan serangan jamur.
3. Pada umumnya bakteri tidak menimbulkan kerusakan yang berat. Pada prinsipnya serangan bakteri pada kayu menyebabkan daya absorpsi kayu menjadi tidak normal karena rusaknya membran noktah dari sel-sel. Bakteri juga memungkinkan penetrasi radial, serangan bakteri biasanya tidak melemahkan kayu. Namun demikian, kekuatan kayu kadang-kadang menjadi menurun secara serius. Besarnya penurunan kekuatan kayu akibat keadaan tersebut tergantung kepada ukuran kayu serta kedalaman serangannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dumanau, J.F. 1984. Mengenal Kayu. PT. Gramedia. Jakarta
- Fengel dan Wegener. 1995. KAYU : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Phansin, A.J. and Carl de Zeuw. 1964. text Book of Wood Techonology. Vol. I. McGraw Hill Book Company. New York.
- Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Nigor.

BAB V . BIOLOGI DAN MASYARAKAT RAYAP

Seringkali, pada suatu saat, dalam hawa yang lembab dan udara yang gerah sebelum atau sesudah hujan turun, kita melihat sekelompok laron-laron beterbangan di halaman, di kebun, di sawah atau di dalam rumah di sekeliling lampu. Laron-laron ini adalah rayap yang sudah dewasa yang baru saja dilepas oleh koloninya. Mereka terbang meninggalkan sarang mereka yang berada tidak jauh di sekitar itu, untuk meneruskan perkembangan jenisnya.

Kondisi iklim dan tanah termasuk banyaknya ragam jenis tumbuhan di Indonesia sangat mendukung kehidupan rayap. Oleh karena itu, lebih dari 80% dataran Indonesia merupakan habitat yang baik bagi kehidupan berbagai jenis serangga ini. Tidak kurang dari 200 jenis rayap atau 10% dari keragaman rayap yang tersebar di dunia merupakan bagian dari berbagai tipe ekosistem di Indonesia, tidak saja tipe ekosistem hutan, pertanian, perkebunan, juga termasuk ekosistem pemukiman atau perkotaan. Tidak mengherankan pula jika sebagian besar masyarakat Indonesia mengenal jenis-jenis serangga tersebut. Paling tidak mereka mengenal rayap sebagai serangga perusak kayu, karena sebagian jenis rayap memang memanfaatkan kayu sebagai sumber makanannya.

Rayap adalah serangga yang berukuran kecil sampai dengan sedang yang hidup dalam kelompok-kelompok sosial dengan sistem kasta yang telah berkembang. dalam koloni terdapat serangga yang bersayap dan tidak bersayap, dan ada juga yang bersayap pendek. Secara taksonomi rayap termasuk ke dalam ordo Isoptera yang berasal dari bahasa Yunani, *iso* berarti sama dan *ptera* yang berarti sayap. Nama ini mengacu pada kasta reproduktifnya yang memiliki sepasang sayap depan dan belakang dengan ukuran yang sama. Serangga ini merupakan bagian dari komponen lingkungan biotik yang memerankan peranan penting di biosfer bumi. Mereka membantu manusia membantu keseimbangan alam dengan cara menghancurkan kayu atau bahan organik lainnya dan mengembalikannya sebagai hara ke dalam tanah. Namun perubahan kondisi habitat rayap karena aktifitas manusia seringkali merubah status rayap menjadi serangga hama yang merugikan.

Rayap termasuk Filum Arthropoda, kelas Insecta dari Ordo Isoptera yang dalam perkembangan hidupnya mengalami *metamorfosa gradual* atau bertahap. Kelompok binatang ini pertumbuhannya melalui tiga tahap yaitu tahap telur, tahap nimfa, dan tahap dewasa. Setelah menetas dari telur, nimfa akan menjadi dewasa dengan melalui beberapa **instar** yaitu bentuk diantara dua masa perubahan. Perubahan bentuk badan pada umumnya, cara hidup maupun makanan pokok antara nimfa dan dewasa adalah serupa.

Rayap sebagai serangga sosial yang hidup dalam suatu komunitas yang disebut dengan koloni. Masyarakat rayap terdiri atas kelompok-kelompok yang disebut kasta, yaitu kasta reproduktif, kasta pekerja dan kasta prajurit. Masing-masing kasta mempunyai tugas sendiri-sendiri yang dilakukan

dengan tekun selama hidup mereka, demi untuk kepentingan kesejahteraan, keamanan dan kelangsungan hidup seluruh masyarakatnya. Dilihat dari susunan masyarakat dan cara kehidupannya yang sangat berbeda dengan serangga lain yang setelah menetas dari telur ditinggalkan induknya, maka rayap disebut binatang atau serangga sosial.

Setelah mempelajari bab ini diharapkan:

1. Mahasiswa dapat mengetahui perbedaan antara rayap dengan serangga sosial lainnya.
2. Mahasiswa dapat menjelaskan sifat-sifat khas rayap dan feromon.
3. Mahasiswa dapat menjelaskan penyebaran rayap di dunia dan di Indonesia.
4. Mahasiswa dapat menjelaskan ciri-ciri dan peranan kasta reproduktif, kasta pekerja dan kasta prajurit.
5. Mahasiswa dapat menjelaskan siklus hidup koloni rayap dan proses terbentuknya koloni rayap.

A. Biologi Rayap

1. Pengenalan Rayap dengan Serangga Lainnya

Secara umum masyarakat Indonesia telah mengenal jenis-jenis serangga yang umum kita sebut rayap atau semut putih. Di beberapa daerah rayap mempunyai sebutan lain seperti di Sumatera digunakan istilah anai-anai, di Jawa dikenal dengan rangas, sedangkan beberapa jenis rayap di daerah Jawa Barat disebut rinyuh, sumpiyuh. Bergantung jenisnya, panjang tubuh rayap berkisar antara 4-11 mm, dan umumnya individu-individu rayap yang tak bersayap berwarna keputih-putihan, karena itulah muncul istilah “semut putih”. Dibandingkan dengan serangga sosial lainnya dalam hal ini semut, rayap memiliki beberapa kemiripan.

Namun demikian perbedaan antara kedua organisme tersebut sesungguhnya cukup banyak, bahkan semut merupakan salah satu musuh utama rayap. Secara morfologi antara keduanya juga relatif mudah dibedakan, perbedaan tersebut antara lain

- a. Rayap berwarna terang atau gelap, sedangkan semut berwarna hitam, juga coklat hingga coklat kemerah-merahan
- b. Antena rayap tidak menyiku (lurus) dan berbentuk manik-manik, sedangkan semut antenanya menyiku (*elbowed*)
- c. Sayap depan dan belakangnya pada rayap berukuran sama, sedangkan semut memiliki sayap depan lebih besar dari sayap belakang
- d. Pangkal abdomen lebar, tidak mengkerut/menyempit kepinggang, sedangkan semut memiliki pangkal abdomen yang menyempit (*petiole*) pada bagian perut
- e. Segmen abdomen pertama pada rayap tidak menyatu dengan metatoraks, sedangkan pada semut bagian abdomen pertama menyatu dengan metatoraks.
- f. Dari segi filogenetika, semut lebih mendekati lebah atau tawon sehingga

keduanya dicakup dalam ordo yang sama yaitu Hymenoptera, sedangkan rayap lebih mendekati lipas dan termasuk ordo Isoptera.

Kehidupan rayap sebagai serangga sosial juga memiliki perbedaan dengan serangga sosial lainnya (semut, lebah, dan tawon). Aktivitas kehidupan stadia pra- dewasa pada semut, lebah, dan tawon tidak aktif di dalam koloninya, sedangkan nimfa rayap mempunyai aktivitas yang tinggi. Perbedaan lainnya adalah bahwa pada rayap, raja, dan atau ratu tetap hidup setelah kawin untuk bersama-sama membangun koloni yang baru walaupun umur raja tetap tidak lebih panjang dari umur ratunya.

Perbedaan utama antara rayap dengan semut dari segi perilaku adalah dalam hal mencari makan. Semut mencari makan dengan cara yang lebih “terbuka”, sedangkan rayap relatif “tertutup” (menutup jalur-jalur kembarannya dengan tanah). Perbedaan lain antara rayap dengan semut masih sangat banyak tapi yang pasti tidak seperti rayap yang memerlukan kayu (selulosa) sebagai makanan pokok, semut makanan pokoknya bukan kayu, tetapi macam-macam serat dan gula.

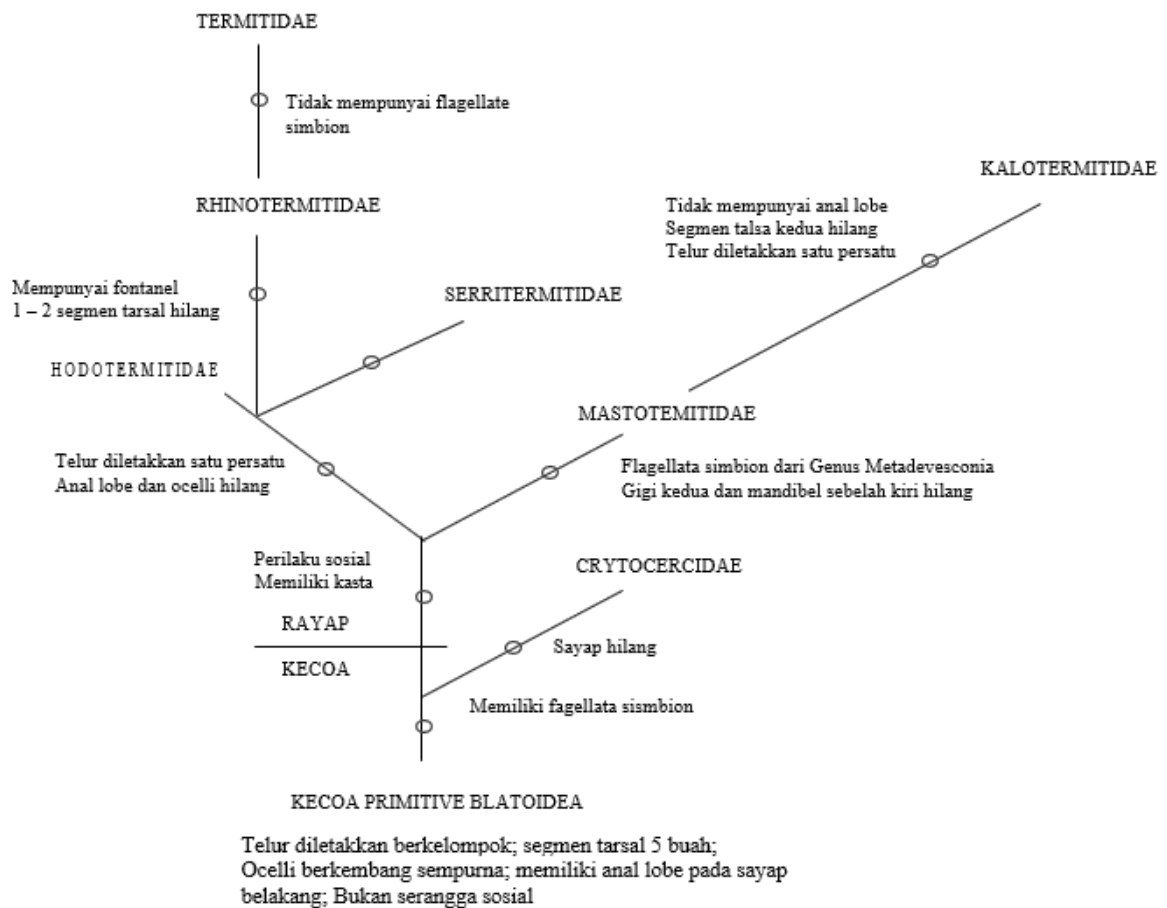
Rayap berbeda dari serangga sosial Hymenoptera (semut, lebah dan tawon); pada rayap perkembangan hidupnya secara hemimetabla, kastanya selalu bisexual dan mereka tidak mengenal kelompok dalam subsosial. Gambaran yang rinci mengenai persamaan dan perbedaan antara rayap dengan serangga sosial lain dari ordo Hymenoptera dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Persamaan dan Perbedaan antara Rayap dengan Serangga Sosial dari Ordo Hymenoptera (Semut, Lebah, dan Tawon)

No.	Persamaan	Perbedaan	
		Rayap	Hymenoptera
1.	Koloni terbagi ke dalam beberapa kasta ; khususnya pada rayap dan semut	Pembentukan kasta dikendalikan oleh feronom dasar	Pembentukan kasta dikendalikan oleh faktor nutrisi, walaupun pada sebagian kasus feronom juga berperan
2.	Terdapat feromon penanda jejak (<i>trail following pheromone</i>) yang digunakan untuk menarik individu lain dan tingkah laku dalam penandaan jejak adalah sama seperti semut	Kasta pekerja terdiri dari individu jantan dan betina	Kasta pekeja hanya terdiri dari individu betina
3.	Terdapat feromon yang berfungsi untuk pengaturan koloni atau pembentukan kasta (<i>primer pheromone</i>) yang dijumpai pada lebah dan semut	Fase larva dan nimfa berperan di dalam kehidupan koloni, setidak-tidaknya pada instar akhir	Fase larva dan pupa tidak aktif dan berperan dalam kehidupan koloni

4.	<i>Grooming</i> antara individu-individu seringkali terjadi dan setidaknya merupakan salah satu cara untuk menyebarkan	Tidak terdapat dominansi di antara individu di dalam koloni yang sama	Dominansi biasa terjadi, tetapi tidak umum
5.	Memiliki wilayah jelajah dan sarang dengan bau khas tersendiri	Pertukaran makanan melalui anus sering terjadi pada rayap tingkat rendah	Pertukaran makanan melalui anus jarang terjadi
6.	Memiliki struktur sarang yang kompleks	Pemindahan telur tidak dikenal	Pemindahan telur Dilakukan oleh anggota koloni semut dan lebah
7.	Pada waktu tertentu dapat bersifat kanibal	Kasta reproduktif jantan/raja setelah kawin membantu ratu membangun sarang dan membentuk koloni	Kasta reproduktif jantan/raja segera mati setelah kawin tanpa membantu ratu membangun sarang

Para ahli menduga bahwa rayap memiliki hubungan filogenetika yang sangat dekat dengan kecoa. Beberapa pustaka bahkan menyebutkan rayap sebagai “kecoa social” (*social coackroaches*). Hal ini terutama ditunjukkan pada rayap *Mastotermes darwinensis*, satu-satunya rayap primitif *Mastotermitidae* yang memiliki banyak persamaan dengan kecoa primitif khususnya *Cryptocercidae*, seperti pada venasi sayap; organ genitalia; mandible kasta pekerja dan imigo; segmentasi tarsal; serta system endokrinnya. Persamaan lain yang dijumpai adalah bahwa dari 25 jenis simbion dari golongan *Flagellata hypermastigidae* dan *Polymastigidae* yang ditemukan pada usus kecoa pemakan kayu *Cryptocercus punctulatus* ternyata semuanya juga dijumpai pada rayap tingkat rendah, khususnya pada *M.darwinensis*. Di dalam siklus hidupnya nimfa *Cryptocercus* secara morfologis juga sangat mirip dengan rayap kasta pekerja. Secara sederhana, filogeni rayap disajikan pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram filogeni rayap

2. Sifat Rayap

Dalam hidupnya rayap mempunyai beberapa sifat yang penting untuk diperhatikan yaitu sifat trophalaxis, sifat kriptobiotik, sifat nexrofagi, sifat kanibalistik, sifat grooming, sifat tigmotaksis dan sifat menguburkan bangkai.

a. Sifat trophalaxis

Sifat rayap untuk saling berkumpul dan menjilat serta mengadakan pertukaran bahan makanan dari mulut ke mulut. Sifat ini di interprestasikan sebagai cara untuk menyampaikan makanan dikasta pekerja ke anggota koloni lainnya dan protozoa flagellata bagi individu yang baru saja ganti kulit (ekdisis), karena pada saat ekdisis kulit usus juga tanggal sehingga protozoa simbion yang diperlukan untuk mencerna selulosa ikut keluar dan diperlukan reinfeksi dengan jalan trofalaksis. Sifat ini juga diperlukan agar terdapat pertukaran feromon di antara para individu rayap.

Peristiwa trofalaksis dipengaruhi oleh jumlah dan umur individu rayap yang ada didalam koloni. Disamping itu dipengaruhi juga oleh perubahan-perubahan musiman yang mempengaruhi ketersediaan makanan bagi kebutuhan hidup koloni. Ketika sebagian rayap kasta pekerja makan, maka rayap kasta pekerja lain akan mengambil alih tugas yang ditinggal oleh rayap tersebut. Selanjutnya, rayap pekerja yang telah mendapat makanan akan menyampaikan makanan itu ke anggota koloni lainnya

(nimfa, prajurit dan kasta reproduktif primer atau neoten), dan tugasnya mengambil makanan kemudian digantikan rayap pekerja lainnya. Pada saat terjadi pertukaran makanan rayap akan berkumpul (grooming) dan mengadakan hubungan dalam bentuk menjilat, mencium, dan menggosokkan anggota tubuh satu dengan lainnya.

Rayap muda yang baru saja ditetaskan dari telur belum memiliki protozoa yang diperlukannya untuk mencernakan selulosa. Demikian pula detiap individu yang baru saja berganti kulit yang ditanggalkannya (karena kulit usus juga ikut berganti). Individu rayap tersebut diberi "re-infeksi" protozoa oleh para pekerja dengan melalui trofalaksis. Penyebaran feromon dasar juga diduga terlaksana melalui perilaku trofalaksis. Trofalaksis dapat berlangsung bila ada pihak pemberi (donor) dan pihak penerima (*solicitor*).

b. Sifat kriptobiotik

Yaitu sifat menyembunyikan diri, tidak mengenai cahaya, mereka hidup dalam tanah dan bila terpaksa berjalan dipermukaan terbuka, mereka membentuk liang kembara dari bahan tanah dan humus (*sheltertubes*). Sifat ini tidak berlaku untuk rayap yang bersayap (laron) yang selama periode pendek mereka memerlukan cahaya (calon reproduktif).

c. Sifat nekrofagi

Yaitu sifat rayap untuk memakan bangkai sesamanya.

d. Sifat kanibalistik

Yaitu sifat rayap untuk memakan individu sejenis yang lemah dan sakit, sifat ini lebih menonjol apabila rayap berada dalam kekurangan makanan. Walaupun rayap bersifat kanibalistik di dalam koloni, tetapi rayap bukan predator walaupun mereka kadang menyerang bangkai binatang, memakan kulit, bulu-bulu dan jaringan-jaringan yang telah kering.

e. Sifat grooming

Yaitu sifat rayap berperilaku mengumpul atau senang mengumpul

f. Sifat tigmotaksis

Sifat tigmotaksis, yaitu sifat rayap untuk saling berdesakan dalam koloninya.

g. Sifat menguburkan bangkai

Yaitu sifat rayap apabila tidak sempat memakan rayap yang didapat, rayap menguburkan atau menimbun bangkai dari tempat yang lebih jauh dari sumber kloninya.

3. Feromon

Telah merupakan suatu diktum bahwa rayap (pekerja dan prajurit) itu buta. Mereka dapat berjalan beriringan atau dapat menemukan makanan bukan karena mereka mampu melihat atau mencium bau melalui “hidung”. Kemampuan mendeteksi dimungkinkan karena mereka dapat menerima dan menafsirkan setiap bau yang esensial bagi kehidupannya melalui lobang-lobang tertentu yang terdapat pada rambut-rambut yang tumbuh di antenanya. Bau yang dapat dideteksi rayap berhubungan dengan sifat kimiawi feromonnya sendiri.

Feromon adalah hormon yang dikeluarkan dari kelenjar endokrin, tetapi berbeda dengan hormon, feromon menyebar ke luar tubuh dan mempengaruhi individu lain yang sejenis. Untuk dapat mendeteksi jalur yang dijelajahnya, individu rayap yang berada di depan mengeluarkan **feromon penanda jejak** (*trail following pheromone*) yang keluar dari kelenjar **sternum** (*sternal gland* di bagian bawah, belakang abdomen) yang dapat dideteksi oleh rayap yang berada di belakangnya. Sifat kimiawi feromon ini sangat erat hubungannya dengan bau makanannya sehingga rayap mampu mendeteksi objek makanannya. Disamping feromon penanda jejak, para pakar etologi (periaku) rayap juga menganggap bahwa pengaturan koloni berada di bawah kendali **feromon dasar** (*primer pheromones*). Misalnya, terhambatnya pertumbuhan/pembentukan neoten disebabkan oleh adanya semacam feromon dasar yang dikeluarkan oleh ratu, yang berfungsi menghambat diferensiasi kelamin. Segera setelah ratu mati, feromon ini hilang sehingga terbentuk neoten-neoten pengganti ratu. Tetapi kemudian neoten yang telah terbentuk kembali mengeluarkan feromon yang sama sehingga pembentukan neoten yang lebih banyak dapat dihambat. Feromon dasar juga berperan dalam diferensiasi pembentukan kasta pekerja dan kasta prajurit, yang dikeluarkan oleh kasta reproduktif.

4. Penyebaran Rayap

Rayap pada dasarnya adalah serangga daerah tropika dan subtropika. Namun sebarannya kini cenderung meluas ke daerah sedang (*temperate*) dengan batas-batas 50° LU dan LS. Di daerah tropika rayap ditemukan mulai dari pantai sampai ketinggian 300 m di atas permukaan laut.

Keragaman jenis rayap merupakan misteri dalam dunia serangga karena tingginya tingkat kemiripan antara jenis dalam masing-masing famili. Namun demikian, hingga saat ini di dunia telah berhasil diidentifikasi lebih dari 2.500 jenis rayap. Jenis tersebut diklasifikasikan ke dalam tujuh famili, 15 sub-famili, dan 200 genus. Pembagian famili dan sub-famili serta beberapa genus rayap tersebut adalah sebagai berikut :

1. Famili Mastotermitidae
Genus *Mastotermes*
2. Famili Kalotermitidae
Genus *Neotermes*

- Genus *Kaloterme*s
Genus *Cryptoterme*s
Genus *Bifiditerme*s
Genus *Glyptoterme*s, dll
3. Famili Termopsidae
Sub-Famili Termopsinae
Genus *Zootermopsis*
Sub-Famili Porotermitinae
Genus *Poroterme*s, dll
Sub-Famili Stolotermitinae
Genus *Stoloterme*s, dll
4. Famili Hodotermitidae
Sub-Famili Cretatermitinae (fossil)
Sub-Famili Hodotermitinae
Genus *Hodoterme*s
Genus *Anocanthoterme*s, dll
5. Famili Rhinotermitidae
Sub-Famili Coptotermitinae
Genus *Coptoterme*s
Sub-Famili Psamotermitinae
Genus *Psamoterme*s
Sub-Famili Heterotermitinae
Genus *Heteroterme*s
Genus *Reticuliterme*s
Sub-Famili Stylotermitinae
Sub-Famili Termitogetoninae
Sub-Famili Rhinotermitinae
Genus *Schedorhinoterme*s
Genus *Prorhinoterme*s
6. Famili Serritermitidae
Genus *Serriterme*s
7. Famili Termitidae
Sub-Famili Termitinae
Genus *Amiterme*s
Genus *Globiterme*s
Genus *Microceroterme*s
Genus *Eremoterme*s
Genus *Termes*
Sub-Famili Apicotermitinae
Genus *Anoploterme*s

Sub-Famili Nasutitermitinae

- Genus *Nasutitermes*
- Genus *Hospitalitermes*
- Genus *Trinervitermes*
- Genus *Proconitermes*
- Genus *Syntermes*
- Genus *Velocitermes*, dll

Sub-Famili Macrotermitinae

- Genus *Macrotermes*
- Genus *Microtermes*
- Genus *Pseudacanthotermes*
- Genus *Odontotermes*
- Genus *Allodontermes*

Klasifikasi rayap di atas, terutama didasarkan pada perbedaan bentuk dan ukuran kepala, serta mandibel dari kasta prajurit. Penggunaan kasta pekerja dan imago seringkali hanya bermanfaat untuk mengidentifikasi rayap sampai tingkat genus, penggunaannya sampai tingkat jenis tidak cukup valid untuk digunakan mengingat terlalu banyaknya kesamaan bentuk antara kasta pekerja atau imago dari jenis rayap pada genus yang sama. Penyebaran rayap di dunia dapat dilihat pada tabel 5.

Di Indonesia sampai dengan tahun 1970 sudah ditemukan tidak kurang dari 200 jenis rayap dari berbagai genus, jenis-jenis rayap yang banyak dijumpai di daerah tropika seperti di Indonesia adalah sebagai berikut:

Famili Kalotermitidae

1. Genus : *Neotermes* Holmgren
Jenis : *N. dalbergia* Kalshoven
N. tectonae
2. Genus : *Cryptotermes* Banks
Jenis : *C. cynocephalus* Light
C. domesticus Haviland
C. dudleyi Banks

Famili Rhinotermitidae

Sub-famili Coptotermitidae

1. Genus : *Coptotermes*
Jenis : *C. curvignathus* Holmgren
C. kalshoveni Kemner
C. traviana Haviland

Sub-famili Rhinotermitinae

1. Genus : *Prorhinotermes* Silvestri
Jenis : *P. ravani*
2. Genus : *Schedorhinotermes* Silvestri
Jenis : *S. javanicus* Kemner

S. tarakanensis Oshima

Famili Termitidae

Sub-famili Amitermitinae

1. Genus : Microcerotermes Silvesri
 Jenis : *M. dammermani*

Sub-famili Termitinae

1. Genus : Capritotermes Wasmann
 Jenis : *C. buitenzori* Holmgren
C. mohri Kemner
C. santchini Silvestri

Sub-famili Macrotermitinae

1. Genus : Macrotermes Holmgren
 Jenis : *M. carbonarius* Hagen
M. gilvus Hagen
M. malacensis Haviland
2. Genus : Odontotermes Holmgren
 Jenis : *O. grandiceps* Holmgren
O. javanicus Holmgren
O. makassarensis Kemner
3. Genus : Microtermes Wasmann
 Jenis : *M. inspiratus* Kemner

Sub-famili Nasutitermitinae

1. Genus : Nasutitermes Dudleyi
 Jenis : *N. acutus* Holmgren
N. matangensis Haviland
N. matangensisformis Holmgren
2. Genus : Bulbitermer Emerson
 Jenis : *B. durianensis* Roonwal
B. lakshmani Roowal dan Maiti
3. Genus : Laccessitermes Batavus
 Jenis : *L. batavus* Kemner
4. Genus : Hospitalitermes Holmgren
 Jenis : *H. diurus* Kemner

Tabel 5. Penyebaran rayap di dunia

Famili	Penyebaran	Famili	Penyebaran
Famili Mastotermitidae <i>Mastotermes</i> <i>Miotermes</i>	Australia Eropa	Famili Serritermitidae <i>Serritermes</i>	Daerah Tropika
Famili Kalotermitidae <i>Kalotermes</i> <i>Cryptotermes</i> <i>Procryptotermes</i> <i>Neotermes</i> <i>Rugitermes</i> <i>Glutotermes</i> <i>Calcaeitermes</i> <i>Electrotermes</i>	Seluruh dunia Seluruh dunia Kecuali Eurasia Seluruh dunia Polinesia, Daerah Tropika Baru Seluruh dunia kecuali Daerah Utara Dunia Baru Eropa (fosil)	Famili termitidae Amitermitinae <i>Speculitermes</i> <i>Anoplotermes</i> <i>Euthamiltermes</i> <i>Microcerotermes</i> <i>Amitermes</i> Termitinea <i>Apicotermes</i> <i>Crenetermes</i> <i>Promirotermes</i> <i>Neocapritermes</i> <i>Spicotermes</i> <i>Termes</i> <i>Microcapritermes</i> <i>Procapritermes</i> <i>Capritermes</i> Macrotermitinae <i>Acanthotermes</i> <i>Allodontotermes</i> <i>Protermes</i> <i>Ancistrotermes</i> <i>Macrotermes</i> <i>Microtermes</i> <i>Odototermes</i> Nasutitermitinae <i>Eutermellus</i> <i>Bulbitermes</i> <i>Hospitalitermes</i> <i>Curvitermes</i> <i>Syntermes</i> <i>Velocitermes</i> <i>Nasutitermes</i>	Asia, Daerah tropika Afrika Asia Seluruh dunia Kecuali Amerika Utara Australia Daerah Tropika Seluruh dunia Asia Asia Madagaskar Afrika Asia Afrika Asia, Papua Daerah Tropika Seluruh dunia
Famili Hodotermitidae <i>Archotermopsis</i> <i>Hodotermopsis</i> <i>Zootermopsis</i> <i>Stolotermes</i> <i>Porotermes</i> <i>Hodotermes</i> <i>Anacanthotermes</i> <i>Creatatermes</i> <i>Termopsis</i>	Eurasia, Daerah Temperate Amerika Utara Afrika, Australia Selandia Baru Afrika, Australia Cile Afrika Asia, Afrika Fosil Fosil		
Famili Rhinoptermitidae <i>Psammotermes</i> <i>Coptotermes</i> <i>Heterotermes</i> <i>Reticulitermes</i> <i>Proehinotermes</i> <i>Termitogeneton</i> <i>Parrhinotermes</i> <i>Schedorhinotermes</i> <i>Rhinotermes</i> <i>Parastylotermes</i>	Eurasia, Afrika Seluruh dunia Seluruh dunia Eurasia, Amerika Utara Daerah tropika Asia Asia, Australia Daerah tropika Daerah tropika Fosil		

a. Famili Kalotermitidae

Termasuk golongan yang primitif, organisasinya masih sederhana. Pada koloninya tidak terdapat kasta pekerja. Tugas mengumpulkan makanan, dan merawat sarang dilakukan oleh larva dan nimfa yang telah tua. Umumnya famili ini adalah rayap yang hidup dalam kayu kering dan tidak berhubungan dengan tanah.

Berdasarkan cara hidupnya, rayap ini dibedakan atas tiga golongan:

- Rayap kayu kering (*Glyptotermes spp.*), yaitu jenis yang menyerang kayu-kayu yang sudah mati di dalam hutan, terutama tunggak-tunggak dan kayu-kayu yang telah lapuk.
- Rayap pohon (*Neotermes spp.*), yaitu jenis yang menyerang kayu dan bersarang dalam pohon, yang telah dikenal adalah *Neotermes tectonae* sebagai hama tegakan jati dan *Neotermes dalbergia* Khu sebagai hama Sonokeling.
- Rayap kayu kering, yaitu jenis yang menyerang kayu bangunan di bawah atap. Rayap kayu kering yang telah dideskripsikan di Indonesia adalah *Cryptotermes cynocephalus* Light, *Cryptotermes duldeyi* Banks, *Cryptotermes domesticum*, *Cryptotermes sumatranus* Kammer.

b. Famili Rhinotermitidae

Famili ini dikenal sebagai rayap tanah (subteran). Organisasinya sudah sedikit lebih maju dari famili Kalotermitidae. Pembagian kerja sudah ada, jumlah rayap ini lebih besar kalau dibandingkan dengan koloni-koloni jenis lain. Makanannya diperoleh dari kayu (baik yang masih hidup atau yang mati), bambu dan bahan-bahan berselulosa lainnya. Sasaran biasanya dicapai dengan membuat saluran-saluran dari tanah.

Dari sekian banyak genus yang ada, genus *optotermes* adalah yang paling merugikan karena merusak kayu dalam waktu singkat. Jenis-jenis yang terpenting dari famili ini adalah *Coptotermes curvignatus* dan *Coptotermes travians*.

Pusat sarangnya pada umumnya terdapat dalam tanah. Walaupun sarangnya dibuat dalam kayu, humus atau sampah-sampah yang lain yang terdapat di dalam tanah, tetapi sarangnya dapat mencapai tempat-tempat jauh di atas tanah dimanan terdapat bahan-bahan kayu. Beberapa jenis rayap subteran membangun bukit-bukit kecil (gundukan rayap) di atas sarangnya. Rayap subteran ini selalu berhubungan dengan tanah untuk mencukupi kebutuhan akan air. Jenis-jenis *Coptotermes* dapat hidup tanpa berhubungan dengan tanah, apabila kayu yang diserangnya mendapat air secara teratur, misalnya di bagian rumah yang memperoleh air hujan karena kebocoran atap dan bagian dekat air.

c. Famili Termitidae

Famili ini memiliki organisasi yang lebih sempurna dari famili Rhinotermitidae. Pembagian kastanya juga sudah lebih luas. Sarang Termitidae tidaklah ekstensif seperti sarang dari famili Rhinotermitidae tetapi

terpusat pada suatu tempat, sedangkan kemampuan membangun sarang lebih besar dari jenis lainnya.

Famili ini merusak bagian kayu dan mencerna serat-serat kayu ditumpuk untuk tempat tumbuh jamur dan jamur ini kemudian menjadi makanannya. Rayap ini kebanyakan hidup dalam tanah. Genus-genus yang terkenal diantaranya adalah *Odontotermes*, *Microtermes*, dan *Macrotermes*.

LATIHAN

1. Sebutkan persamaan rayap dengan ordo *Hymenoptera*!
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan sifat trofalaksis dan sifat kriptobiotik!
3. Apa yang saudara ketahui mengenai rayap *family Rhinotermitidae*?

B. Masyarakat Rayap

1. Sistem Kasta

Rayap dalam perkembangan hidupnya, berada dalam lingkungan yang sebagian besar diatur oleh masyarakatnya dan terisolir dari pengaruh luar. Mereka cenderung tidak terpengaruh oleh musim. Masyarakatnya dapat mempengaruhi pertumbuhan tiap-tiap nimfa sesuai dengan kebutuhan koloni. Nimfa-nimfa yang sedang tumbuh, dapat diatur untuk dijadikan anggota kasta yang diperlukan, bahkan nasib rayap yang dewasa dan siap terbang kawin dapat diatur pula.

Di dalam setiap koloni rayap terdapat tiga kasta yang memiliki bentuk yang berbeda sesuai dengan fungsinya masing-masing, yaitu; kasta reproduktif, kasta pekerja atau pekerja palsu, dan kasta prajurit. Adanya perbedaan bentuk kasta pada rayap didasarkan atas anatomi dan fisiologi.

a. Kasta Reproduksi

Kasta reproduktif terdiri atas individu-individu seksual yaitu; betina (ratu) yang tugasnya bertelur dan jantan (raja) yang tugasnya membuahi betina. Raja sebenarnya tak sepenting ratu jika dibandingkan dengan lamanya ia bertugas karena dengan sekali kawin, betina dapat menghasilkan ribuan telur, lagipula sperma dapat disimpan oleh betina dalam kantong khusus untuk itu, sehingga mungkin sekali tak diperlukan kopulasi berulang-ulang. Jika koloni rayap masih relatif muda biasanya kasta reproduktif berukuran besar sehingga disebut ratu. Biasanya ratu dan raja adalah individu pertama pendiri koloni, yaitu sepasang laron yang mulai menjalin kehidupan bersama sejak penerbangan pertama

Kasta ini dibedakan menjadi kasta reproduktif primer dan kasta reproduktif suplemen atau neoten.

➤ Kasta reproduktif primer

Kasta ini terdiri atas serangga-serangga dewasa yang bersayap atau laron dan merupakan pendiri koloni. Warna badan laron coklat muda sampai coklat tua dan lebih gelap dari warna anggota-anggota kasta yang lain. Panjang badan laron tergantung pada familinya. Pada

Macrotermes di Afrika misalnya, panjang laron 2 cm dengan panjang sayap 9 cm dan pada Macrotermes di Timur Tengah panjang badan $\frac{1}{2}$ cm dengan lebar sayap terbentang 1 cm.

➤ Kasta reproduktif suplementer atau neoten

Neoton muncul segera setelah kasta reproduktif primer mati atau hilang karena fragmentasi koloni. Neoten dapat terbentuk beberapa kali dalam jumlah yang besar sesuai dengan perkembangan koloni. Selanjutnya neoten menggantikan fungsi kasta reproduktif primer untuk perkembangan koloni.

Secara umum kasta reproduktif menunjukkan perkembangan post-metamorfik yang luar biasa terutama pada rayap tingkat tinggi (*Termitidae*). Ratu dari *Termitidae* dapat mencapai ukuran panjang lima sampai sembilan cm atau lebih. Peningkatan ukuran tubuh ini terjadi melalui penggelembungan abdomen karena pertumbuhan ovarium, usus, dan penambahan lemak tubuh. Kepala dan thorax tidak membesar demikian juga tergum dan sternum abdomen. Pembesaran tubuh ini menyebabkan ratu tidak mampu bergerak aktif dan tampak malas.

1) Aktivitas kawin

Aktivitas kawin rayap ditandai oleh musim terbangnya laron (*swarming*) yang dirangsang oleh perubahan cuaca atau faktor lingkungan diluar sarang biasanya sebelum atau sesudah hujan turun dan hawanya lembab serta gerah, ribuan laron keluar dari sebuah sarang rayap. Laron tidak mungkin dapat kembali masuk lobang sarang, karena lobang itu dijaga ketat oleh kasta prajurit yang siap membunuh semua serangga termasuk laron itu sendiri. Dari ribuan laron yang terbang, hanya sebagian yang sangat kecil saja yang dapat lolos dari maut. Penerbangan ini adalah penerbangan perkawinan yang merupakan penerbangan pertama dan terakhir. Laron-laron itu mengemban misi naluri yang mutlak bagi kelestarian hidup bangsanya, yaitu membentuk koloni baru dari jenisnya, dimana mereka menjadi ratu dan raja.

Laron berkumpul (*grooming*) pada tempat tertentu di dalam sarang dengan menunjukkan atraksi tertentu berupa gerakan-gerakan tidak teratur dan mengembangkan sayap sehingga menarik individu lain untuk melakukannya bersama-sama. Laron kemudian terbang berkelompok dan tidak terarah. Bila berhasil keluar dari sarang, mereka akan berusaha melepas sayapnya dengan menggoyang-goyangkan tubuhnya diikuti dengan menggerak-gerakkan sayap seperti mau terbang. Bila sayap belum lepas, laron akan berjalan berputar hingga sayap akhirnya lepas.

Lepasnya sayap menandai dimulainya aktivitas mencari pasangan. Pasangan laron akan berjalan beriringan, laron betina (calon ratu) berjalan di depan dan laron jantan (calon raja) mengikuti di belakang. Beberapa jenis rayap ada mengangkat abdomennya sehingga membentuk sudut 90° . Dengan cara tersebut memungkinkan ratu mengeluarkan feromon berupa bau untuk menarik raja.

Laron yang telah berpasangan akan mencari tempat untuk dijadikan

sarang. Masih banyak yang belum diketahui mengenai mekanisme pencarian sarang. Namun, laron akan mencari substrat yang sesuai untuk membentuk koloni. Pasangan laron yang telah menemukan sarang tersebut akan memulai membangun koloni dan melakukan kopulasi pertama di dalam ruangan tersebut. Kaloterms melakukan kopulasi setelah 10-12 hari mendiami sarang, Macrotermes tiga sampai delapan hari, sedangkan Coptotermes berkopulasi satu sampai tiga hari setelah mendiami sarang.

Abdomen ratu setelah kawin mengalami perubahan yang ditandai dengan membesarnya sisi ventral ruas-ruas abdomen dimulai dari ruas pertama sampai ruas terakhir. Pembesaran ini dinamakan **physogastric**, ± dua bulan menetaslah nimfa-nimfa pertama. Baik laron betina maupun jantan bekerja sendiri untuk hidup mereka, sampai nimfa-nimfa yang pertama dan yang berikutnya berjumlah cukup untuk bekerja buat mereka. Setelah itu laron betina mulai menjalankan fungsinya sebagai ratu dengan kewajiban tunggal bertelur.



Gambar 6. Kasta reproduktif *Macrotermes gilvus* Hagen

2) Kewajiban Ratu

Karena kewajiban ratu hanya bertelur, bentuk badannya mengalami perubahan, yaitu abdomennya makin membesar sampai akhirnya ia tidak dapat bergerak dari tempatnya, panjangnya dapat mencapai 8 cm. Pembesaran abdomen terus berlangsung seiring dengan bertambahnya umur ratu. Membesarnya abdomen karena semakin banyak telur yang dihasilkan dalam kantong telur. Kepala dan thorak tidak membesar demikian juga *tergum* dan *sternum abdomen*. Kemampuan untuk menghasilkan telur yang menjadi individu baru disebabkan karena adanya kantung sperma (spermateka) yang terdapat pada bagian abdomen ratu sehingga mampu mengkonservasi sperma raja untuk tetap subur. Ratu rayap tidak dapat menyimpan sperma sehingga raja harus menemaninya selama hidupnya. Bentuk badan raja tidak mengalami perubahan. Setelah 2 sampai 5 tahun, ratu mampu bertelur sampai puluhan ribu sehari. Jumlah produksi telur sehari tergantung dari jenis rayap.

Bentuk telur rayap ada yang berupa butiran-butiran yang lepas dan ada pula yang berupa berkelompok terdiri atas 16 – 24 butir telur yang melengket satu sama lain (*subfam. Mastomes*). Telur berbentuk silinder

dengan ukuran panjang yang bervariasi antara 1–11/2 mm. Seekor ratu dapat hidup 6 sampai 20 tahun, bahkan sampai berpuluh tahun, jauh lebih lama dibandingkan umur raja.

3) Penggantian Ratu

Karena ratu dan raja sudah tidak lagi dapat melakukan kewajibannya, maka secara naluri kasta pekerja akan membunuh mereka. Pada famili *Macrotermitidae* mereka dibiarkan hidup, hanya kedudukannya diganti.

Raja dan ratu baru segera diganti, yaitu reproduktif suplementer yang berasal dari laron yang sudah siap melakukan penerbangan atau dari nimfa reproduktif yang sudah dipersiapkan. Nimfa-nimfa reproduktif ini mempunyai tunas-tunas sayap pada meso dan megathoraxnya. Apabila yang dijadikan pengganti itu laron-laron, maka sepasang sayapnya mereka akan digigit putus oleh kasta pekerja.

Laron merupakan binatang yang mengandung nilai kalori 560 per 100 gram bila digoreng dengan perincian sebagai berikut

Abu	: 6,42 %
Lemak	: 44,40 %
Protein	: 36,00 %
Kitin	: 5,09%
Jumlah zat kering	: 93,97 % (dry matter)
dan zat basah	: 6,03 % (moisture)

4) Kasta Pekerja

Kasta pekerja merupakan anggota yang sangat penting dalam koloni rayap. Tidak kurang dari 80 – 90 % populasi dalam koloni rayap merupakan individu-individu kasta pekerja. Kasta pekerja umumnya berwarna pucat dengan kutikula hanya sedikit mengalami penebalan sehingga tampak menyerupai nimfa.

Nimfa-nimfa pertama yang menetas dari telur-telur pertama dari sebuah koloni baru akan berkembang menjadi kasta pekerja. Jumlah waktu keseluruhan yang diperlukan dari keadaan telur sampai dapat bekerja aktif sebagai kasta pekerja pada umumnya adalah antara 6 – 7 bulan. Umur kasta pekerja ini dapat mencapai 19 – 24 bulan. Badan mereka tidak besar dan berwarna putih, pucat. Ada pula jenis lain (rayap *Nasute* dari Amerika) dapat membentuk kasta pekerjanya dalam waktu 60 hari dari keadaan telur sampai dapat aktif bekerja dengan melalui dua instar. Anggota-anggota kasta pekerja yang berikutnya, yang terbentuk dari nimfa-nimfa yang cukup dewasa, memiliki tubuh yang lebih besar dan mempunyai warna yang lebih gelap dibanding dengan anggota-anggota pembentukan pertama. Kepalanya dilapisi oleh bahan polysacharide yang disebut kitin dan yang menebal pada bagian rahananya.

Pada rayap tingkat rendah yang terdiri dari famili *Masrotermitidae*,

Rhinotermitidae, dan *Temopsidae*, kasta pekerja sering disebut dengan pekerja palsu (*pseudoworker* atau *pseudergates*), sedangkan pada *Kalotermitidae* kasta pekerja disebut pula dengan nimfa. Sementara itu, pada rayap tingkat tinggi (*Termitidae*), kasta pekerja dapat dibedakan dengan jelas dengan fase nimfa. Bahkan beberapa jenis, seperti *Macrotermes estherea*, *Nasutitermes costalis*, *Odontotermes obesus*, *O.redemmanni*, dan *O. hornii* memiliki dua jenis kasta pekerja (*dimorfisme*), yaitu kasta pekerja berukuran besar (pekerja mayor) dan pekerja berukuran kecil (pekerja minor).

Seperti halnya pada kasta prajurit, karakteristik seksual pada rayap kasta pekerja sulit untuk ditentukan dengan jelas, kecuali pada beberapa jenis rayap tingkat tinggi terutama anggota dari sub-famili *Macrotermitinae*. Rayap kasta pekerja berukuran besar dari anggota sub-famili ini umumnya berkelamin jantan, sedangkan yang berukuran kecil berkelamin betina.

5) Kewajiban kasta pekerja

Kasta pekerja mempunyai tugas untuk bekerja guna kepentingan seluruh masyarakat koloni. Walaupun kasta pekerja tidak terlibat dalam proses perkembangan biakan koloni dan pertahanan, namun hampir semua tugas dikerjakan oleh kasta ini. Pekerjaan ini meliputi segala bidang; pengadaan pangan, sarang, sampai penyediaan makanan pada semua anggota, memelihara telur dan rayap muda, serta memindahkannya saat terancam ke tempat yang lebih aman dan memelihara kesejahteraan dalam arti keseimbangan kehidupan masyarakat yang teratur.

Makanan yang dibawa ke sarang disuapkan kasta pekerja kepada semua anggota koloni termasuk raja dan ratu. Anggota-anggota kasta serdadu perlu disuapi karena bentuk kepala dan rahangnya yang membesar tidak memungkinkan mereka makan sendiri, sedangkan ratu karena bentuk badannya yang besar. Penyediaan ini dilakukan dengan mulut dan disebut **trophallaxis**.

Selain sebagai pembangun, kasta pekerja juga berperan dalam penggantian raja dan ratu pada saat mereka tidak bisa lagi memenuhi kewajiban sebagai produsen telur, sehingga kasta pekerja akan membunuh atau membiarkan mereka hidup dan menggantikan mereka dengan raja dan ratu baru.

Kasta pekerja juga membunuh serta memakan rayap-rayap yang tidak produktif lagi (karena sakit, sudah tua atau juga karena malas) baik reproduktif, prajurit maupun kasta pekerja sendiri. Kenyataan ini membuat para pakar rayap sejak abad ke-19 telah mempostulatkan bahwa sebenarnya kasta pekerjalah yang menjadi "raja", yang memerintah dan mengatur semua tatanan dan aturan dalam sarang rayap.

Kasta pekerja adalah arsitek alam yang ulung. Hal ini dibuktikan oleh hasil karya mereka dengan pengadaan sarang-sarang, perluasan dan pemeliharannya, pembuatan jalur-jalur terowongan dari tanah (atau yang disebut **liang kembara** yang merupakan jalan yang melindungi mereka dari

pengamatan musuh , juga merupakan pengaman diri dari sinar matahari, yang dapat mengeringkan atau hidrasi badan mereka), pembuatan bilik-bilik dan ruangan-ruangan tempat pemeliharaan jamur. Pengaturannya sedemikian rupa sehingga suhu, hawa dan kelembaban udara memungkinkan penduduk koloni rayap dapat hidup dengan subur dalam sarang yang dapat bertahan bertahun-tahun lamanya

Bagi koloninya kasta ini sangat berjasa demi kelangsungan hidup masyarakat rayap. Tetapi bagi manusia rayap inilah yang sering menghancurkan tanaman, kayu, dan segala kerusakan pada gedung, rumah, mebel, dokumen arsip dan bahan berselulosa lainnya.



Gambar 7. Kasta pekerja *Coptotermes curvignathus* Holmgren

6) Kasta Prajurit

Kasta prajurit dapat dengan mudah dikenali dari bentuk kepalanya yang besar dan mengalami penebalan yang nyata, dengan warna yang kecoklat-coklatan. Pada beberapa jenis rayap seperti *Macrotermes*, *Odontotermes*, dan *Microtermes*, serta beberapa jenis rayap dari *Rhinotermitidae*, seperti *Schedorhinotermes*, sering kali dijumpai dengan ukuran kasta prajurit yang berbeda (*polimorfisme*), yaitu:

- prajurit berukuran besar (prajurit major);
- prajurit berukuran kecil (prajurit minor);
- dan antara keduanya kadang-kadang dijumpai prajurit yang berukuran sedang (prajurit intermediet).



Gambar 8. Rayap kasta prajurit *Coptotermes curvignatus* Holmgren

Karakter seksual pada kasta prajurit dari beberapa jenis rayap hampir tidak tampak, sebagai contoh pada *Mastotermis* dan anggota dari *Kalotermitidae* yang jenis kelaminnya hanya dapat ditentukan melalui pemotongan gonad. Secara genetik kasta prajurit dapat berkelamin jantan

atau betina. Sebagian besar rayap dari sub-famili *Nasutitermitinae* memiliki prajurit berkelamin jantan; sedangkan pada rayap sub-famili *Macrotermitinae* dan *Termitinae* berkelamin betina. Kasta ini alat kelaminnya tidak sempurna dan menyebabkan mereka mandul.

Peranan kasta prajurit adalah melindungi koloni terhadap gangguan dari luar, khususnya dari semut dan vertebrata predator. Mereka berjalan hilir mudik di antara para pekerja yang sibuk mencari dan mengangkut makanan. Setiap ada gangguan dapat diteruskan melalui “suara” tertentu sehingga prajurit-prajurit bergegas menuju ke sumber gangguan dan berusaha mengatasinya. Kasta prajurit mampu menyerang musuhnya dengan mandible yang dapat menusuk, mengiris, dan menjepit. Biasanya gigitan kasta prajurit pada musuhnya sukar dilepaskan sampai prajurit itu mati sekalipun. Beberapa kasta prajurit dari golongan rayap tertentu menyerang musuhnya dengan cairan hasil sekresi kelenjar frontal atau kelenjar saliva. Sekresi saliva disemprotkan melalui mulut, sedangkan sekresi kelenjar frontal umumnya disemprotkan secara langsung melalui nasut atau nasutoid.

Perbandingan banyaknya neoten, prajurit dan pekerja dalam satu koloni biasanya tidak tetap. Koloni yang sedang bertumbuh subur memiliki pekerja yang sangat banyak dengan jumlah prajurit yang tidak banyak (2-4%). Koloni yang mengalami banyak gangguan, misalnya karena terdapat banyak semut di sekitarnya akan membentuk lebih banyak prajurit (7-10%), karena diperlukan untuk mempertahankan sarang.

2. Pembentukan Kasta

Bagaimana pembentukan kasta pada koloni rayap terjadi? Pertanyaan ini telah mengundang banyak penelitian seperti Grassi dan Sandias tahun 1983, E.M. Miller tahun 1969, Charles Noirot tahun 1969, Luscher tahun 1969, dan lain-lain. Penelitian modern pertama dilakukan oleh Bastita Grassi pada rayap tingkat rendah *Kaloterms flavicollis*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa rayap *Kaloterms flavicollis* yang dipisahkan dari koloninya akan mampu bertahan hidup dan membentuk koloni baru. Selanjutnya Grassi, dan Sandias pada tahun 1996 menemukan bahwa di dalam koloni yang kehilangan kasta reproduktif primer maka dalam waktu empat sampai tujuh hari koloni tersebut akan membentuk neoten. Sebaliknya, pada koloni rayap yang masih memiliki kasta reproduktif primer maka koloni tersebut tidak dapat membentuk neoten.

Berdasarkan hasil penelitian Grassi dan Sandias, demikian juga Escherich dan Holmgren, muncullah suatu teori yang disebut *Teori Ekstrensik*. Teori tersebut menyatakan semua individu rayap memiliki potensi untuk berkembang menjadi kasta prajurit, kasta pekerja, atau kasta reproduktif dan pembentukannya dipengaruhi oleh faktor nutrisi dan faktor lingkungan yang terjadi pada saat itu, pembentukan kasta tersebut setara dengan proses segregasi mendelian.

Pada tahun 1922, Thomson meneliti pembentukan kasta pada koloni rayap *Zootermopsis*. Pada rayap tersebut dijumpai dua bentuk telur dan larva yang diduga berhubungan dengan pembagian kasta. Larva yang memiliki kepala berukuran kecil, serta otak dan gonad berukuran besar akan berkembang menjadi kasta reproduktif, sebaliknya larva yang memiliki ukuran otak dan gonad yang lebih kecil akan berkembang menjadi kasta pekerja atau prajurit. Akan pada berbagai jenis rayap tingkat rendah lain tidak ditemukan adanya perbedaan bentuk telur tersebut.

Kasta reproduktif primer memproduksi suatu bahan kimia yang spesifik yang disebut feromon, yang dapat menghambat perkembangan nimfa betina menjadi neoten. Penghambatan kasta reproduktif suplementer melalui feromon ini dikeluarkan oleh kasta reproduktif primer, yang selanjutnya disebut feromon dasar (*primer pheromone*). Feromon dasar menyebabkan terhambatnya pertumbuhan/pembentukan neoten yang berfungsi menghambat deferensiasi kelamin. Segera setelah kasta reproduktif primer mati maka feromon ini hilang sehingga terbentuk neoten sebagai pengganti kasta reproduktif primer, tetapi kemudian neoten-neoten yang telah terbentuk kembali mengeluarkan feromon yang sama sehingga pembentukan neoten yang lebih banyak dapat dihambat. Feromon dasar juga berperan dalam pembentukan kasta pekerja dan kasta prajurit. Disamping feromon terdapat beberapa hormon, yaitu hormon ecdysone dan hormon juvenile yang mempengaruhi pembentukan kasta pada rayap tingkat rendah. Ketika hormon ecdysone, diberikan pada nimfa instar kedua maka akan terbentuk beberapa seri hormone yang dapat membantu nimfa untuk berkembang menjadi kasta reproduktif. Sebaliknya pemberian hormon juvenile akan menghambat perkembangan nimfa atau *pseudoworker* menjadi kasta reproduktif.

Pada rayap tingkat tinggi mekanisme pembentukan kasta belum diketahui secara lengkap seperti pada rayap tingkat rendah. Pembagian kasta pada rayap tingkat tinggi menunjukkan perkembangan yang lebih kompleks. Pemisahan individu menjadi pekerja, prajurit atau neoten dan imago sudah dapat dilihat perkembangan perubahan morfologinya sejak instar pertama. Hal ini memunculkan dugaan bahwa sejak awal individu-individu tersebut sudah mewarisi karakter genetic yang berbeda. Disamping itu, feromon dasar ternyata tidak selalui dijumpai pada semua rayap tingkat tinggi.

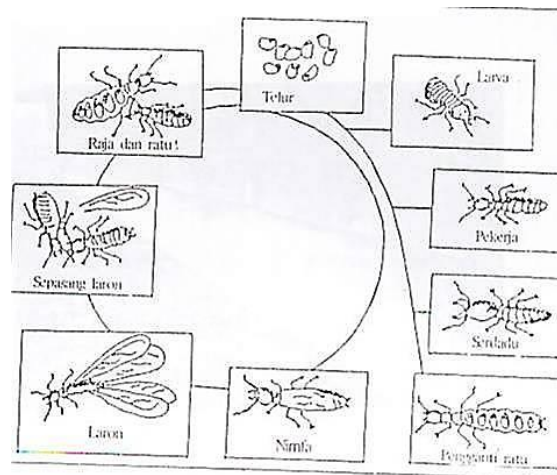
3. Koloni Rayap

Seketurunan rayap selalu hidup dalam kelompok yang disebut koloni. Ada tiga macam pembentukan koloni rayap:

- a. Pembentukan koloni oleh kasta reproduktif primer (laron)
- b. Pembentukan koloni dengan cara isolasi
- c. Pembentukan koloni dengan cara migrasi.

A. Pembentukan koloni oleh kasta reproduktif primer (laron)

Satu koloni terbentuk dari sepasang laron (*alates*) betina dan jantan yang mulai dari terbang dari sayap dan mencari pasangan. Sepasang laron tersebut kemudian beriringan menuju suatu tempat, yang akan menjadi tempat sarang baru. Telur yang dihasilkan dari perkawinan, akan menetas dalam rentang waktu yang sangat bervariasi tergantung pada jenisnya. Teur rayap *C. curvignathus* menetas setelah berumur 8 – 11 hari, namun beberapa jenis lain mamiliki kisaran masa penetasan telur antara 20 – 70 hari. Nimfa muda akan mengalami pergantian kulit sebanyak 8 kali, sampai kemudian berkembang menjadi kasta pekerja, prajurit dan calon laron. Apabila dihitung, pertumbuhan telur sampai dewasa memakan waktu 6 – 7 bulan dan pembentukan kasta pekerjanya memerlukan waktu 6 – 7 bulan juga, maka pembentukan koloni dengan cara ini setidaknya-tidaknya memerlukan waktu \pm 1 tahun. Secara lengkap, siklus kehidupan rayap disajikan pada Gambar 5.



Gambar 9. Siklus kehidupan rayap

B. Pembentukan koloni dengan cara isolasi

Pembentukan koloni dapat juga terjadi dengan cara isolasi yaitu terdapatnya sebagian rayap yang terisolasi dari koloni utama karena liang-liang kembara atau ruang-ruang dalam sarang rayap tersumbat. Rayap terisolasi ini kemudian membentuk koloni baru dengan membentuk kasta reproduktif sekunder.

Sistem sarang Kaloteemitidae tidak teratur dan tidak memiliki bilik khusus buat ratu yang merupakan poros komunikasi. Lorong-lorong ataupun sel-sel yang terpencar-pencar memungkinkan terisolasinya sebagian penduduk sehingga membentuk koloni baru. Pada famili Rhinotrmitidae (rayap kayu basah) karena terdorong untuk mendapatkan lingkungan yang basah, famili ini seringkali meluaskan sarangnya dengan membentuk sarang-sarang tambahan yang makin lama makin jauh dan terisolir dari sarang induk. Adanya pertumbuhan reproduktif suplementer yang subur memungkinkan rayap yang terisolir ini membentuk koloni baru.

Pada jenis rayap yang lebih maju, seperti Termitidae, isolasi sebagian penduduk dapat terjadi ketika pelebaran sarang rayap tanah ini sudah tidak

memungkinkan lagi karena kondisi, maka dibentuklah sarang kembar yang terpisah dari induknya.

Dibandingkan dengan pembentukan koloni oleh reproduktif primer, maka cara isolasi ini lebih cepat perkembangannya, karena ratu yang dibentuk segera dapat melakukan fungsinya di dalam masyarakat koloni yang sudah lengkap.

C. Pembentukan koloni dengan cara migrasi

Koloni rayap dapat juga terbentuk dari anggota koloni yang memisahkan diri (migrasi) dari koloni utama. Selanjutnya, koloni baru tersebut akan membentuk kasta reproduktif skunder (neoton). Koloni rayap tanah *Coptotemes curvigntahus* sangat mudah membentuk melalui proses migrasi ini. Sementara itu jenis rayap tingkat tinggi, khususnya kelompok *Macrotermitinae* sangat sukar membentuk koloni baru melalui proses migrasi koloni. Umumnya koloni baru hanya terbentuk melalui perkawinan sepasang laron.

Rayap-rayap tanah dalam rombongan yan teratur termasuk ratu dan rajanya, meninggalkan sarang induknya dan tidak lama kemudian masuk ke dalam lobang tanah di tempat lain. Di samping itu ada juga yang dengan sengaja diberi makan oleh rayap penghuni sarang, dengan maksud mendapatkan excretanya yang diperlukan.

LATIHAN

1. Kasta reproduktif dibedakan menjadi kasta reproduktif primer dan kasta reproduktif suplementer atau neoten. Jelaskan!
2. Berilah contoh tugas kasta reproduktif, kasta pekerja dan kasta prajurit dalam koloninya!
3. Berilah satu contoh terbentuknya suatu koloni rayap!

RANGKUMAN

1. Secara morfologi rayap relatif mudah dibedakan dengan semut. Aktivitas kehidupan stadia pra-dewasa pada semut, lebah, dan tawon tidak aktif di dalam koloninya, sedangkan nimfa rayap mempunyai aktivitas yang tinggi. Semut mencari makan lebih “terbuka”, rayap relatif “tertutup” (menutup jalur-jalur kembarannya dengan tanah); rayap memerlukan kayu (selulosa) sebagai makanan pokok, semut makanan pokoknya macam-macam serat dan gula. Rayap mempunyai beberapa sifat yang khas yaitu sifat trophalaxis, sifat kriptobiotik, sifat nexrofagi, sifat kanibalistik, sifat grooming, sifat tigmotaksis dan sifat menguburkan bangkai.
2. Feromon adalah hormon yang dikeluarkan dari kelenjar endokrin, tetapi berbeda dengan hormon, feromon menyebar ke luar tubuh dan mempengaruhi individu lain yang sejenis. Ada dua feromon, yaitu feromon

penanda jejak (*trail following pheromone*) dan feromon dasar (*primer pheromones*).

3. Di dunia telah diidentifikasi lebih dari 2.500 jenis rayap yang diklasifikasikan ke dalam tujuh famili, 15 sub-famili, dan 200 genus. Famili tersebut adalah famili Mastotermitidae, famili Kalotermitidae, famili Termopsidae, famili Hodotermitidaem, famili Rhinotermitidae, famili Serritermitidae, dan famili Termitidae. Di Indonesia sampai dengan tahun 1970 sudah ditemukan tidak kurang dari 200 jenis rayap dari berbagai genus. Famili rayap yang tersebut adalah famili Kalotermitidae, famili Rhinotermitidae dan famili Termitidae.
4. Dalam koloni rayap terdapat kasta reproduktif, kasta pekerja dan kasta prajurit. Kasta reproduktif terdiri betina (ratu) yang tugasnya bertelur dan jantan (raja) yang tugasnya membuahi betina. Tugas kasta pekerja meliputi segala bidang; pengadaan pangan, sarang, sampai penyusunan makanan pada semua anggota, memelihara telur dan rayap muda, serta memindahkannya saat terancam ke tempat yang lebih aman dan memelihara kesejahteraan dalam arti keseimbangan kehidupan masyarakat yang teratur. Peranan kasta prajurit adalah melindungi koloni terhadap gangguan dari luar, khususnya dari semut dan vertebrata predator.
5. Ada tiga macam pembentukan koloni rayap, yaitu pembentukan koloni oleh kasta reproduktif primer (laron), pembentukan koloni dengan cara isolasi dan pembentukan koloni dengan cara migrasi.

TES FORMATIF

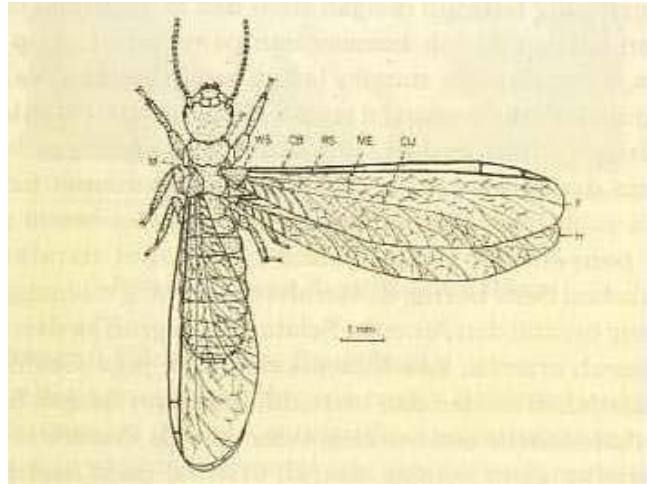
1. Sebutkan perbedaan rayap dengan serangga sosial lainnya!
2. Sifat-sifat khas apa saja yang dimiliki rayap dalam kehidupannya!
3. Di dalam koloni rayap terdapat pembagian kasta, sebutkan kasta-kasta tersebut dan jelaskan tugas masing-masing kasta dalam masyarakat koloni rayap!
4. Gambarkan siklus kehidupan rayap!
5. Bagaimana suatu koloni rayap dapat terbentuk? Jelaskan!

DAFTAR PUSTAKA

- Darni. S. 1985. Teknologi Hasil Hutan. Diktat Kuliah Fakultas Kahutanan UNLAM. Lambung Mangkurat University Press. Banjarbaru.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Negeri.
- Nandika, Rismayadi dan Diba. 2003. Rayap Biologi dan Pengendaliannya. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis.
- Tarumingkeng, Rudi. 2004. Biologi dan Perilaku Rayap. File :www htm Biologi dan Perilaku Rayap. 5/21/2004.

BAB VI. MORFOLOGI DAN AKTIVITAS MAKAN RAYAP

Tubuh rayap seperti halnya serangga lain terdiri dari tiga bagian yang disebut tagmata, yaitu tagmata kepala, thorak, dan abdomen. Bagian tubuh rayap dilapisi oleh kutikula yang mengalami penebalan. Kasta reproduktif mengalami penebalan yang lebih lengkap dibandingkan kasta-kasta lainnya. Pada kasta pekerja dan kasta prajurit penebalan biasanya hanya terjadi pada bagian kepala.



Gambar 10. Struktur umum kasta reproduktif rayap
 CB : Costal Margin CU : Cubitus Vein F : Sayap depan

Di lapangan atau di alam tersedia banyak pilihan makanan bagi rayap. Dalam keadaan demikian rayap akan memilih tipe makanan yang paling sesuai yaitu cukup mengandung selulosa, mudah digigit dan dikunyah. Karena gigitan rayap bersifat mekanis, tipe makanan yang sangat keras akan ditinggalkan bila tipe makanan yang lebih lunak tersedia. Oleh karena itu kayu yang sudah agak lapuk lebih banyak dipilih rayap perusak kayu.

Selulosa adalah makanan utama rayap, oleh karena itu kayu dan jaringan tanaman lainnya merupakan sasaran serangan rayap. Bahkan dengan ukuran populasinya yang besar disertai daya jelajah yang luas maka rayap mampu menjangkau dan merusak bahan-bahan yang menjadi kepentingan manusia seperti kertas, karton, kain, plastik dan lain-lain.

Zat lain seperti kanji, gula, protein dan nitrogen juga diperlukan oleh rayap untuk pertumbuhan hidupnya serta sebagai energi untuk bertelur. Zat-zat tersebut diperoleh dari makan dan pencernaan beberapa organisme simbiotik di dalam ususnya. Walaupun makanan utama rayap adalah selulosa, tetapi rayap tidak dapat hidup dan tumbuh normal bila hanya tersedia dari selulosa murni. Para ahli menarik kesimpulan bahwa rayap dapat hidup dan tumbuh bila tersedia makanan yang mengandung gula, protein, garam, dan vitamin A, B, D dan G. Kehadiran zat-zat tersebut sangat penting.

Setelah mempelajari bab ini diharapkan:

Buku ajar hama & penyakit hasil hutan

1. Mahasiswa dapat mengetahui ciri-ciri morfologi kasta reproduktif, kasta pekerja dan kasta prajurit.
2. Mahasiswa dapat mengetahui sumber makanan rayap.
3. Mahasiswa dapat menjelaskan sistem pencernaan rayap dan hubungan rayap dengan organisme simbiosis.
4. Mahasiswa dapat menjelaskan aktivitas jelajah rayap dalam mencari sumber makanan.

A. Morfologi Rayap

1. Kepala

Pada kasta reproduktif dan kasta pekerja kapsul kepala berbentuk oval atau agak bulat, sedangkan pada kasta prajurit seringkali kapsul kepala berbentuk oblong dan berukuran lebih besar. Mata majemuk terlihat pada kasta reproduktif dan sedikit berkembang pada kasta lainnya. Pada semua kasta dari *Hodotermetidae* mata majemuk mengalami reduksi atau tidak dijumpai sama sekali. Antena berbentuk miniliform yang terdiri dari sembilan sampai 30 segmen tergantung pada jenis, kasta, dan instar.

Bagian mulut rayap terdiri dari mandibel, labrum, maksila dan labium. Mandibel pada kasta prajurit memiliki bermacam-macam bentuk dan ukuran yang berbeda pada setiap genera sehingga merupakan salah satu karakteristik taksonomi yang penting. Pada maksila dapat terdapat; galea yang berbentuk seperti tudung dan umumnya terdiri dari dua segmen; lacinia mengalami penebalan dan bergerigi; dan palpus yang terdiri dari lima segmen. Labium terdiri dari prementum dan postmentum dengan glossae, proglossae, dan tiga segmen palpus labium yang bersatu. Bagian mulut lainnya adalah hipofaring.

• Kasta Reproduksi (Laron)

1) Struktur Dorsal dan Lateral

a. Kapsul Kepala

Dilihat dari bagian atas, kepala berbentuk hampir bulat atau sedikit memanjang. Terdapat mata majemuk yang terletak pada setiap sisi kepala. Sepasang ocelli berdekatan dengan mata majemuk. Di bagian anterior mata, pada setiap sisi terdapat lekukan yang merupakan tempat munculnya antena. Sementara itu, di bagian depan lekukan kepala terdapat epistomal suture yang diikuti dengan clypeus dan di depannya terdapat labrum. Daerah kepala yang berdekatan dengan dasar mandibel dan di anterior lekukan antena disebut pleurostoma. Bagian dorsal kepala terdiri dari dua daerah, yaitu frons dan di belakangnya epicranium. Frons merupakan bagian depan kepala yang berbentuk segitiga dan dibatasi oleh dua garis suture dan epistomal suture, termasuk daerah di tengah ocellus dan di luar lateral ocelli.

b. Labrum

Labrum seringkali disebut dengan bibir sebelah atas terletak di bagian anterior dorsal. Berbentuk seperti lidah yang memanjang dengan bagian median atau distal lebih besar daripada bagian basal.

c. Chypeus

Chypeus terletak diantara labrum. Secara transversal terbagi dua, yaitu anteclypeus di bagian distal tempat meletaknya labrum dan bagian caudal (daerah yang mengalami penebalan) yang disebut *postclypeus*.

d. Antena

Antena berbentuk miniliform. Segmen pertama (*scape*) relatif agak panjang. Segmen kedua atau pedikel umumnya lebih pendek dari *scape*. Segmen-segmen lain di belakang pedikel berkumpul seperti membentuk flagellum. Segmen ketiga memperlihatkan variasi yang besar diantara spesies, yang dapat menjadi karakteristik taksonomi karena segmen tersebut melakukan proliferasi pada perkembangannya semasa muda. Segmen ketiga ini dapat lebih kecil atau memanjang, hilang atau terpisah dengan segmen keempat.

Jumlah segmen antena bervariasi dari 11 hingga 33 segmen. Pada Mastotermitidae dan Hodotermitidae kadang mencapai 33 segmen, tetapi umumnya 28 segmen. Pada Kalotermitidae, Rhinotermitidae, dan Termitidae, jumlah segmen umumnya berkisar 14 sampai 18 segmen.

e. Mata Majemuk

Mata majemuk berkembang dengan baik pada kasta reproduktif. Mata majemuk berbentuk bulat dan sering pipih pada bagian tepi anterior yang berdekatan dengan lekukan antenna. Pada beberapa Hodotermitidae mata majemuk berbentuk memanjang dorsoventral. Pada Termitidae mata majemuk cenderung menonjol dibandingkan mata majemuk jenis rayap yang lain.

f. Ocelli

Selain mata majemuk sering terdapat mata sederhana atau ocelli. Ocelli terletak di bawah mata majemuk. Bentuk dan ukurannya berbeda-beda pada tiap jenis. Ocelli tidak ditemukan pada Hodotermitidae.

g. Alur Epicranial

Pada beberapa jenis rayap, terutama pada Hodotermitidae dan Kalotermitidae, garis berbentuk Y atau garis alur epicranial dapat diamati di atas kepala. Bentuk Y berawal dari belakang mata majemuk hingga titik tengah, atau mencapai ocelli jika terdapat ocelli. Garis alur dapat terlihat jelas, samar-samar atau tidak ada sama sekali.

h. Fontanel

Pada kasta reproduktif Rhinotermitidae dan Termitidae terdapat lubang kecil tepat pada bagian tengah kepala bagian atas atau diantara mata majemuk. Lubang kelenjar itu adalah fontanel yang dapat berbentuk hanya seperti goresan, kadang-kadang terlihat jelas atau samar-samar, membentuk lekukan. Pada Termitidae terdapat daerah mencuat yang disebut piring fontanel yang bersatu dengan fontanel itu sendiri.

2) Struktur Ventral

Pada tepi foramen magnum atau occipital foramen terdapat post gena yang terbentuk dari memanjangnya epicranium ke arah bawah. Gena dapat terlihat jelas atau samara dari bagian ventral. Di bagian anterior foramen magnum di bagian bawah kepala terdapat labium. Selanjutnya, di bagian anterior labium terdapat maksila dan dibagian depannya terdapat mandibel.

a. Mandibel

Embelan (*appendages*) kepala paling antroventral adalah mandibel. setiap mandibel mempunyai dua titik tumpu yang berhubungan dengan kepala pada tepi lateral pleurostoma terdapat sendi mandibel posterior, dan pada tepi pleurostoma yang berdekatan pada dasar clypeus terdapat sendi mandibel anterior yang umumnya berpigmen. Mandibel kasta reproduktif bertipe menggigit yang sederhana. Mandibel banyak berperan dalam penentuan taksonomi rayap. Setiap mandibel mempunyai gigi utama (apical tooth), beberapa gigi kecil (*marginal tooth*) yang bervariasi, serta lempengan molar (molar plate) di bagian dasar. Secara umum, mandibel sebelah kanan lebih sedikit mengalami modifikasi dibandingkan mandibel kiri.

b. Maksila

Di bagian posterior mandibel terdapat maksila. Daerah basal yang melengkung disebut cardo. Lempengan utama adalah stipes yang memanjang dan didukung oleh palpus maksila, lacinia dan galea.

c. Labium

Labium adalah embelan pada kepala yang terletak paling posterior dan terdiri dari dua bagian utama, yaitu postmentum di daerah posterior dan prementum di bagian anterior atau distal. Postmentum kadang disebut gulamentum. Postmentum terdiri dari dua bagian yaitu proksimal submentum dan distal mentum. Pada rayap tingkat rendah postmentum berukuran besar dan berbentuk seperti perisai, terletak di bagian anterior dan berhubungan langsung dengan foremen magnum. Pada beberapa Termitidae bagian ini mereduksi dan dikelilingi oleh daerah yang dilapisi membrane. Sementara itu, struktur prementum bersegmen tiga ruas dan ligula di bagian distal yang terdiri dari empat cuping. Cuping bagian luar ligula menjadi paraglossae dan cuping bagian dalam menjadi glossae.

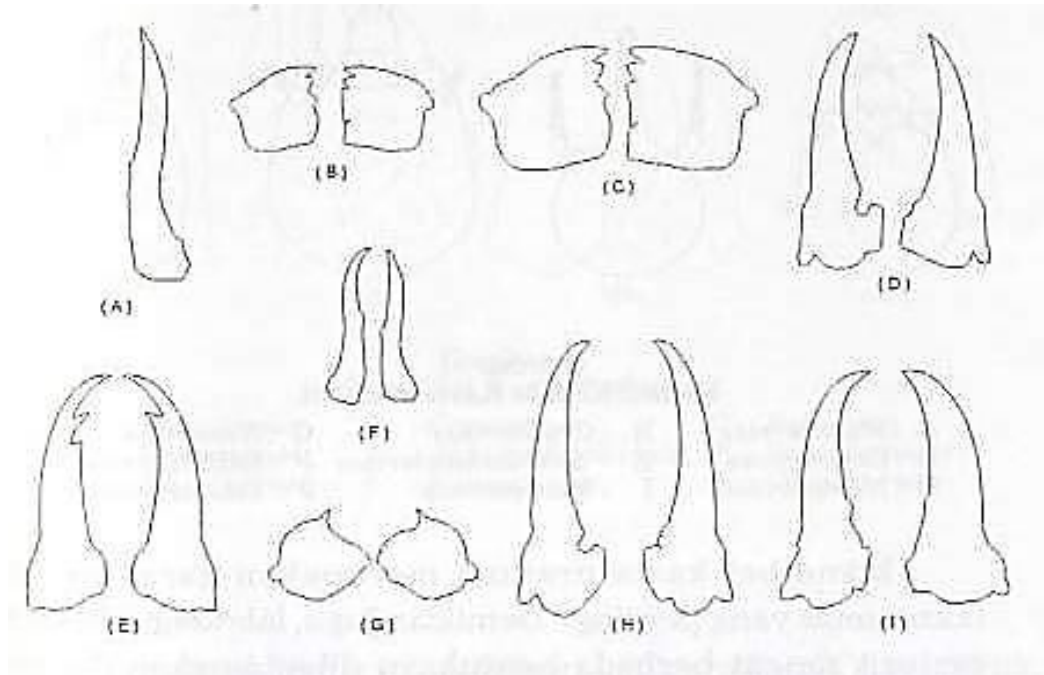
d. Rongga Mulut

Rongga mulut dikelilingi oleh cuping labral-clypeus di bagian anterior; mandibel di bagian lateral, maksila di posterolateral, serta labium di posterior. Di bagian dasar rongga terdapat penonjolan seperti lidah yang disebut hipofaring. Sementara itu, di bagian atas rongga mulut, tepat di depan esophagus terdapat rongga kecil yang disebut cibarium. Cibarium berfungsi sebagai tempat mengumpulkan serpihan-serpihan makanan sebelum dicerna usus.

• Nimfa Muda dan Kasta Pekerja

Struktur kepala pada nimfa muda dan pekerja sama dengan bentuk kasta reproduktifnya. Kadang tidak terdapat mata majemuk dan ocelli. Jika

terdapat mata majemuk maka mata tersebut belum berkembang seperti halnya pada kasta reproduktif. Mata majemuk tampak jelas pada nimfa tua sebelum terbentuk laron. Jumlah segmen antenanya lebih sedikit dibandingkan setelah menjadi laron. Perkembangan segmen antenna khususnya terjadi bagian segmen ketiga. Labium dan mandibel nimfa muda atau kasta pekerja hampir menyerupai kasta reproduktif. Di bagian kepala nimfa, garis epikranial menjadi karakter yang penting. Bagian ini adalah titik awal terjadinya moulting.



Gambar 11. Mandibel kasta pekerja

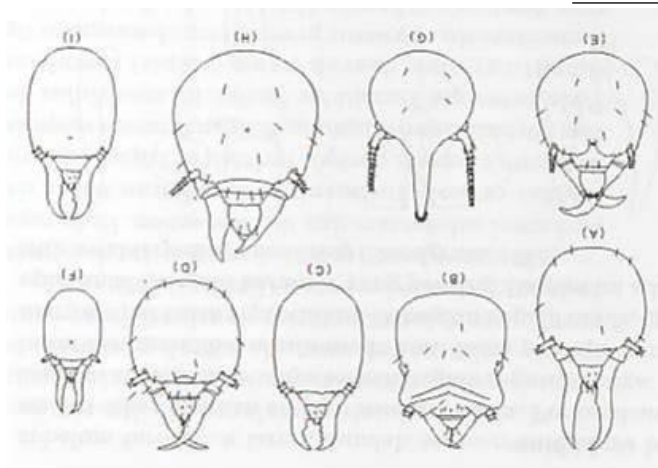
A : Masrotermes	B : Cryptotermes	C : Neotermes
D : Coptotermes	E : Schedorhinotermes	F : Reiculitermes
H : Nasututermes	I : Macrotermes	J : Odomtotermes

• Kasta Prajurit

Bentuk kapsul kepala prajurit sangat bervariasi. Perbedaan bentuk-bentuk sangat membantu untuk pengenalan atau identifikasi rayap (Gambar 12). Sebagai mana pada kasta reproduktif dan pekerja, pada bagian kepala dapat dijumpai embelan- embelan utama yang terdiri dari alat-alat mulut, antena, dan mata.

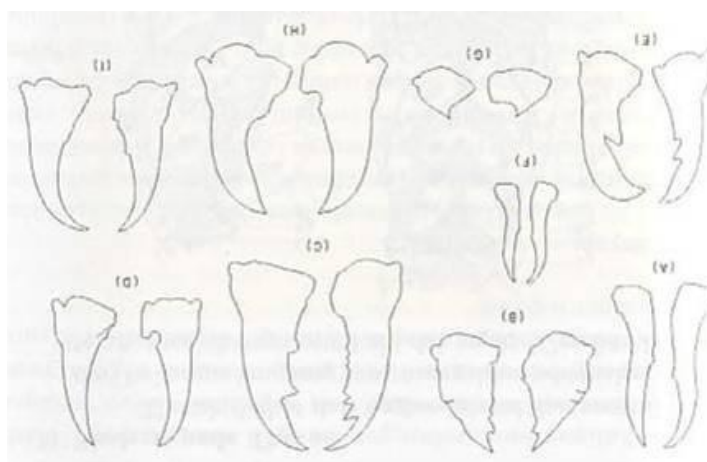
Labrum pada kasta prajurit sangat berbeda bentuknya dibandingkan dengan kasta reproduktif. Ujungnya sering kali seperti membrane (hyalin). Labrum umumnya memanjang dan berlekuk-lekuk dan ujungnya berlekuk tiga (pada Rhinotermitidae) atau sering kali bercabang dua.

Pada kepala dijumpai mata majemuk dan ocelli tetapi tidak berkembang dengan baik. Jumlah segmen antena bervariasi antara 11 segmen sampai 29 segmen.



Gambar 12. Kapsul kepala kasta prajurit

A : Masrotermes	B : Crytotermes	C : Neotermes
D : Coptotermes	E : Schedorhinotermes	F : Reiculitermes
H : Nasututermes	I : Macrotermes	J : Odomtotermes



Gambar 13. Mandibel kasta prajurit

A : Masrotermes	B : Crytotermes	C : Neotermes
D : Coptotermes	E : Schedorhinotermes	F : Reiculitermes
H : Nasututermes	I : Macrotermes	J : Odomtotermes

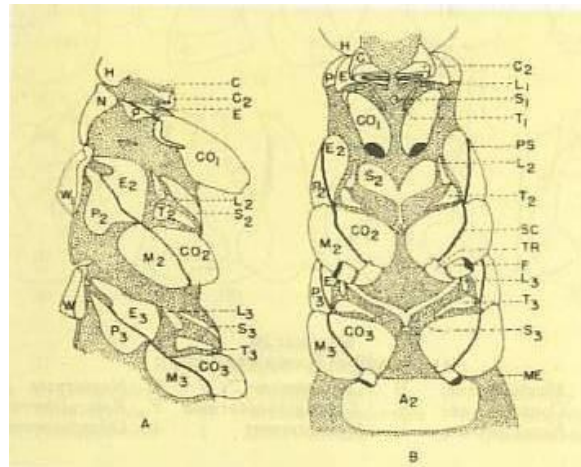
2. Thorak

Thorak terdiri dari tiga segmen, yaitu prothorak, mesothorak, dan metathorak. Thorak memiliki bidang dorsal (notum), bidang ventral (sternum), dan bidang sisi lateral (pleura). Bidang dorsal thorak memiliki bentuk yang bermacam-macam sehingga merupakan salah satu perinci yang digunakan untuk keperluan taksonomi. Pronotum dapat berbentuk plat, perisai atau pelana. Mesonotum dan metanotum memiliki bentuk yang kurang bervariasi.

Thorak dihubungkan ke kepala oleh membran sempit yaitu cerviks. Pada masing-masing bagian thorak terdapat sepasang kaki. Pada laron terdapat sepasang sayap yang masing-masing menempel pada dua segmen thorak terakhir.

a. Skelerit pada Thorak

Thorak dilihat dari bagian lateral dan ventral terdiri dari beberapa lempeng yang mengalami penebalan sebagai tempat melekatnya otot kaki dan sayap (Gambar 14).



Gambar 14. Lempeng Tubuh pada Thorak Rayap

A	: Penampang Lateral	B	: Penampang ventral
A2	: Stenit abdomen kedua	C, C2	: Scelerit cervie lateral pertama dan kedua
CO 1-3	: Coxa dari sepasang kaki Pertama-ketiga	E 1-3	: Epistenom pro, Moso dan metathorak
F	: Femur	H	: Kapsul kepala
L	: Sternal lateral	M	: Meron
Me	: Membran	N	: Pronotum (N)
P	: Epimeron	T	: Trocantine
TR	: Trocohanter	W	: Tonjolan pada sayap

Penonjolan sayap terdapat baik di bagian anterior maupun di posterior. Penonjolan sayap di mesothorak maupun metathorak pada bagian anterior disebut scutum, sedangkan pada bagian posterior disebut sculetum. Scutum dan sculetum dihubungkan dengan sambungan skelerit sekaligus bersambungan dengan dasar sayap. Pada bagian tepi antromedian dari tiap dasar rayap terdapat cuping berukuran kecil yang disebut tegula yang berfungsi sebagai tempat keluarnya organ sensorik yang disebut tegular.

b. Sayap

Sayap merupakan pertumbuhan dorsoventral kulit dan ditunjang oleh satu seri pembuluh sederhana yang disusun dan tingkat perkembangannya bervariasi. Skema sayap meliputi beberapa elemen, yaitu; pembuluh orecosta (secara umum tidak terlihat pada sayap); costa yang sederhana sepanjang tepi; subcosta yang bercabang dua; radius yang terbagi atas dua daerah (pembuluh radial dan pembuluh medial); serta pembuluh anal.

c. Kaki

Kaki terdiri dari beberapa segmen. Segmen kaki yang menempel pada thorak disebut coxa. Pada pasangan kaki kedua dan ketiga coxa terbagi dua bagian menjadi meron dan coxa. Sambungan segmen kaki selanjutnya yaitu femur. Femur merupakan segmen kaki yang berukuran besar dan

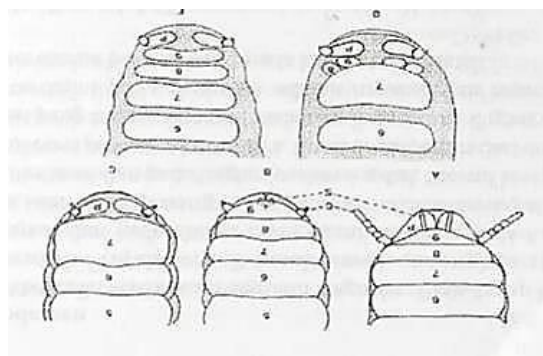
bersambungan dengan tibia yang biasanya panjang dan berukuran kecil. Segmen kaki terakhir adalah tarsus yang umumnya dilengkapi dengan cakar. Pada Mastotermitidae tarsus terbagi menjadi lima segmen. Sedangkan pada rayap lainnya tarsus terdiri dari tiga sampai empat segmen. Tibia Hodotermitidae dan Kalotermitidae dilengkapi dengan duri-duri halus.

3. Abdomen

Abdomen terdiri dari sepuluh segmen. Pada rayap betina di sternit ke tujuh terjadi pembesaran sedangkan sternit kedelapan dan kesembilan mengalami reduksi. Pada hampir semua individu sepasang stilus yang sederhana terdapat pada sternit kesembilan pada bagian posteromedial. Sternit kesepuluh muncul cerci pada tepi lateralnya. Cerci dapat terdiri dari delapan segmen yang bersatu tetapi umumnya hanya dua. Organ utama yang terdapat pada abdomen adalah organ-organ reproduksi yang terutama berkembang pada kasta reproduktif.

• Kasta Reproduksi

Abdomen kasta reproduktif terdiri dari sepuluh segmen dengan sekelompok lempeng yang mengalami penebalan, disebut tergite di bagian atas dan sternit di bagian bawah. Lempengan ini dihubungkan dengan membrane yang sangat lebar. Sternit pada abdomen Termitidae umumnya mengalami reduksi dan daerah membrane menjadi sangat luas jika dibandingkan dengan rayap tingkat rendah. Terdapat sepuluh tergite yang bentuknya lebih lebar kecuali pada epiproct yang memanjang dan mengecil pada ujung belakangnya. Epiproct disebut juga lempeng supra anal, decapygidium atau pygidium. Tidak ada sternit pada abdomen pertama atau mengalami reduksi. Sternit kedua hingga keenam lebih lebar dan lebih panjang. Sternit ketujuh (hypogeum, lempeng genital, atau lempeng subgenial) pada kasta reproduktif betina lebih panjang dan sering kali ditutupi oleh sternit kedelapan dan kesembilan yang mereduksi atau mengalami modifikasi yang bervariasi.



Gambar 15. Struktur Abdomen Kasta Reproduksi Rayap Jantan dan Betina

- A : Jantan *Zoostermopsis laticeps*
- B-C : Rayap Jantan dan Betina *Copto-termes formosanus*
- C : Cerci
- D-E : Rayap Betina dan Jantan *Tenuirostritermes cinereus*
- P : Pararrect
- S : Styli

Pada rayap jantan (raja) sternit ketujuh tidak membesar dan sternit kedelapan dan kesembilan ukurannya mengalami reduksi. Pada jantan yang telah dewasa umumnya terdapat sepasang styli yang dapat berhubungan dengan tepi posteromedial sternit kesembilan. Bagian ini membesar pada tepi posteromedial sternit kesembilan. Styli biasanya tidak ada pada kasta reproduktif betina walaupun ditemukan pada betina yang dewasa. Baik pada jantan maupun betina sternit kesepuluh atau paraproct terbagi secara median dan terdapat cerci pada tepi lateralnya. Pada Mastotermitidae dan beberapa Hodotermitidae cerci terdiri dari lima hingga delapan ruas, tetapi pada famili yang lainnya hanya terdiri dari dua segmen.

- **Nimfa Muda, Pekerja dan Prajurit**

Bentuk abdomen nimfa muda, pekerja, dan prajurit hampir serupa dengan abdomen kasta reproduktif. Pada Mastotermitidae, Hodotermitidae, dan Kalotermitidae, perkembangan alat kelamin ditentukan dari struktur sternit abdomen bagian posterior. Pada kasta reproduktif sternit betina ketujuh memanjang walaupun sternit kedelapan dan kesembilan mengalami reduksi. Pada termitidae alat kelamin pekerja dan prajurit tidak dapat ditentukan dari penampakan luarnya.

4. Integumen

Permukaan tubuh rayap secara keseluruhan disebut integumen. Sebagai kerangka, integumen merupakan satu-satunya struktur yang memberikan bentuk tubuh rayap. Integumen melindungi organ-organ yang berada di dalam tubuh rayap dan juga sebagai melekatnya otot-otot. Disamping itu, organ ini berfungsi sebagai cadangan makanan pada saat serangga ganti kulit ataupun saat serangga kekurangan makanan. Bagian dari integumen yang berperan sebagai cadangan makanan khususnya adalah lapisan endokutikula.

Integumen terdiri dari lapisan epidermis dan kutikula. Epidermis adalah lapisan luar serangga yang merupakan sel-sel yang hidup. Ketebalan lapisan ini hanya satu sel dan diantara pergantian kulit sel tersebut terbentuk kolumnat (memanjang) dengan batas-batas yang tidak jelas. Jumlah sel tersebut dalam sentimeter persegi dapat mencapai 9.000 unit pada saat normal dan menjadi 30.000 unit pada saat akan berganti kulit. Sel-sel tersebut dihubungkan satu sama lain dengan desmosom yang merupakan lamella yang parallel yang menghubungkan ruang antar sel.

Kutikula merupakan hasil sekresi epidermis yang menutupi bagian luar maupun pada lapisan pelelukan ke dalam ektodem (stomedeum, proktodeum, rambut, sisik, dan tarakea). Kutikula terdiri dari epikutikula, endokutikula, dan eksokutikula. Pada saat baru dibentuk, kutikula berwarna bening, bertekstur lembek, plastis dan lembab. Lambat laun masuklah ke dalam kutikula bahan-bahan lemak yang dihasilkan oleh kelenjar-kelenjar epidermis. Kutikula yang tadinya lunak dan plastis segera mengeras dan berubah warna menjadi gelap membentuk eksokutikula. Proses ini disebut

sklerotisasi, yang merupakan hasil proses penyamakan (tanning) protein kutikula oleh kuinon. Lapisan eksokutikula telah stabil sehingga tidak terurai kembali oleh enzim-enzim ganti kulit (protease dan khitinase) sehingga ditinggal begitu saja pada saat ganti kulit. Endokutikula berisi kristalit-kristalit khitin yang teratur sejajar dengan permukaan kutikula. Konstituen terbesar dari endokutikula adalah air (70%). Lapisan eksokutikula dan endokutikula bersama-sama disebut prokutikula. Sementara itu epikutikula merupakan lapisan protein tipis, berwarna gelap yang permukaan luarnya berlapis bahan sejenis lilin (lipid layer).

Pada tubuh rayap kutikula sangat penting dalam mencegah dehidrasi dari permukaan tubuh. Kutikula pada tubuh rayap tersebut, secara sepiantas seolah-olah merupakan benteng yang kuat terhadap masuknya insektisida. Namun hal ini tidak selalu benar, karena terdapat dua hal penting yang menyebabkan insektisida relatif mudah menembus kutikula dan selanjutnya masuk ke dalam tubuh rayap, yaitu :

- Rayap berukuran kecil, yaitu 4-11 mm, sehingga luas permukaan luar tubuh yang dimilikinya relatif besar (terhadap volume) dibandingkan dengan mamalia
- Kutikel bersifat hidrofob dan lipofilik, yang sifatnya mirip dengan membran sel binatang, sehingga sifat dan formulasi insektisida yang apolar mudah menembusnya.

Komponen esensial di dalam kutikula rayap adalah khitin. Khitin sangat resisten terhadap banyak bahan kimia, sangat keras dan sukar diuraikan. Komponen lainnya adalah sklerotin dan lapisan lemak. Sklerotin adalah campuran yang kompleks dari substansi protein, seperti bahan-bahan rambut dan kuku pada manusia, sklerotin memberikan kekuatan mekanis dan kekerasan pada kutikula rayap. Sklerotin tidak terdapat pada bagian antara segmen dan antara unit-unit badan yang fleksibel. Sklerotin umumnya terdapat pada bagian tubuh yang mengalami pengerasan, misalnya, pada bagian mandibel atau bagian yang keras pada taring.

LATIHAN

1. Sebutkan bagian-bagian kepala rayap?
2. Sebutkan tiga bagian thorak!
3. Pada kaki ada bagian yang disebut femur. Apa yang saudara ketahui tentang femur?
4. Apa perbedaan abdomen pada kasta reproduktif dibandingkan dengan abdomen pada kasta pekerja dan prajurit?

B. Aktivitas Makan Rayap

1. Sumber Makanan Rayap

Secara umum sumber makanan rayap dikelompokkan ke dalam dua tipe, yaitu:

(1) sumber makanan mentah (*crude nutrient*) dan (2) sumber makanan yang berasal dari kasta pekerja. Sumber makanan mentah berupa tanaman atau pohon hidup, kayu atau tanaman yang sudah mati, dan bahan makanan lain seperti humus, rumput, jamur, dan lain-lain. Umumnya rayap tidak menyerang pohon atau tanaman hidup, kecuali kebanyakan *Coptotermes*. Sedangkan kayu atau tanaman yang mati merupakan sumber makanan yang disenangi oleh kebanyakan rayap tingkat rendah dan rayap tinggi khususnya dari sub-famili *Macrotermitinae*, *Termitinae*, dan *Nasutitermitinae*. Mereka bersarang dalam kayu, makan kayu dan jika perlu menghabiskannya sehingga hanya lapisan luar kayu yang tersisa, dan jika ditekan dengan jari serupa menekan kotak kertas saja. Diantara komponen kayu di samping selulosa, hemiselulosa juga mengalami degradasi, sedangkan lignin tidak dapat dicerna walaupun mampu didegradasi. Koefisien pemanfaatan kayu oleh tiga jenis rayap disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pemanfaatan Kayu oleh Tiga Jenis Rayap Tanah

Komponen Kayu	Koefisien Pemanfaatan (%) pada :		
	<i>Kalotermes</i>	<i>Heterotermes</i>	<i>Nasutitermes</i>
	<i>flavikolis</i>	<i>indicola</i>	<i>apharatae</i>
Kayu	54-64	62-69	75-85
Selulosa	74-91	78-89	91-97
Lignin	2-26	14-40	42-52

Beberapa jenis rayap memperlihatkan tingkat kesukaan pada kayu yang telah diserang jamur. Jamur menghasilkan substansi yang menarik rayap dan memudahkan pencernaan. Bahkan beberapa jenis rayap sub-famili *Macrotermitinae* bersimbiosis dengan jamur (*Termitomyces*) sehingga dikelompokkan sebagai rayap pembuat kebun jamur (*fungusgrowing termites*) pada sarangnya (Gambar 16).



Gambar 16. Kebun jamur yang dibuat oleh rayap tanah *Macrotermes gilvus* (*Macrotermitinae*)

Sementara itu, rayap pemakan humus hanya berasal dari famili Termitidae kecuali sub famili Macrotermitinae. Beberapa genus rayap yang terdapat di Australia seperti *Ahamitermes* dan *Incotermes* memiliki ciri khas yaitu hidup sepenuhnya pada sarang *Coptotermes* dan makanannya adalah sarang karton (Cartoon nest) yang tersusun di dalam sarang *Coptotermes*.

Sumber makanan untuk kasta lain selain kasta pekerja, yaitu nimfa, prajurit, dan kasta reproduktif primer maupun neoten diperoleh dari kasta pekerja. Sumber makanan tersebut berupa makanan yang diberikan kasta pekerja melalui mulut (stomodeal feeding) atau melalui anus (proctodeal feeding). Bahan makanan pada anus depan yang diberikan melalui mulut dapat mengandung muntahan sederhana tapi di pihak lain sepenuhnya berupa cairan yang tersusun dari air liur (saliva). Kasta prajurit menerima muntahan berbentuk padatan sehingga pada dasarnya serupa dengan makanan pekerja. Pengecualian pada sub famili Termitinae dan Amitermitinae, kasta prajurit menerima makanan sepenuhnya dalam bentuk cairan.

Nimfa pada rayap tingkat rendah membutuhkan baik makanan yang diberikan melalui mulut maupun anus sampai nimfa tersebut mampu mencari makanan sendiri. Pada semua jenis rayap, kasta reproduktif mendapatkan makanan dalam bentuk cair atau saliva. Akibat perbedaan sumber makanan pada setiap kasta maka proses pencernaan dan penyerapannya juga berbeda-beda.

2. Pencernaan Rayap

Pencernaan dan penyerapan bahan makanan berlangsung pada saluran pencernaan yang dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu usus depan (stomadaeum), usus tengah (mesenteron), dan usus belakang (proctodeum). Pembagian ini menunjukkan diferensiasi fungsinya.

a. Usus Depan (foregut)

Usus depan tersusun oleh lapisan kutikula yang dikenal sebagai intima. Pada bagian luarnya terdapat sel epithalium yang ditutupi oleh selubung jaringan otot yang berkembang dengan baik. Usus depan *Cryptotermes* jika dipotong melintang berbentuk lingkaran dengan jari-jari 0.30-0.32 mikron dan ketebalan 0.04-0.07 mikron. Pada bagian dalam usus depan terdapat lingkaran kecil berjari-jari 0.14-0.16 mikron dan gastrocaeca dari usus tengah yang menyerupai bintang. Usus depan terdiri dari esophagus, tembolok, dan proventikulus. Esophagus merupakan saluran sempit yang memanjang sepanjang bagian tengah dan belakang thorak. Makanan yang masuk melalui mulut akan bertahan dalam tembolok karena adanya otot sirkular yang menahannya agar tidak masuk ke proventikulus yang dilengkapi oleh lapisan pelindung yang dibentuk dari kutikula. Proventikulus umumnya terpisah dari tembolok. Proventikulus juga berfungsi untuk menghancurkan makanan sebelum masuk ke dalam usus tengah.

b. Usus Tengah (Midgut)

Berbeda dengan usus depan, pada usus tengah tidak terdapat lapisan kutikula. Fungsi ini digantikan oleh membrane peritophik. Membrane ini muncul dari cincin sel yang terletak pada bagian awal usus tengah yang berisi khitin dan protein serta berfungsi untuk melindungi sel-sel kerusakan yang diakibatkan oleh isi dari usus. Usus tengah pada potongan melintang berbentuk elips dengan diameter terpanjang sebesar 0.76 mikron dan diameter tersempit 0.52 mikron serta ketebalan usus 0.08-0.18 mikron.

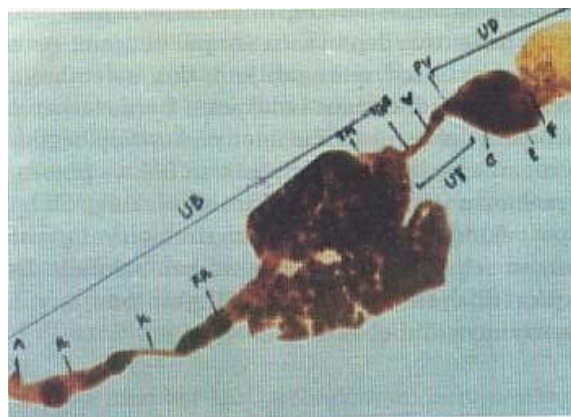
Usus tengah terdiri dari gastrocaeca dan ventrikulus. Bagian akhir usus tengah (post ventrikulus) merupakan daerah melekatnya sembilan filament ekskretori kecuali pada rayap *Mastotermes*. Dengan adanya gigi-gigi pembatas, post ventrikulus berfungsi menghambat makanan dan bahan lain kembali ke usus tengah.

c. Usus Belakang

Bagian terakhir dari saluran pencernaan rayap adalah usus belakang. Usus belakang terdiri dari lapisan kutikula tipis atau intima. Intima ini lebih tipis dan permeabel daripada lapisan kutikula usus depan. Sel epithelium usus belakang umumnya tipis dan berbatasan dengan jaringan serabut otot melingkar bagaimana pada usus tengah. Bagian terakhir adalah jaringan serabut otot membujur yang tidak berbatasan dengan sel epithelium.

Usus belakang merupakan bagian yang sangat besar dan kompleks dibandingkan dengan usus depan maupun usus tengah. Bagian ini terdiri dari kantung rektum, kolon, dan rektum. Kantung rektum berbentuk agak lonjong dan merupakan bagian terbesar dari usus belakang. Selanjutnya adalah kolon, yaitu bagian yang menyerupai tabung yang panjang dan merupakan bagian terkecil dari usus belakang. Bagian terakhir dari usus belakang adalah rektum yang merupakan daerah yang lebih besar daripada kolon dan lebih kecil dari kantung rektum. Rektum berperan dalam mengabsorpsi kembali air, garam dan asam-asam amino dari urine.

Pada rayap *M. gilvus* ketiga bagian usus jelas terlihat, dari mulut, faring, esophagus, tembolok, proventikulus, ventikulus, grastocaeca, tubulus malphighi, kantung rektum, kolon, rektum, dan berakhir di anus (Gambar 17).



Gambar 17. Saluran pencernaan rayap *M.gilvus* (Perbesaran 40 kali)

UD= Usus Depan	UT = Usus Tengah	UB = Usus Belakang
M = Mulut	F = Faring	E = Esophagus
C = Tembolok (crop)	PV = Proventikulus	V = Ventriculus
GC = Grastocaeca	TM= Tubulus Malpighi	P = Perut
KR= Kantung Rektum	K = Kolon	T = Rektum
A = Anus		

Waktu yang diperlukan untuk proses pencernaan makanan pada saluran pencernaan berbeda-beda diantara jenis rayap. Pada kasta pekerja *Microtermes edentus* proses pencernaan makanan berlangsung selama 24 jam (penyerapan makanan pada usus depan satu sampai dua jam; dan selebihnya proses pencernaan terjadi di usus belakang). Berdasarkan lamanya waktu proses pencernaan makanan pada setiap bagian saluran pencernaan tersebut dapat dipastikan bahwa proses pencernaan makanan utama terjadi di usus belakang. Di bagian ini terdapat sejumlah besar organisme simbiom yang mengeluarkan enzim selulase untuk menguraikan selulosa.

3. Hubungan Rayap dengan Organisme Simbiom

Semula agak mengherankan para pakar bahwa rayap mampu makan kayu dan menyerap selulosa karena manusia sendiri tidak mampu mencerna selulosa (bagian berkayu dari sayuran yang kita makan akan dikeluarkan kembali) sedangkan rayap mampu melumatnya dan menyerapnya sehingga sebagian besar kotoran (eksremen) hanya tinggal lignin saja. Keadaan ini menjadi jelas setelah ditemukan protozoa flagellate dalam usus belakang (terutama pada rayap tingkat rendah; *Mastotermitidae*, *Kalotermitidae*; *Rhinotermitidae*) yang ternyata berperan sebagai simbiom untuk menguraikan selulosa sehingga rayap mampu mencernanya. Bagi yang tidak memiliki protozoa, yaitu pada rayap tingkat tinggi (*Termitidae*) bukan protozoa yang berperan tetapi bakteri.

Rayap memberikan perlindungan berupa tempat yang anaerob dan makanan bagi organisme simbiom. Dipihak lain organisme simbiom menyumbangkan enzim selulase untuk pencernaan selulosa yang masuk ke dalam saluran pencernaan rayap. Rayap juga memanfaatkan hasil akhir dari metabolisme selulosa yang berupa asam asetat dan menggunakannya sebagai salah satu sumber energi. Oleh karena itu, rayap dan organisme simbiom membentuk suatu interaksi yang paling menguntungkan (simbiosis mutualisme). Di dalam usus rayap *C. curvignathus* ditemukan tiga genus flagellata yaitu *Pseudotrichonympha*, *Holomastigoitoides*, dan *Spirotrichonympha*.

4. Aktivitas Jelajah

Aktivitas jelajah merupakan bagian dari perilaku rayap untuk mencari sumber makanannya bila ada invasi mencari objek makanan juga menerobos di bagian dalam, jika perlu logam tipis dan tembok (apalagi plastik)

ditembusinya. Pada ruang-ruang yang terbuka aktivitas jelajah rayap ditandai oleh pembentukan liang-liang kembaran rayap yang melindungi aktivitasnya dari cahaya langsung.

Pada rayap proses penemuan sumber makanan tidak melalui proses visual mengingat rayap mempunyai mata yang vestigial (tidak berkembang). Oleh karena itu, rayap akan berjelajah secara acak. Rayap pekerja menyebar dari pusat sarang sampai menemukan sumber makanan yang sesuai dan kembali ke pusat sarang sambil meletakkan feromon penanda jejak (*trail laying pheromones*) sehingga rayap pekerja lain dapat menuju sumber makanan baru yang ditemukan. Selama tidak ada gangguan atau sumber makanan yang lebih disukai, rayap akan menggunakan sumber makanan tersebut hingga hampir habis.

Rayap yang menggunakan kayu sebagai sumber makanan dan sekaligus tempat hidupnya, umumnya memiliki aktivitas jelajah yang terbatas seperti pada genus *Neotermes* atau bahkan pada rayap kayu kering seperti *Cryptotermes* aktivitas jelajahnya sangat terbatas. Pada beberapa jenis rayap tanah dari famili *Rhinotermitidae* memiliki wilayah jelajah yang luas. Wilayah jelajah koloni rayap tanah *C. formosanus* mencapai 100 m² dengan individu rayap yang berjelajah mencapai 1-7 juta ekor. Pada rayap *Reticulitermes flavipes* jumlah rayap pada satu koloni yang berjelajah mencapai 0,2-5 juta ekor dengan jarak jelajah maksimum mencapai 79 meter.

Perbedaan wilayah jelajah dipengaruhi oleh sifat-sifat khas dari setiap jenis rayap, kemampuan bergerak, dan kualitas habitatnya. Koloni rayap yang hidup pada habitat yang baik, wilayah jelajahnya relatif lebih sempit. Sebaliknya, pada kualitas habitat yang rendah maka koloni rayap harus memperluas wilayah jelajahnya. Oleh karena itu, ketersediaan makanan, variasi mikro iklim di habitatnya, komposisi fisik habitat, resiko perjumpaan dengan pemangsa atau resiko serangga patogen merupakan faktor yang mempengaruhi aktivitas jelajah rayap.

Jumlah rayap yang berjelajah sangat ditentukan oleh jumlah individu rayap yang terdapat di dalam koloni (ukuran populasi). Ukuran populasi tersebut dipengaruhi oleh umur rata-rata maka keperediannya akan semakin tinggi sehingga ukuran meningkat. Disamping itu ukuran populasi ditentukan oleh daya dukung lingkungan. Pada kondisi dimana daya dukung lingkungan terbatas, ukuran populasi akan berkurang. Rayap akan bersifat kanibal yaitu sifat rayap yang memakan individu lain yang lemah. Perilaku ini merupakan satu mekanisme untuk mengatur keseimbangan koloni untuk mempertahankan eksistensi pada kondisi yang tidak menguntungkan.

LATIHAN

1. Berikan contoh sumber makanan mentah (*crude nutrient*)!
2. Bagaimana cara kasta lain selain kasta pekerja memperoleh makanan?
3. Sebutkan bagian-bagian pencernaan rayap!
4. Jelaskan bagaimana rayap dapat mencerna selulosa!

RANGKUMAN

1. Pada kasta reproduktif dan kasta pekerja kapsul kepala berbentuk oval atau agak bulat, sedangkan pada kasta prajurit seringkali kapsul kepala berbentuk oblong dan berukuran lebih besar
2. Mata majemuk berkembang dengan baik pada kasta reproduktif. Pada kasta pekerja dan nimfa kadang tidak terdapat mata majemuk dan ocelli. Jika terdapat mata majemuk maka mata tersebut belum berkembang seperti halnya pada kasta reproduktif. Pada kepala kasta pekerja dijumpai mata majemuk dan ocelli tetapi tidak berkembang dengan baik.
3. Bagian mulut rayap terdiri dari mandibel, labrum, maksila dan labium. Mandibel pada kasta prajurit memiliki bermacam-macam bentuk dan ukuran yang berbeda pada setiap genera sehingga merupakan salah satu karakteristik taksonomi yang penting
4. Thorak terdiri dari tiga segmen, yaitu prothorak, mesothorak, dan metathorak. Thorak memiliki bidang dorsal (notum), bidang ventral (sternum), dan bidang sisi lateral (pleura). Sayap merupakan pertumbuhan dorsoventral kulit dan ditunjang oleh satu seri pembuluh sederhana yang disusun dan tingkat perkembangannya bervariasi. Kaki terdiri dari beberapa segmen. Segmen kaki yang menempel pada thorak disebut coxa. Pada pasangan kaki kedua dan ketiga coxa terbagi dua bagian menjadi meron dan coxa. Sambungan segmen kaki selanjutnya yaitu femur
5. Permukaan tubuh rayap secara keseluruhan disebut integumen. Sebagai kerangka, integumen merupakan satu-satunya struktur yang memberikan bentuk tubuh rayap. Abdomen kasta reproduktif terdiri dari sepuluh segmen dengan sekelompok lempeng yang mengalami penebalan, disebut tergite di bagian atas dan sternite di bagian bawah. Pada rayap jantan (raja) sternite ketujuh tidak membesar dan sternite kedelapan dan kesembilan ukurannya mengalami reduksi. Bentuk abdomen nimfa muda, pekerja, dan prajurit hampir serupa dengan abdomen kasta reproduktif.
6. Kutikula merupakan hasil sekresi epidermis yang menutupi bagian luar maupun pada lapisan pelekukan ke dalam ektoderm (stomodaeum, proktodaeum, rambut, sisik, dan taraxea. Pada tubuh rayap kutikula sangat penting dalam mencegah dehidrasi dari permukaan tubuh.
7. Secara umum sumber makanan rayap dikelompokkan menjadi sumber makanan mentah (*crude nutrient*) dan sumber makanan yang berasal dari kasta pekerja. Sumber makanan untuk kasta lain selain kasta pekerja, yaitu nimfa, prajurit, dan kasta reproduktif primer maupun neoten diperoleh dari kasta pekerja berupa makanan yang diberikan kasta pekerja melalui mulut (stomodaeal feeding) atau melalui anus (*proctodaeal feeding*).
8. Pencernaan dan penyerapan bahan makanan oleh rayap berlangsung pada saluran pencernaan yang dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu

usus depan (*stomadaeum*), usus tengah (*mesenteron*), dan usus belakang (*proctodeum*).

9. Organisme simbiosis menyumbangkan enzim selulase untuk pencernaan selulosa yang masuk ke dalam saluran pencernaan rayap. Rayap juga memanfaatkan hasil akhir dari metabolisme selulosa yang berupa asam asetat dan menggunakannya sebagai salah satu sumber energi.
10. Aktivitas jelajah merupakan bagian dari perilaku rayap untuk mencari sumber makanannya bila ada invasi mencari objek makanan. Perbedaan wilayah jelajah dipengaruhi oleh sifat-sifat khas dari setiap jenis rayap, kemampuan bergerak, dan kualitas habitatnya. Jumlah rayap yang berjelajah sangat ditentukan oleh jumlah individu rayap yang terdapat di dalam koloni (ukuran populasi).

TES FORMATIF

1. Sebutkan ciri-ciri kepala kasta reproduktif, kasta prajurit dan kasta pekerja!
2. Coba saudara sebutkan perbedaan abdomen kasta reproduktif jika dibandingkan abdomen kasta lainnya!
3. Apa fungsi integumen pada tubuh rayap?
4. Sebutkan sumber-sumber makanan rayap yang saudara ketahui!
5. Bagaimana sifat hubungan rayap dengan organisme simbiosis? Jelaskan secara singkat!
6. Apa saja yang saudara ketahui tentang aktivitas jelajah rayap dan faktor apa saja yang mempengaruhi wilayah jelajahnya, jelaskan!

DAFTAR PUSTAKA

- Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- Tarumingkeng, Rudi. 2004. Biologi dan Perilaku Rayap. File : www.htm Biologi dan Perilaku Rayap. 5/21/2004.
- Nandika, Rismayadi dan Diba. 2003. Rayap Biologi dan Pengendaliannya. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

BAB VII. EKOLOGI DAN SISTEM SARANG RAYAP

Aktivitas rayap di suatu daerah dipengaruhi oleh berbagai faktor; seperti tanah, tipe vegetasi, faktor iklim dan ketersediaan air. Di dalam ekosistemnya, rayap merupakan mata rantai yang menghubungkan siklus *biogeochemical* (dekomposer bahan organik) yang sangat penting, seperti siklus karbon, oksigen, nitrogen, sulfur dan fosfor. Selain itu, rayap juga dapat menghasilkan senyawa anti mikroba untuk melindunginya dari musuh alami.

Kemampuan rayap melakukan adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan menyebabkan penyebaran rayap di dunia menjadi sangat luas. Di daerah tropika, rayap ditemukan mulai dari pantai sampai ketinggian 3.000 m di atas permukaan laut. Penyebaran ke daerah temperate telah berlangsung sehingga mencapai batas 50° LU dan 50° LS. Sekarang, rayap menjadi serangga yang mudah dijumpai, hampir semua tipe ekosistem termasuk di lingkungan pemukiman.

Membuat sarang dan hidup di dalam sarang merupakan karakteristik dari serangga sosial. Beberapa jenis rayap membuat sarangnya dalam bentuk lorong- lorong di dalam kayu atau lorong-lorong di dalam tanah, tetapi pada jenis rayap tertentu sarangnya berbentuk bukit dengan konstruksi sarang yang kokoh dan sangat luas. Sebagai contoh dua famili rayap yang sangat primitif, yaitu Kalotermitidae dan Termopsidae melanjutkan gaya hidup leluhurnya, dengan membuat liang gerakan di kayu. Rayap Kalotermitidae membuat liang gerakan di kayu kering, sedangkan rayap dari Termopsidae membuat liang gerakan di kayu lembab. Sementara itu, Termitidae membuat konstruksi sarang berbentuk bukit.

Sarang berfungsi tidak saja sebagai tempat rayap kawin (ratu dan raja) tetapi juga sebagai tempat memperbanyak anggota koloni yang dihasilkan pasangan rayap tersebut. Lebih dari itu sarang dibuat untuk melindungi mereka terhadap lingkungan luar yang lebih ekstrim. Kehidupan di dalam sistem sarang inilah yang menyebabkan serangga ini berhasil hidup di daerah tropika atau di daerah yang beriklim temperate karena di dalam sarang terdapat suatu sistem pengendalian iklim mikro sehingga kondisi optimum bagi kehidupan rayap dapat dipertahankan. Ruangan-ruangan yang terdapat di dalam sarang juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan makanan seperti pada dinding bagian dalam sarang rayap *Nasutitermes* dan *Microtermes* dapat berfungsi sebagai sumber makanan. Bahkan sumber makanan dapat dibuat sendiri di dalam sarang dengan menanam sejenis jamur *Termitomyces* sehingga ruangan tersebut dikenal sebagai kebun jamur.

Setelah mempelajari bab ini diharapkan :

1. Mahasiswa dapat menjelaskan tipe tanah yang disukai rayap dan pengaruh sarang rayap terhadap tipe vegetasi dan bahan organik di sekitarnya.
2. Mahasiswa dapat menjelaskan faktor lingkungan yang mempengaruhi koloni rayap dan mengetahui musuh-musuh alami rayap.

3. Mahasiswa dapat menjelaskan bahan-bahan pembentuk sarang rayap dan proses pembentukannya.
4. Mahasiswa dapat menyebutkan bagian-bagian sarang rayap dan tipe-tipe sarang rayap.
5. Mahasiswa dapat menjelaskan tipe-tipe rayap berdasarkan sarangnya.

A. Ekologi Rayap

1. Tipe Tanah

Tanah bagi rayap berguna sebagai tempat hidup dan dapat mengisolasi rayap dari suhu serta kelembaban yang sangat ekstrim. Keberadaan jenis rayap tertentu dapat meningkatkan kesuburan tanah, karena aktivitas rayap dapat mengubah profil tanah, mempengaruhi tekstur tanah dan pendistribusian bahan organik.

Rayap hidup pada tipe tanah tertentu. Namun, secara umum rayap tanah lebih menyukai tipe tanah yang banyak mengandung liat. Serangga ini tidak menyukai tanah berpasir karena tipe tanah ini memiliki kandungan bahan organik yang rendah. Hanya beberapa jenis rayap yang hidup di daerah padang pasir diantaranya adalah *Amitermes* dan *Psammotermes*. Rayap lainnya, seperti *Trinervitermes* hidup pada tanah pasir yang terbuka dan memiliki sifat semi kering dan basah. Pada areal berpasir, rayap dapat meningkatkan infiltrasi air dan mengembalikannya ke bagian atas tanah.

2. Tipe Vegetasi

Rayap mampu memodifikasi profil dan sifat kimia tanah sehingga menyebabkan terjadinya perubahan vegetasi. Sebagai contoh, disekitar rayap *Macrotermes* cenderung lebih banyak mengandung silika sehingga menyebabkan hanya jenis-jenis tumbuhan tertentu yang dapat tumbuh di atas sarang rayap tersebut.

Sarang rayap *Anoplotermes paciticus* yang terdapat di dalam tanah dapat dilubangi oleh akar-akar tanaman. Akar-akar tanaman tersebut dimakan oleh rayap, tetapi tidak menyebabkan tanaman tersebut mati, karena sebagian besar akar yang tidak dimakan oleh rayap dapat menyerap bahan-bahan organik yang terdapat di dalam sarang rayap. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara rayap dan tumbuhan yang sama-sama menggunakan tanah sebagai tempat hidup.

Koloni rayap yang sangat besar, misalnya *Macritermes*, di dalam habitat savanna dapat memindahkan lebih dari satu ton vegetasi setiap tahun. Oleh karena itu, koloni *Macrotermes* mampu membuat sarang dan menciptakan kondisi permukaan tanah yang berbeda. *Hodotermes* di daerah gurun Afrika Selatan berperan sangat penting dalam proses siklus nutrient tanah. Di daerah tersebut, pertumbuhan tanaman sangat didukung oleh adanya rayap karena rayap membawa air ke daerah tumbuh tanaman sehingga ketersediaan air bagi pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik.

3. Bahan Organik dan Mineral Tanah

Rayap dan keberadaan sarangnya di dalam tanah akan mempengaruhi bahan organik dan mineral tanah, seperti nitrogen, mineral, infiltrasi air, dan produksi metana.

a. Nitrogen

Dalam sarang *Macrotermes*, kation nitrogen dan phosphor meningkat, sedangkan karbon dilepaskan ke udara dalam bentuk karbondioksida dan metana.

b. Mineral

Akumulasi mineral yang disebabkan oleh aktivitas rayap tanah sangat penting, khususnya pada daerah padang pasir. Pada sarang *Anacanthotermes* ditemukan kandungan garam yang sangat tinggi. Demikian juga pada tempat ratu, terdiri dari tanah yang sangat keras, dan merupakan tempat akumulasi mineral, seperti silika, aluminium, kalsium, besi magnesium, kromium, serta vanadium. Di dalam sarang rayap *Odontotermes* kandungan mineral yang cukup tinggi adalah peroksida, aluminium oksida, dan kalsium karbonat.

Beberapa material akan tetap terikat di dalam tanah dan akan lepas apabila sarang dihancurkan. Di musim hujan, air akan masuk ke dalam 'bukit' sarang *Macrotermes* sehingga banyak mineral yang terkandung didalamnya terbawa oleh air, kemudian berpindah ke tanah sekelilingnya. Jika terjadi kebakaran, lepasnya nutrisi dari sarang rayap akan lebih cepat dibandingkan areal sekitarnya.

c. Infiltrasi Air

Liang kembara rayap dapat mempengaruhi pergerakan air di dalam tanah. Liang kembara dan sarang dapat meningkatkan jumlah udara dan air di dalam tanah bagian atas dan bagian bawah, fraksi debu pada sarang rayap mempunyai kemampuan menyerap air lebih baik dibandingkan tanah disekelilingnya. Melalui peningkatan kapasitas air tanah, rayap juga memberikan peluang untuk masuknya mikroorganisme tanah lain dan mempermudah penyebaran akar-akar tanaman.

Kehadiran rayap juga dapat mempengaruhi mikrotopografi tanah, baik pada tanah dataran tinggi maupun dataran rendah. Hal tersebut akan mempengaruhi laju infiltrasi tanah secara keseluruhan.

d. Produksi Gas Metana

Gas metana yang dihasilkan oleh rayap mempunyai kontribusi penting pada efek rumah kaca yang menyebabkan meningkatnya pemanasan temperatur global. Rayap dapat menghasilkan gas metana seperlima dari yang terdapat di dunia. Setiap kayu dan humus yang dimakan oleh rayap merupakan penyebab dihasilkannya gas metana. Hutan tropis memiliki persediaan kayu dan humus yang sangat tinggi. Oleh karena itu, hutan tropis menghasilkan gas metana yang lebih tinggi dibandingkan tipe hutan lainnya. Gas metana yang diproduksi akan semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya kelimpahan bakteri atau flagellata di dalam saluran pencernaan rayap tersebut.

4. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang mempengaruhi perkembangan populasi rayap meliputi curah hujan, suhu, kelembaban, ketersediaan makanan, dan musuh alami. Faktor-faktor tersebut saling berinteraksi dan saling mempengaruhi satu sama lain. Perubahan kondisi lingkungan menyebabkan perubahan perkembangan, aktivitas, dan perilaku rayap.

a. Curah Hujan

Curah hujan merupakan pemicu perkembangan eksternal dan berguna untuk merangsang keluarnya kasta reproduksi dari sarang. Laron tidak keluar jika curah hujan rendah. Pada musim panas, beberapa jenis rayap, seperti *Macrotermes* membangun liang-liang kembara lebih dalam dari permukaan tanah. Namun demikian, curah hujan yang terlalu tinggi dapat juga menurunkan aktivitas wilayah jelajah rayap.

Pada koloni *Neotermes tectonae* pengaruh curah hujan secara langsung sangat sedikit, mengingat rayap ini bersarang di dalam kayu yang melindunginya dari terpaan curah hujan. Curah hujan memberikan pengaruh tidak langsung melalui perubahan kelembaban dan kadar air kayu. Pengaruh langsung curah hujan pada *N. tectonae* terjadi pada saat penerbangan laron (*swarming*).

b. Kelembaban

Perubahan kelembaban sangat mempengaruhi aktivitas jelajah rayap, pada kelembaban yang rendah, rayap bergerak menuju daerah dengan suhu yang lebih rendah. Namun demikian, rayap memiliki kemampuan untuk menjaga kelembaban di dalam liang-liang kembaranya sehingga tetap memungkinkan rayap bergerak ke daerah yang lebih kering. Di pihak lain, jika permukaan air tanah rendah, serangga ini hanya sedikit dipengaruhi perubahan iklim termasuk kelembaban.

Rayap tanah seperti *Coptotermes*, *Macrotermes*, *Odontotermes*, dan lain-lain memerlukan kelembaban yang tinggi. Perkembangan optimumnya dicapai pada kisaran kelembaban 75-90%. Sebaliknya, pada rayap kayu kering *Cryptotermes* tidak memerlukan air atau kelembaban dalam jumlah yang tinggi.

c. Suhu

Pengaruh suhu terhadap serangga terbagi menjadi beberapa kisaran. Pertama, suhu maksimum dan minimum, yaitu kisaran suhu terendah atau tertinggi yang dapat menyebabkan kematian pada serangga; kedua adalah suhu estivasi atau hibernasi, yaitu kisaran suhu di atas atau di bawah suhu optimum yang dapat mengakibatkan serangga mengurangi aktivitasnya atau dorman; dan ketiga adalah kisaran suhu optimum. Pada sebagian besar serangga kisaran suhu optimum adalah 15-38%.

Suhu dan kelembaban juga mempengaruhi kondisi vegetasi yang pada gilirannya mempengaruhi rayap disekitarnya. Di tempat terbuka di mana sinar matahari langsung menembus permukaan tanah pada tengah hari hingga awal sore hari ketika suhu berada pada puncaknya, rayap sering

berada di bawah tanah atau berada di dalam sarang. Namun mereka dapat tetap berada dipermukaan tanah bila terdapat naungan yang besar yang menciptakan suhu optimum (thermal shadow).

Mekanisme pengaturan suhu pada sarang rayap dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

- Dengan cara isolasi, yaitu dengan membangun sarang yang tebal, gudang makanan, dan ruang lain di sekitar sarang. Dengan isolasi ini suhu sarang menjadi terkontrol dan transfer panas dari luar ke dalam sarang diperlambat;
- Pengaturan suhu dengan cara mengatur arsitektur sarang (termoregulasi). Dengan adanya thermoregulasi suhu antar ruangan sarang dapat berbeda-beda dan mampu dikendalikan oleh rayap dan;
- Dengan mempertahankan kandungan air tanah penyusun sarang. Pada jenis rayap pembuat kebun, metabolisme makanan yang dikumpulkan dari kebun jamur (fungus-comb) mampu menghasilkan karbondioksida, panas dan air. Panas yang dihasilkan dapat memelihara suhu sarang sehingga suhu dapat dipertahankan pada kisaran optimum, yaitu 29-32°C.

5. Musuh Alami

Rayap merupakan serangga sosial yang memiliki kepekaan yang tinggi dalam mendeteksi musuh-musuh alaminya. Musuh alami rayap dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu predator, parasit, dan patogen. Dalam siklus hidupnya, fase rayap yang paling rentan terhadap serangan predator dan parasit adalah pada saat laron terbang (swarming), baik predator di dalam sarang rayap dan predator di luar sarang rayap.

a. Musuh Alami Laron

Ketika laron melakukan penerbangan dan keluar dari sarang untuk membentuk koloni baru, predator siap memangsa. Predator utama laron saat bersialang (swarming) adalah burung pemakan serangga, kelelawar, dan capung. Laron yang tidak terbang mendekati permukaan air danau atau permukaan air sungai, banyak yang menjadi korban santapan ikan, katak, dan bahkan buaya.

Ketika laron telah menemukan pasangannya, sepasang laron tersebut akan mencari tempat di dalam kayu atau di dalam tanah, sehingga dapat membentuk koloni baru. Pada kondisi ini, laron mudah dimakan oleh semut, katak, serta laba-laba. Semut yang menjadi predator khusus dari rayap adalah *Centromyrmex* sp, *Acanthostichus* sp, *Megaponera* sp, *Ophthalmopone* sp, *Termitopone* sp dan *Carebara* sp. Serangga ini memiliki kemampuan yang tinggi untuk menyerang, merampok, dan menduduki sarang-sarang rayap, terutama sarang rayap yang tidak dijaga dengan baik oleh kasta prajuritnya.

b. Predator dan Parasit Rayap di dalam Sarang

Predator rayap yang berada di dalam sarang terutama dari kelompok mamalia dan reptilian yang berbadan besar seperti kera, beruang, landak, trenggiling, tupai, dan buaya darat. Binatang tersebut akan melakukan

penggalian tanah dan merusak sarang rayap.

Penyamaran kimiawi (*chemical camouflage*) merupakan suatu strategi yang digunakan oleh serangga predator untuk melakukan penetrasi ke sarang rayap. Penyamaran kimiawi oleh serangga predator dapat dilakukan melalui beberapa cara, antara lain:

- Serangga predator memiliki profil hidrokarbon dari lipid kutikulanya yang secara kualitatif identik dengan lipid kutikula yang dimiliki mangsanya, misalnya, kumbang predator *Trichopsenius frostii* (Coleoptera: Staphylinidae) dengan rayap *Reticulitermes flavipes* sebagai mangsanya
- Serangga predator melakukan mimiki kimiawi yang dapat diterima oleh mangsanya, misalnya, semut predator *Hypoponera eduardi* (Hymenoptera: Formicidae) dengan rayap *Reticulitermes santonensis* dan *R. grassei* sebagai mangsanya
- Serangga predator rayap yang memiliki banyak kelenjar untuk menghasilkan senyawa alcohol alifatik, yaitu senyawa 3 oktanol dan senyawa 2-undekanol. Senyawa tersebut menghambat rayap melepaskan senyawa peringatan dininya (alarm feromon) pada saat predator memasuki galeri liang kembara rayap yang menjadi mangsanya
- Serangga predator dari jenis semut tertentu mengsekresikan suatu senyawa (dari mandibelnnya) yang menyebabkan rayap (mangsanya) tidak mampu mengenali predator itu (musuhnya).

c. Predator Rayap di Luar Sarang

Beberapa anthropoda yang dikenal sebagai pemangsa rayap meliputi laba-laba, cricket, capung, lalat, centipedes, kecoak, mantidae, tabuhan, dan beberapa vetebrata pemangsa, seperti ikan, kodok, ular, cecak, burung, dan mamalia kecil. Beberapa jenis tungau (acarina) ditemukan memarasit rayap diantaranya famili Acaridae (*Cosmoglypus*, *Forcellina*, *Froriepia*, *Lasioacarus*, *Ocellacarus*, *Rettacarus*, *Sancassana*, *Tyrophagus*) dan pada famili Histiostomatidae (*Histiostoma*) dan famili Suidasiidae (*Lemaniella*).

Binatang mamalia, yaitu : kelelawar pemakan serangga (Chiroptera), serigala (*Vulpes bengalensis* Shawa), beruang pohon (*Melursus ursinus* Shaw), beruang hitam (*Selenarctos thibetanus* G. Cuvier), trenggiling (*Manis crassicaudata* Geof. St. Hilaire). Di Australia, rayap pekerja dan prajurit yang berada di luar sarang merupakan makanan utama dari binatang berkantung *Mrymecobius fasciatus*.

Sementara itu, beberapa patogen yang dapat mengakibatkan kematian pada *Reticulitermes flavipes* dan *Nasutermes* sp melalui pengujian di laboratorium adalah beberapa jenis jamur patogenik seperti *Entomophthora apihidis* dan *Sporotirchum globuliferum*. Namun belum demikian belum pernah ditemukan rayap yang mati terserang oleh patogen-petogen tersebut di alam.

LATIHAN

1. Apakah tumbuhan dapat hidup disekitar sarang rayap, jelaskan!
2. Jelaskan pemekanisme pengaturan suhu pada sarang rayap!
3. Sebutkan predator rayap di luar sarang!

B. SISTEM SARANG RAYAP

1. Bahan Pembentuk Sarang

Bahan yang digunakan untuk membangun sarang sangat tergantung pada makanan dan bahan yang tersedia di habitatnya. Tanah, kotoran, dan sisa tumbuhan serta air liur merupakan bahan utama untuk pembuatan sarang mereka. Sedangkan, pada *Coptotermes* dan anggota *Rhinotermitidae* lainnya menggunakan selulosa yang tidak tercerna dan sebagian sisa pencernaan untuk membangun dan memperluas sarang mereka. Selulosa ini dicampur dengan partikel-partikel tanah dan dibasahi dengan air liur untuk selanjutnya digunakan sebagai pembentuk dinding dan ruangan-ruangan di dalam sarang. Kotoran rayap (faeces) digunakan selain untuk membangun sarang, juga digunakan untuk menutup kembali lubang yang digunakan oleh laron (alates) terbang ke luar dari sarang. Faeces cair yang digunakan untuk membangun penghalang di dalam dan di sekitar sarang guna memperlancar pergerakan udara dan memperkuat pertahanan terhadap musuh alaminya.

a. Partikel Tanah

Partikel tanah yang seringkali digunakan untuk membangun sarang dan merupakan komponen yang dominan dapat diklasifikasikan menurut ukurannya, yaitu kerikil > 2.00 mm, pasir kuarsa 2.0-0.2 mm, pasir halus 0.2-0.02mm, Lumpur 0.02-0.002 mm, dan liat < 0.002 mm. Komposisi ukuran partikel tanah ini berbeda-beda untuk setiap sarang untuk jenis-jenis rayap yang berbeda.

Partikel tanah yang digunakan untuk membangun sarang dibawa rayap dengan dua cara. Pertama adalah partikel tanah, terutama fraksi yang lebih halus dicerna dan dimuntahkan kembali (regurgitasi) atau diekresikan kembali. Cara regurgitasi ini dilakukan oleh kebanyakan jenis rayap. Cara yang lain adalah dengan mengeluarkan partikel tanah ini melalui pencernaan, tetapi cara ini hanya dilakukan oleh rayap pemakan humus.

b. Bagian Tumbuhan

Bahan yang berasal dari bagian tumbuhan seperti kayu dan rumput kadang-kadang ditemukan pada sarang rayap, tetapi dalam jumlah yang terbatas. Bahan tersebut dicerna atau dihancurkan terlebih dahulu kecuali pada beberapa jenis rayap seperti *Globitermes*.

c. Air Liur

Rayap menggunakan air liur sebagai perekat atau semen untuk menggabungkan bahan-bahan pembentuk sarang lainnya. Beberapa jenis rayap umumnya menggunakan air liur lebih sedikit dibandingkan dengan

kotorannya (eksremen) seperti pada rayap *Coptotermes*, *Microtermes*, dan *Nasutitermes*. Sebaliknya, pada rayap *Macrotermes* penggunaan air liur jauh lebih banyak.

d. Kotoran (Eksremen) Rayap

Kotoran rayap juga dapat digunakan sebagai perekat dalam pembuatan sarang. Bahkan hanya pada rayap dari sub-famili *Macrotermitinae* yang tidak menggunakan kotoran sebagai bahan untuk membangun sarangnya. Pada *Coptotermes*, kotoran rayap merupakan komponen utama dalam membangun sarang yang disebut dengan istilah khusus yaitu 'karton'.

2. Proses Pembentukan Sarang

Pembentukan sarang merupakan bentuk evolusi dari sistem pertahanan rayap terhadap musuh alaminya yaitu dengan menggunakan kotoran (faeces)nya sebagai penghambat gerakan musuh alaminya. Strategi mempertahankan diri seperti itu, saat ini masih dapat ditemukan pada beberapa rayap yang hidup di dalam kayu. Sepasang laron *Cryptotermes* membuat penghalang pada lubang gerakan (setelah sepasang laron ini berada di dalam kayu) dengan butiran-butiran kotorannya. Rayap *Zootermopsis* menggunakan partikel kotoran sebagai penghalang disekitar sarang untuk menghambat aliran udara luar dan pemangsanya.

Proses pembentukan sarang diawali dengan pemilihan habitat di mana sarang akan dibangun, kemudian bahan pembentuk sarang seperti partikel tanah dan kotoran ditempatkan di tempat tersebut dengan menggunakan alat mulutnya. Selanjutnya, partikel-partikel tanah dibentuk menjadi tiang-tiang (pilar) yang melengkung. Proses pembentukan sarang tersebut diduga dikendalikan oleh senyawa feromon yang dikeluarkan bersama dengan air liur rayap pekerja dan dari lemak tubuh (*fat body*) ratu.

Secara umum pembentukan sarang dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- melalui penggalian (excavation) yang diikuti dengan pembuatan lorong atau lubang di dalam tanah atau kayu. Cara inilah yang dilakukan jenis-jenis rayap tingkat rendah (*Kalotermitidae* dan *Termopsidae*); dan
- Dengan membangun struktur sarang secara bertahap (construction), yaitu membuat dinding dari tanah atau faces kemudian dipleset dengan air liur rayap pekerja. sarang ini lebih mudah dilihat dan diketahui dibandingkan bentuk sarang pertama dan umumnya dibangun oleh rayap *Termitidae*.

Ukuran sarang dapat terus berubah sejalan dengan berkembangnya jumlah individu rayap di dalam koloni. Penambahan ukuran sarang rayap dilakukan dengan cara membangun konstruksi sarang tambahan atau membentuk kontruksi baru yang disebut sarang polikalik atau kalis.

Pada rayap yang membentuk sarang bukit, rayap membentuk sistem ventilasi untuk mengatur sirkulasi udara di dalam sarang. Aliran udara pada sarang rayap mengalir melalui bagian dasar sarang yang mendinginkan

bagian atas sarang, atau pada tipe sarang tertentu aliran udara dapat melalui lubang-lubang pada permukaan gundukan tanah bagian atas. Pada awalnya hanya sekelompok kecil rayap dari suatu koloni yang membangun sarangnya dengan struktur sederhana. Kemudian pada tahap berikutnya individu-individu rayap lainnya bergabung ke kelompok kecil ini untuk melanjutkan proses pembentukan sarang.

3. Bagian-Bagian Saran

Struktur sarang rayap dapat dibagi menjadi empat bagian, yaitu **endoecie**, **pericie**, **exoecie**, dan **paraecie**.

a. Endocie

Endocie terdiri-dari ruangan tempat pasangan raja dan ratu (queen chamber), ruangan-ruangan tempat telur-telur diletakkan dan nimfa diperlihara. Pada beberapa jenis rayap, endoecie digunakan sebagai tempat menyimpan makanan dan melakukan budidaya jamur.

Sarang rayap yang berada dipermukaan tanah, ruang khusus untuk pasangan raja dan ratu, ruang nimfa, dan ruang rayap kasta pekerja yang melayani raja atau ratu, disebut nursery atau habitacle atau hive. Ruang khusus ini dikelilingi dengan ruang-ruang lain dan dihuni oleh banyak rayap kasta pekerja dan rayap kasta prajurit, yang bertugas untuk melindungi raja dan ratu.



Gambar 18. Ruang raja dan ratu (*Queen Chamber*) (a) dan ruang peletakan telur (b) dalam sarang sayap *Macrotermes gilvus* Hagen

b. Periecei

Periecei terdiri dari jaringan lorng-lorong yang menghubungkan ruang-ruang tepi dengan tempat sumber makanan dan tempat bahan-bahan untuk membangun sarang, termasuk lorong-lorong di bawah tanah yang berada di atas permukaan tanah. Galeri atau liang kembara yang tertutup digunakan untuk melindungi kasta pekerja terhadap pemangsa (terutama semut) dan terhadap kekeringan pada keadaan udara hangat dan kering.

c. Exoecie

Exoecie merupakan sistem rongga di luar endoecie dan periecei. Rongga-rongga ini terbuka pada bagian luarnya, tetapi tidak ada hubung yang tetap

dengan endoecie atau periecie. Exoecie hanya ditemukan pada Macrotermitinae dan fungsinya belum diketahui secara pasti.

d. Paraecie

Pataecie yaitu ruang terbuka dan kosong yang sering ditemukan antara sarang rayap tanah dengan tanah disekitarnya. Pada sarang rayap yang berada di atas permukaan tanah, sering ditemukan ruang di antara dinding luar dengan *nursery*, atau disebut ruang-ruang tepi.

4. Tipe-Tipe Sarang

Sarang rayap terbagi atas beberapa tipe, secara umum dapat dibedakan menjadi sarang rayap di dalam kayu, sarang rayap arboreal yang berasosiasi dengan pohon, sarang rayap subeteran (sarang karton), dan sarang rayap membentuk bukit.

a. Sarang rayap di dalam kayu

Rayap kayu kering *Cryptotermes* membangun sarangnya di dalam kayu. Jumlah individu anggota koloni ini hanya beberapa ratus individu sehingga luas sarang umumnya sangat terbatas. Liang-liang yang terdapat pada sarang rayap ini sejajar dengan serat kayu. Sementara itu, rayap membuat sarang arboreal yang umumnya dijumpai adalah rayap pohon dari genus *Neotermes* dan *Nasutitermes*. Sarang para rayap ini banyak ditemukan pada bagian batang atau cabang pohon pada ketinggian tertentu (gambar 19).



Gambar 19. Tipe sarang arboreal, *Nasutitermes* spp.

b. Sarang karton

Sementara itu, rayap tanah (subterranean termite) khususnya genus *Coptotermes* membentuk tipe sarang karton. Sarangga tersebut dapat pula membangun sarang- sarang antara (*satellite nest*) sehingga dapat memperluas sarang sekaligus wilayah jelajahnya.



Gambar 20. Tipe sarang karton (*Cartoon nest*), *Coptotermes* spp.

c. Sarang bukit

Sementara itu, tipe sarang bukit umumnya dibangun Termitidae. Tipe sarang ini dapat mencapai tinggi beberapa meter, bahkan di beberapa negara Afrika tidak jarang dijumpai sarang dengan tinggi lebih dari sepuluh meter dan lebar 0,9 – 2,2 meter. Sarang *Macrotermes* umumnya memiliki kandungan bahan penyusun berupa partikel tanah dengan kandungan fisik liat yang tinggi sehingga konstruksinya sangat kuat. Dibagian dalam sarang rayap tersebut banyak dijumpai kebun jamur sebagai sumber makanan (Gambar 21).



Gambar 21. Tipe sarang 'bukit', *Macrotermes gilvus* Hagen

Seringkali kelimpahan sarang rayap ini digunakan sebagai indikator kesuburan khususnya sebagai indikator ketersediaan karbonorganik dan nitrogen di dalam tanah.

5. Tipe Rayap Berdasarkan Sarangnya

Berdasarkan lokasi sarang utama atau tempat tinggalnya, rayap perusak kayu dapat digolongkan dalam tipe-tipe berikut:

a. Rayap pohon

Yaitu jenis-jenis rayap yang menyerang pohon yang masih hidup, bersarang dalam pohon dan tak berhubungan dengan tanah. Contoh yang khas dari rayap ini adalah *Neotermes tectonae* (famili *Kalotermitidae*),

hama pohon jati.

b. Rayap kayu lembab

Golongan rayap yang menyerang kayu mati dan lembab, bersarang dalam kayu, tak berhubungan dengan tanah. Contoh: Jenis-jenis rayap dari genus *Glyptotermes* (*Glyptotermes* spp., famili Kalotermitidae).

c. Rayap kayu kering

Golongan rayap yang biasa menyerang kayu kering hidup dalam kayu mati yang telah kering. Hama ini umum terdapat di rumah-rumah dan perabot-perabot seperti meja, kursi dsb. Sarangnya terletak di dalam kayu dan tidak mempunyai hubungan dengan tanah. Rayap kayu kering dapat bekerja dalam kayu yang mempunyai kadar air 10-12% atau lebih rendah. Tanda serangannya adalah terdapatnya butir-butir ekskremen kecil berwarna kecoklatan di sekitar kayu yang di serang. Contoh *Cryptotermes* spp. (famili Kalotermitidae).

d. Rayap subteran

Adalah golongan rayap yang umumnya hidup di dalam tanah yang mengandung banyak bahan kayu yang telah mati atau membusuk, tunggak pohon baik yang telah mati maupun masih hidup. Rayap ini dapat juga menyerang bahan-bahan di atas tanah karena selalu mempunyai terowongan pipih yang terbuat dari tanah yang menghubungkan sarang dengan benda yang diserangnya. Untuk hidupnya mereka selalu membutuhkan kelembaban yang tinggi, serta bersifat **Cryptobiotic** (menjauh sinar). Di Indonesia rayap subteran yang paling banyak merusak adalah jenis-jenis dari famili Rhinotermitidae. Terutama dari genus *Coptotermes* (*Coptotermes* spp.) dan *Schedorhinotermes*. *Coptotermes* mampu untuk bersarang di dalam kayu yang diserangnya, walaupun tidak ada hubungan dengan tanah, asal saja sarang tersebut sekali-kali memperoleh lembab, misalnya tetesan air hujan dari atap bangunan yang bocor.

e. Rayap tanah

Jenis-jenis rayap tanah di Indonesia adalah dari famili Termitidae. Mereka bersarang dalam tanah terutama dekat pada bahan organik yang mengandung selulosa kayu, serasah dan humus. Contoh-contoh Termitidae yang paling umum menyerang bangunan adalah *Macrotermes* spp. (terutama *M. gilvus*) *Odontotermes* spp. Dan *Microtermes* spp. Jenis-jenis rayap ini sangat ganas, dapat menyerang obyek-obyek berjarak samapai 200 meter dari sarangnya. Untuk mencapai kayu sasarannya mereka bahkan dapat menembus tembok yang tebalnya beberapa cm, dengan bantuan enzim yang dikeluarkan dari mulutnya.

LATIHAN

1. Sebutkan bahan-bahan yang digunakan dalam membuat sarang!
2. Secara umum pembentukan sarang dilakukan dengan dua cara, sebutkan!
3. Apa yang dimaksud dengan periecei!

RANGKUMAN

1. Secara umum rayap tanah lebih menyukai tipe tanah yang banyak mengandung liat. Keberadaan jenis rayap tertentu dapat meningkatkan kesuburan tanah, karena aktivitas rayap dapat mengubah profil tanah, mempengaruhi tekstur tanah dan pendistribusian bahan organik.
2. Rayap mampu memodifikasi profil dan sifat kimia tanah sehingga menyebabkan terjadinya perubahan vegetasi. Rayap juga akan mempengaruhi bahan organik dan mineral tanah, seperti nitrogen, mineral, infiltrasi air, dan produksi metana
3. Faktor lingkungan yang mempengaruhi perkembangan populasi rayap meliputi curah hujan, suhu, kelembaban, ketersediaan makanan, dan musuh alami. Faktor-faktor tersebut saling berinteraksi dan saling mempengaruhi satu sama lain.
4. Predator utama laron saat bersialang (swarming) adalah burung pemakan serangga, kelelawar, dan capung. Predator rayap yang berada di dalam sarang terutama dari kelompok mamalia dan reptilian yang berbadan besar seperti beruang, landak, trenggiling, tupai, dan buaya darat. Predator rayap di luar sarang seperti laba-laba, cricket, capung, lalat, centipedes, kecoak, mantidae, tabuhan, dan beberapa vertebrata pemangsa, seperti ikan, kodok, ular, cecak, burung, dan mamalia kecil.
5. Partikel tanah yang seringkali digunakan untuk membangun sarang dan merupakan komponen yang dominan, yaitu kerikil, pasir kuarsa, pasir halus, lumpur 0.02-0.002 mm, dan liat. Partikel tanah yang digunakan untuk membangun sarang dibawa rayap dengan dua cara, yaitu dimuntahkan kembali (regurgitasi) atau diekresikan kembali dan yang lain adalah dengan mengeluarkan partikel tanah ini melalui pencernaan.
6. Rayap menggunakan tumbuhan sebagai bahan pembuat sarang bahan tersebut dicerna atau dihancurkan terlebih dahulu. Rayap menggunakan air liur sebagai perekat atau semen untuk menggabungkan bahan-bahan pembentuk sarang lainnya. Disamping air liur yang berfungsi sebagai perekat, kotoran rayap juga dapat digunakan sebagai perekat dalam pembuatan sarang
7. Berdasarkan lokasi sarang rayap perusak kayu dapat digolongkan menjadi rayap pohon, rayap kayu lembab, rayap kayu kering, rayap subteran dan rayap tanah.

TES FORMATIF

1. Tipe tanah yang bagaimanakah yang digunakan rayap dalam membangun sarangnya? Berikan contoh bahwa keberadaan sarang rayap dapat mempengaruhi tipe vegetasi, bahan organik dan mineral yang ada disekitarnya!
2. a. Faktor lingkungan apa saja yang mempengaruhi rayap!
b. Berikan contoh musuh alami rayap!

3. Bagaimana rayap membuat sarangnya, jelaskan!
4. Sebutkan tipe-tipe sarang rayap dan tipe rayap berdasarkan sarangnya!

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.

Nandika, Rismayadi dan Diba. 2003. Rayap Biologi dan Pengendaliannya.

Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis.

Tarumingkeng, Rudi. 2004. Biologi dan Perilaku Rayap. File :www htm Biologi dan Perilaku Rayap. 5/21/2004. Universitas Muhammdiyah Surakarta.

BAB VIII. SERANGAN RAYAP DAN TINDAKAN PENGENDALIANNYA

Perkembangan aktivitas manusia untuk mempengaruhi kebutuhan dan meningkatkan kesejahteraan hidupnya seringkali menciptakan keseimbangan-keseimbangan baru dalam lingkungan termasuk dalam merubah tata hubungan antara rayap dan manusia, dimana rayap menjadi serangga hama yang merugikan karena merusak tanaman budidaya dan bangunan gedung. Kerusakan potensial dari jenis hama rayap biasanya lebih besar daripada pengaruh manfaatnya dalam suatu ekosistem.

Terjadinya serangan rayap pada bangunan gedung sangat dipengaruhi oleh kondisi bio-fisik tapak (*site*) dan bangunan itu sendiri. Dalam hal ini jelas terkait dengan keragaman jenis dan kerentanan (*succeptability*) bangunan, biak dari segi desain, tehnik sipil maupun pemeliharannya.

Pengendalian hama (*pest management*) adalah upaya manusia mengelola populasi hama melalui analisa penggunaan teknik-teknik pengendalian yang ada. Atau tindakan manusia untuk mengatasi atau mengurangi perkembangan serangga ke tempat lain dan menekan populasi serangga tersebut agar tetap berada pada tingkat yang tidak merugikan.

Termite Control adalah salah satu bagian dari *Pest Control* yang khusus ditujukan terhadap rayap (termites) atau jelasnya adalah tindakan penanggulangan dan pencegahan bahaya rayap. Di dalam melakukan tindakan penanggulangan sudah barang tentu termasuk membunuh rayap-rayap itu secara lokal dan bersamaan, dengan itu dilakukan pencegahan supaya serangga tersebut tidak lagi dapat melakukan serangan pada milik manusia.

Pengendalian rayap pada bangunan gedung di Indonesia sudah mulai berkembang pesat pada awal tahun 1980-an. Perkembangan pengendalian serangan rayap pada tanaman perkebunan dan kehutanan di Indonesia masih menghadapi kendala berupa belum lengkapnya informasi mengenai serangan rayap dan pengetahuan mengenai bioteknologi maupun perilakunya. Kendala lain adalah masih terbatasnya biaya dialokasikan untuk pengendalian rayap sehingga alternatif teknik pengendalian dengan biaya optimum, misalnya dengan pengendalian hayati harus terus dikembangkan. Di samping itu, masalah kompleksitas aspek lingkungan (agroekosistem) perlu pula mendapat perhatian yang baik, karena daerah perlakuannya yang luas dan pemaparan termitisida pada lingkungan tanaman juga berpotensi membunuh organisme lain yang menguntungkan

Setelah mempelajari bab ini diharapkan:

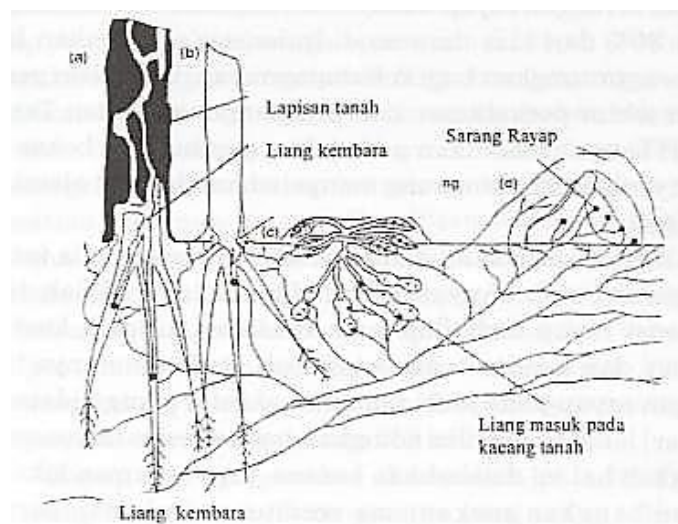
1. Mahasiswa dapat menjelaskan serangan rayap pada tanaman pertanian, perkebunan dan kehutanan serta kayu bangunan
2. Mahasiswa dapat menjelaskan langkah-langkah pengendalian rayap

A. Serangan Rayap

1. Hama pada Tanaman Pertanian, Perkebunan dan Kehutanan

Sepuluh persen dari jenis rayap yang ada di dunia, kurang lebih 300 species rayap dari seluruh species rayap dikenal sebagai hama yang menyebabkan kerusakan pada berbagai species tanaman perkebunan, kehutanan, dan pertanian. Di Indonesia sendiri diduga terdapat 20 species rayap yang dikenal sebagai hama penting pada tanaman perkebunan dan kehutanan.

Serangan rayap pada tanaman dapat menyebabkan kerusakan fisik secara langsung dan seringkali mempengaruhi struktur perakaran tanaman. Akibat lainnya adalah terganggunya proses pengambilan hara dan suplai air pada tanaman inang serta menurunnya ketahanan tanaman inang terhadap serangan faktor perusak lain seperti penyakit dan hama lainnya. Serangan rayap pada tanaman seringkali tidak dapat diketahui secara dini. Adanya liang-liang kembara yang terbuat dari tanah pada permukaan batang tanaman yang diikuti dengan perubahan warna daun merupakan indikasi bahwa telah terjadi serangan rayap pada tanaman tersebut. Serangan ini seringkali dimulai dari akar atau leher akar dan terus berkembang pada bagian batang tanaman.



Gambar 22. Cara penyerangan rayap pada berbagai spesies tanaman
 a. Masuk melalui akar dan batang yang ditutupi oleh tanah,
 b. Melalui dasar tanaman sepanjang penutupan permukaan tanah,
 c. Masuk melalui polong di dalam tanah pada tanaman kacang-kacangan,
 dan,
 d. Masuk melalui akar-akar pada tanaman umbialar.

Beberapa contoh species rayap yang penting sebagai hama pada tanaman pertanian, perkebunan dan kehutanan di Indonesia adalah *Coptotermes curvignathus*, *Macrotermes gilvus*, *Odontotermes* spp, *Schedorhinotermes javanicus*, *Microtermes* spp, dan *Neotermes tectonae*. Pengembangan sektor perkebunan dan pembangunan Hutan Tanaman Industri banyak dilakukan pada lahan gambut dan bekas hutan primer yang secara langsung menyebabkan habitat alami rayap terganggu.

Tingkat kerusakan akibat serangan rayap pada tanaman dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah tingkat preferensi rayap terhadap jenis tanaman, tingkat kesehatan tanaman, dan kondisi tempat tumbuh. Pada umumnya tingkat serangan rayap pada jenis tanaman eksotik (yang didatangkan dari luar) lebih tinggi dibandingkan pada species tanaman lokal, barangkali hal ini disebabkan karena juga tanaman lokal telah mengembangkan mekanisme resistensi terhadap serangan rayap melalui proses adaptasi dan evolusi. Serangannya juga lebih tinggi pada tanaman yang tertekan oleh serangan patogen, kerusakan fisik, atau akibat kekurangan air dan unsur hara. Sementara itu, tanaman yang ditanam di dataran rendah lebih banyak diserang rayap dibandingkan tanaman di dataran tinggi, alasan yang sederhana adalah bahwa distribusi rayap seringkali dibatasi oleh faktor suhu dan kelembaban yang dipengaruhi oleh ketinggian.

b. Serangan Hama *Coptotermes*

Rayap *Coptotermes* dikenal sebagai hama tanaman yang utama. Beberapa jenis tanaman perkebunan yang banyak diserang hama tersebut adalah pohon kelapa, karet, coklat, kelapa sawit, mangga, pepaya dan durian. Tipe kerusakannya disebabkan oleh masuknya rayap tersebut ke tanaman atau pohon dari bawah tanah dan melubanginya. Rayap jenis tersebut mencari makanannya meluas dari sarangnya di dalam tanah dan melindungi bangunannya dari tanah dan kotoran di atas permukaan tanah.

Pada bagian luar tanaman kelapa sawit yang terserang biasanya dilapisi oleh lapisan tanah, sedangkan pada bagian dalamnya terdapat lubang yang dihuni rayap. Untuk menghindari dari cahaya, rayap membuat lorong kembara (galleries) yang gunanya agar bebas dari cahaya. Serangan *C. curvignathus* pada tanaman ini dimulai dari akar atau batang di bawah permukaan tanah dan terus naik ke atas sampai ke pucuk tanaman. Bila serangan telah sampai ke pucuk tanaman dan bagian bawahnya membengkak serta lembek karena berisi air maka pucuk tanaman tersebut akan patah. Gejala seperti ini terjadi bila serangan rayap diikuti dengan munculnya bakteri pembusuk.

Selain menyerang tanaman kelapa dan kelapa sawit rayap *C. curvignathus* juga dilaporkan menyerang beberapa perkebunan karet di Sumatera. Nilai kerugian akibat serangan rayap pada tanaman karet belum diketahui, tetapi cukup banyak menyebabkan kematian pada tanaman karet terutama pada tanaman muda berumur satu sampai dua tahun.

Pada tahun 1964 rayap *C. curvignathus* dan *C. travians* dilaporkan menyerang tegakan *Pinus caribaea* dan *P. merkusii* yang berumur delapan tahun di Kebun Percobaan Yanlapa, Bogor. Adanya serangan rayap ini baru diketahui ketika bagian kulit pohon yang terserang ditutupi oleh tanah. Namun demikian pada saat itu, kerusakan yang terjadi telah cukup parah sehingga sulit untuk ditanggulangi. Pohon yang terserang tidak menunjukkan gejala awal yang jelas kecuali pada saat pohon akan mati yang ditunjukkan oleh perubahan warna daun. Pada umumnya, bagian pangkal

batang pohon yang terserang rayap mengalami kerusakan yang cukup parah dan dapat dengan mudah patah oleh tiupan angin.

c. Serangan Hama *Macrotermes* dan *Odontotermes*

Rayap *Macrotermes gilvus* Hagen termasuk famili Termitidae, merupakan hama penting pada berbagai tanaman perkebunan khususnya kelapa dan kelapa sawit, namun serangannya tidak sampai menimbulkan kematian pada tanaman inang. Species rayap lain dari famili ini yang merupakan hama penting pada tanaman perkebunan adalah *Odontotermes* spp, walaupun kasus serangannya yang menimbulkan kerugian pada tanaman perkebunan belum pernah dilaporkan terjadi di Indonesia. Species-species rayap ini umumnya menyerang sejumlah tanaman perkebunan termasuk berbagai species legnum, kapas, dan kelapa.

Rayap *M. gilvus* dan *O. javanicus* juga menyerang beberapa species tanaman kehutanan. Pada tahun 1976, di Tasikmalaya dilaporkan bahwa *M. gilvus*, dan *O. javanicus* menyerang tanaman kayu putih yang menyebabkan kematian hingga mencapai 71% pada tegakan berumur enam tahun, dan yang lima tahun, 81% pada tegakan berumur enam tahun, dan yang berumur delapan tahun mencapai 91%. Rayap

M. gilvus juga menyerang pohon *Eucaliptus alba* di Kebun Percobaan Darmaga dan Demplot HTI Universitas Winaya Mukti dengan tingkat kematian pada pohon berumur kurang dari 6 bulan secara berturut-turut adalah 60% dan 100%.

Rayap *Macrotermes darwiniensis* menyerang tajuk beberapa jenis pohon dengan cara membuat terowongan dari tanah. Pohon tebu dan beberapa jenis pohon hidup lainnya, baik yang endemik maupun eksotik, tetapi serangannya terutama pada pohon jeruk dan *Pinus caribea*.



Gambar 23. Serangan hama *Macrotermes* pada kulit Pohon Jati dan *Eucaliptus*

d. Serangan Hama Rayap *Neotermes*

Di Indonesia *Neotermes tectonae* lebih dikenal sebagai hama yang menyerang pohon jati di Jawa. Secara ekonomis serangan hama *N. tectonae* menyebabkan kerugian yang sangat besar. Sebagai contoh, pada tahun 1989 di KPH Kebonharjo serangan hama tersebut pada jati berumur 30 tahun dan 40 tahun mencapai 60% dan 70% dari jumlah pohon yang ada atau secara berturut-turut sebanyak 4.247 pohon dan 3.655 pohon dengan luas areal tanaman 30,3 hektar dan 19,2 hektar. Berdasarkan harga kayu jati, nilai

kayu yang hilang atau kerugian ekonomis akibat seranga *N. tectonae* di KPH tersebut mencapai 167 juta rupiah.

e. Species Rayap Lain

Beberapa jenis rayap lain dari famili Kalotermitidae, Hodotermitidae, Rhinotermitidae, dan Termitidae pernah dilaporkan menyerang beberapa jenis tanaman baik tanaman semusim maupun tahunan termasuk tanaman perkebunan dan hortikultura. Rayap *Postelectrotermes militaris*, *Neotermes greeni*, *Glyptotermes sp.*, *Coptotermes sp.*, *Microtermes sp.*, *Anacanthotermes macrocephalus*, *Heterotermes indicola*, *Neotermes bosei*, dan *Trinervitermes biformis* diketahui menyerang beberapa jenis tanaman di India dan Pakistan. Rayap *Reticulitermes* juga banyak menyerang perkebunan tebu dan kentang di Caribia, serangannya pada tanaman seringkali melalui akar di dalam tanah atau masuk melalui batang tanaman.

Sementara itu, *Mastotermes darwinensis* Frogratt yang dijumpai di Australia dan Papua New Gunea merupakan hama penting pada perkebunan tebu dan perkebunan jeruk. Genus *Kalotermes*, *Neotermes*, *Postelectrotermes*, *Rugitermes*, *Bifiditermes*, *Comatermes*, *Paraneotermes*, dan *Glypotermes* merupakan hama terutama pada perkebunan coklat, kelapa, jeruk, dan perkebunan teh.

2. Hama Kayu Bangunan

Pengalaman selama lebih dari dua puluh tahun terakhir ini menunjukkan bahwa rayap merupakan faktor perusak kayu dan bangunan yang paling mengganggu. Tanpa kenal kompromi dan melihat kepentingan manusia, rayap mampu merusak bangunan gedung, bahkan juga menyerang dan merusak mebelair di dalamnya, buku- buku, kabel-kabel listrik, dan telepon serta barang-barang yang disimpan.

Apapun bentuk konstruksi bangunan gedung: slab, basement atau crawl space, rayap dapat menembus lubang terbuka atau celah sekecil satu per enam puluh empat inci. Baik celah pada slab, di sekitar celah kayu atau pipa ledeng, celah antara pondasi dan tembok, maupun pada kuda-kuda atap. Rayap juga dapat membuat lubang di atas pondasi, terus ke atas hingga mencapai kuda-kuda dan di seluruh permukaan tembok.

Dengan demikian, jalan utama rayap dapat masuk ke dalam bangunan, yaitu

- Menyerang langsung kayu yang berhubungan dengan tanah
- Melalui retakan-retakan dan celah-celah plesteran, pondasi dinding tembok
- Membangun liang-liang kembara di atas bahan-bahan yang tak dapat ditembus untuk mencapai sasaran
- Menembus objek-objek penghalang seperti plastik, logam tipis, dan lain-lain walaupun penghalang tersebut bukan objek makanannya.



Gambar 24. Kerusakan akibat serangan rayap pada struktur bangunan dan isinya (A) dan buku (B)

Sekali rayap mampu mencapai sasarannya maka rayap akan memperluas serangannya sampai bagina-bagian yang tinggi dengan membuat sarang antara di dalam bangunan yang jauh dari tanah dan memanfaatkan sumber-sumber kelembaban yang tersedia dalam bangunan tersebut. Kondisi ini berlaku pada rayap tanah *Coptotermes curvignathus* yang hidupnya mutlak tergantung dari adanya air dan tanah sebagai kebutuhan penting untuk kehidupan rayap. Jenis rayap lain seperti *Macrotermes gilvus*, *Microtermes* spp, dan *Odontotermes* memiliki kemampuan yang lebih terbatas. Rayap *Coptotermes* memiliki daya serang paling tinggi, bahkan serangannya dapat mencapai lantai 26 gedung bertingkat.

Rayap yang memiliki cara penyerangan yang berbeda dengan rayap tanah adalah rayap kayu kering. Di Indonesia hanya ditemukan sedikit jenis rayap ini di mana yang umum ditemukan adalah *Cryptotermes cynocephalus*. Serangga ini memiliki kemampuan hidup pada kayu-kayu kering di dalam bangunan gedung; tidak membangun sarang atau liang-liang kembara di atas permukaan kayu tetapi membangun liang-liang kembara atau sarangnya hanya di dalam kayu. Adanya serangan rayap seringkali baru diketahui setelah kayu yang diserang menjadi keropos tanpa adanya pecahan pada permukaannya. Serangan rayap kayu kering ini dapat dikenali dari eksremen-eksremen berupa butiran kecil, lonjong, dan agak bertakik yang berwarna coklat muda.

Rayap kayu kering dapat mencapai sasarannya melalui dua cara:

- laron yang bersialang menemukan obyek sasaran dan mampu berkembang karena obyek tidak tertutup (misalnya cat pelindung yang tidak toksik, kayu tidak awet atau diawetkan, dan lain-lain) dan,
- obyek sasaran terserang oleh rayap yang berasal dari obyek lain yang telah diserang dan letaknya berdekatan.

Serangan rayap kayu kering umumnya tidak terbatas pada kayu struktur bangunan (kuda-kuda, kaso, gording, reng dan lain-lain) tetapi juga seringkali menyerang barang-barang mebeles (meja, kursi, dipan, kichen set, dan lain-lain), kusen, jendela, dan pintu, tetapi tidak menyerang barang berlignoselulosa lainnya seperti kertas atau buku, kain, karpet, dan lain-lain. Serangannya dijumpai hampir di semua daerah di Indonesia namun daya serangnya terbatas sehingga serangan rayap ini kurang berbahaya

dibandingkan serangan rayap tanah.

Sejak tahun 1982, kasus serangan rayap pada bangunan gedung di Indonesia telah mulai banyak di laporkan. Pada saat ini perhatian terhadap ancaman rayap pada bangunan gedung di Indonesia terasa meningkat dengan sangat mengesankan. Direktorat Tata Bangunan, direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum pada pertengahan tahun 1983 menyatakan bahwa kerugian akibat serangan rayap pada bangunan gedung pemerintahan saja diperkirakan mencapai seratus milyar rupiah setiap tahun. Jumlah tersebut jelas belum meliputi kerugian pada bangunan gedung (perumahan) milik masyarakat.

Meluasnya pembangunan dan areal pemukiman di berbagai daerah cenderung meningkatkan interaksi antara koloni rayap dengan bangunan gedung. Padahal keawetan alami kayu yang digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan gedung cenderung semakin rendah. Oleh karena itu, ancaman serangan rayap pada bangunan gedung di Indonesia diperkirakan tetap tinggi.

B. Termite Control

Di dalam ilmu pengendalian hama dikenal tiga mata rantai yang sangat berkaitan dan saling saling berpengaruh. Ketiga mata rantai tersebut adalah serangga (*pest insect*), inang (*host*) dan lingkungan (*environment*). Keberhasilan usaha pengendalian hama tergantung kepada kemampuan mengendalikan hubungan antara ketiga mata rantai tersebut.

Prinsip Pest Control adalah penerapan kombinasi dari semua metode yang ada dan memungkinkan dengan cara-cara pelaksanaan teknis yang dapat dipertanggungjawabkan, dengan atau tidak dengan penggunaan pestisida, untuk mencapai hasil yang seefektif mungkin dengan resiko bahaya yang sekecil-kecilnya bagi pelaksana, orang lain, binatang maupun tanaman piaraan serta lingkungan hidup, dengan biaya yang serendah mungkin. Termite Control pun berpegangan pada prinsip tersebut.

Pada hakekatnya metode Pest Control terdiri atas yang alamiah dan ekologis dan dibagi atas:

1. Metode Biologis

Dalam metode ini tidak dipergunakan racun-racun serangga (pestisida) melainkan dipusatkan kepada penggunaan makhluk hidup dan jasad-jasad renik yang dapat dipakai untuk mengendalikan hama.

2. Metode Pengaturan Tanamann (*Cultural Method*)

Pelaksanaan metode ini ditekankan pada cara pembersihan yang tepat setelah panen, penggunaan sistem rotasi penanaman, penggunaan bibit unggul dan sebagainya.

3. Metode Integrasi

Metode ini menggunakan berbagai metode dan prosedur-prosedur yang satu sama lain saling mengisi kekurangan masing-masing. Prosedur-prosedur itu dapat juga menggunakan racun-racun serangga yang pilihan, menggunakan metode pengaturan tanaman dan metode biologis

serta penerapan metode mekanis maupun metode legal.

4. Metode Mekanis

Dalam metode ini dipergunakan cara-cara mekanis seperti pemasangan jebakan atau perangkap, alat-alat pencegah masuknya serangga maupun peningkatan pemeliharaan kebersihan lingkungan.

5. Metode Legal

Metode ini dilakukan sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan Pemerintah seperti karantina dan sebagainya.

6. Metode Alam

Metode ini melingkupi semua cara yang menggunakan alam dan ekosistem alam yang karenanya tidak mengganggu keseimbangan alam.

Metode yang dipakai dalam termite control umumnya adalah metode integrasi dengan menggunakan pestisida, serta tindakan-tindakan penanggulangan dan pencegahan terhadap serangan rayap, khususnya rayap tanah. Pada bangunan-bangunan yang sedang dalam konstruksi sifat aplikasinya adalah pencegahan atau preventif dengan memberikan pertahanan racun serangga yang daya tahannya lama maupun menggunakan alat-alat teknis.

1. Pengendalian Rayap pada Bangunan Gedung

Pengendalian serangan rayap pada bangunan meliputi upaya pencegahan serangan rayap dan pemberantasan atau menyembuhkan bangunan yang terserang rayap. Tindakan pengendalian yang paling baik adalah melakukan pencegahan serangan rayap sebelum konstruksi dibangun karena disamping secara ekonomis lebih murah, tindakan ini jauh lebih mudah dilakukan.

Sampai saat ini, pengendalian serangan rayap pada bangunan masih bertumpu pada penggunaan termitisida yang diaplikasikan baik melalui perlakuan tanah (*soil treatment*) maupun dengan cara impregnasi termitisida ke dalam kayu melalui pengawetan kayu. Namun demikian sejalan dengan peningkatan pengetahuan mengenai biologi rayap perusak kayu dan perkembangan bidang-bidang ilmu lain, teknologi baru yang lebih aman dan ramah lingkungan terus dikembangkan. Dalam kaitan ini di beberapa lembaga penelitian telah mengembangkan produk anti rayap non kimiawi sebagai bahan penghalang fisik (*physical barrier*) yang dapat mencegah penetrasi rayap tanah pada bangunan dan teknologi pengumpanan (*baiting*) yang berkemampuan mengeliminasi koloni rayap dan diyakini lebih bersifat ramah lingkungan.

a) Deteksi Serangan

Secara umum prosedur untuk mendeteksi adanya serangan rayap tanah pada bangunan adalah sebagai berikut :

- Pemeriksa harus membawa peralatan seperti obeng, pahat, pisau, lampu penerang, respirator dan pakaian kerja. Untuk keperluan identifikasi rayap yang menyerang bangunan seorang pemeriksa juga harus membawa bahan dan peralatan koleksi rayap mengingat identifikasi jauh

akan lebih teliti jika dilakukan di laboratorium.

- Bagian yang berhubungan dengan tanah harus diperiksa terlebih dahulu, termasuk bagian pondasi, *sloof*, lantai dasar, tiang, serambi, dasar tangga dan lain-lain.
- Tempat-tempat basah atau lembab, yaitu kamar mandi, ruang cuci, daerah sekitar AC dan saluran air merupakan tempat yang disenangi rayap dan paling mungkin terserang.
- Liang kembara merupakan petunjuk adanya serangan rayap yang paling penting.
- Apabila rayap ditemukan menyerang lantai atas tanpa ada serangan di lantai bawah, maka mungkin rayap menyerang melalui celah-celah pada dinding, saluran *lift*, saluran kabel listrik dan telepon.
- Daerah di sekitar bangunan juga harus dipertanyakan untuk menemukan tempat-tempat yang diduga menjadi sumber atau sarang rayap.

b. Teknis Pengendalian

Pengendalian rayap pada bangunan secara non kimia yaitu:

- **Perubahan mekanik**
Perubahan mekanik meliputi usaha-usaha untuk merubah keadaan lingkungan agar menjadi kurang disukai rayap tanah seperti perbaikan drainase dan pembuangan air, ventilasi, dan lain-lain.
- **Sanitasi dan praktek pembangunan yang baik**
Meliputi usaha-usaha untuk menjaga kebersihan tanah di bawah dan di sekitar bangunan dari sisa-sisa batang kayu atau potongan kayu yang biasa menjadi sumber makanan rayap tanah. Diusahakan agar tidak ada hubungan langsung antara tanah dengan kayu bangunan.

Pengendalian rayap secara kimia yaitu:

- **Peracunan Kayu (*Wood treatment*)**
Didefenisikan sebagai segala sesuatu usaha memberikan racun pada kayu dengan tujuan membuatnya tahan terhadap serangan rayap atau memberantas rayap yang telah ada pada kayu tersebut
- **Peracunan Tanah (*Soil treatment*)**
Yaitu penyebaran racun (insektisida) pada tanah dibawah bangunan yang langsung berhubungan dengan bangunan tersebut guna mencegah terjadinya kayu bangunan sebagai sumber makanan dan kelembaban secara bersama-sama atau untuk mengendalikan rayap tanah yang telah menyerang bangunan.
- **Peracunan pondasi**
Adalah penyebaran racun pada pondasi bangunan untuk mencegah tersedianya kayu bangunan serta kelembaban secara bersama.



Gambar 25. Penyemprotan permukaan tanah yang akan ditutupi lantai dengan termisida

Strategi yang digunakan untuk perlindungan bangunan dari serangan rayap tanah meliputi tindakan pencegahan (*excluding infestation*) dan pembasmian serangan (*eradication or remedial infestation*). Tindakan pencegahan meliputi penggunaan kayu awet (*termites resistant timber*), penghalang fisik (*physical barriers*) dan penghalang kimia (*chemically treated soil barriers*) pada masa pra-konstruksi. Sementara itu, tindakan pembasmian serangan rayap dapat dilakukan dengan aplikasi perlakuan kimia pada tanah dan kayu, penekanan koloni dengan umpan beracun pada bangunan yang telah terserang (pasca-konstruksi) dan pengendalian hayati.

1) Pencegahan

Untuk menghindar atau meminimumkan kemungkinan terjadinya serangan rayap pada bangunan perlu diperhatikan hal-hal berikut:

1. Hindari adanya bahan-bahan kayu seperti sisa-sisa tunggak pohon di sekitar dalam bangunan, yang potensial untuk menjadi sumber infeksi rayap. Demikian pula adanya pohon-pohon tua yang sebagian jaringan pohon maupun akarnya telah mati merupakan sumber makanan rayap dan dapat menjadi lokasi sarang perkembangan koloni rayap.
2. Hindari kontak antara tanah dengan bagian-bagian kayu dari bangunan. Walaupun cara ini tidak mutlak mampu mencegah serangan rayap karena rayap mampu membuat terowongan kembara di atas tembok, lantai dan dinding untuk mencapai objek kayu makanannya. Tetapi bagi bangunan sederhana cara ini dapat memperlambat serangan rayap, dan adanya terowongan-terowongan dapat dideteksi
3. Pergunakan kayu yang awet (seperti bagian teras kayu jati), atau kayu yang telah diawetkan dengan bahan-bahan pengawet anti rayap. Untuk kayu-kayu yang digunakan di bawah atap jenis-jenis garam pengawet seperti garam Wolman dengan retensi yang cukup telah memadai, sedangkan bagi kayu di luar bangunan diperlukan bahan pengawet larut minyak seperti kreosot.
4. Cara yang paling efektif adalah melindungi bangunan dengan cara membuat “benteng yang kuat terhadap rayap” di bagian fondasi dengan cara mencampur bahan fondasi dengan termisida atau memperlakukan

tanah di bawah dan di sekitar fondasi dengan termitisida yang tahan pencucian (persisten) serta memiliki afinitas dengan tanah.

Termitisida dengan persistensi sangat tinggi Organoklorin (aldrin, dieldrin, chlordane, dan heptaklor) merupakan termitisida utama yang digunakan di Indonesia sebelum dilarangnya penggunaannya.

Namun demikian termitisida baru memiliki beberapa keunggulan, seperti memiliki toksisitas yang rendah terhadap manusia dan mamalia, aktif pada dosis rendah, serta mempunyai volatilitas yang rendah sehingga tidak terpapar di udara, idealnya sifat termitisida baru juga seharusnya bersifat selektif terhadap organisme sasaran, tidak mencemari sumber air dan perairan, terikat kuat dan aktif sebagai rintangan kimiawi pada tanah.

Termitisida-termitisida baru yang dikembangkan umumnya bersifat mencegah serangan rayap dengan cara mematikan rayap yang kontak dengan bahan kimia, mengusir rayap dengan tidak mengikuti lapisan tanah yang telah diberi perlakuan (repelensi), menyebabkan disorientasi aktivitas rayap, maupun mempengaruhi aktivitas rayap. Termitisida baru tersebut merupakan senyawa kimia golongan organofosfat, sintetik piretroid, dan nenerapa senyawa baru seperti nitro guanidine dan phenyl pyrazole (Tabel 9).

Penyemprotan termitisida pada perlakuan tanah pra konstruksi dilakukan sepanjang lubang pondasi, tanah urugan pondasi, dan tanah yang akan ditutupi lantai. Di Indonesia, perlakuan tanah pra konstruksi telah distandarisasi dalam bentuk SNI- 03-2403-1991.

Tabel 7. Termitisida yang digunakan pada perlakuan tanah

Golongan Kimia	Kelebihan	Kekurangan
Organoklorin Aldrin, Dieldrin, DDT, Lindane, Heptaklor	Memiliki persistensi tinggi.	Berbahaya terhadap manusia; sulit terurai (persisten); Heptaklore memiliki persistensi yang rendah di dalam tanah; telah dilarangnya penggunaannya
Organofosfat Klorfervinphos, Klorpitifos, Fenitrothion, Fenthion, Isofenfos phoxim.	Efektif sebagai racun kontak & racun perut; Senyawa kimia relatif stabil & terikat kuat di tanah; Non repelensi; Mempunyai antidote	Volatilitas dan pemaparan bahan aktif di udara; Bahan aktif berbau tajam; Memerlukan konsentrasi bahan aktif di tanah cukup tinggi; Pengaruh negative terhadap operator.

Pyrethroid Cypermentrin, Bifentrin, Deltametrin, Fenvalerat, Permetrin, Silafluofen, dll.	Sangat efektif pada dosis rendah; Efektif sebagai racun kontak, racun perut dan repelensi; Toksisitas terhadap mamalia cukup rendah; Relatif tidak berbau	Bahan aktif sangat terpengaruhi oleh sinar ultraviolet; sangat beracun pada ikan; tidak punya antidote spesifik.
Phenyl Pyrazole	Aktif pada dosis sangat rendah; racun kontak dan perut; non repelensi; Transfer bahan aktif antar rayap; perlindungan bangunan dan penekanan koloni	Data long term protectionnya belum lengkap; kemungkinan tercuci di tanah
Nitro Guanidine	Aktif pada dosis rendah; terikat kuat di tanah; tidak berbau; mengakibatkan disorientasi aktivitas rayap.	Larutan tidak berwarna; data long term protectionnya belum lengkap.

5. Teknologi baru pengendalian rayap dengan menggunakan bahan anti rayap non kimiawi sebagai penghalang fisik (*physical barrier*) telah banyak dikembangkan di beberapa negara khususnya di Australia, Amerika Serikat, dan Jepang. Di Indonesia, sampai saat ini, standar pengendalian rayap dengan menggunakan lahan anti rayap non kimiawi sebagai penghalang fisik belum tersedia, mengingat penggunaannya juga belum populer.

Pasir, gravel, perlit, granit, basalt, dan *mesh stainless steel* pada ukuran-ukuran tertentu dapat menggunakan sebagai penghalang fisik. Penghalang fisik lain yang sedang dikembangkan di Australia adalah menggunakan jarring *stainless steel (termimesh)* yang ditempatkan di bawah bangunan baru.

6. Jika bangunan telah terserang, gunakanlah cara-cara pengendalian yang ramah lingkungan, seperti dengan pengumpanan dan pengendalian koloni dengan menggunakan insektisida penekan pertumbuhan kutikel seperti heksaflumuron.

2) Pengawetan

Menteri Pekerjaan Umum pada tahun 1988 menerbitkan surat keputusan yang menyatakan bahwa kayu-kayu kelas awet tiga ke atas harus diawetkan. Untuk menunjang peraturan tersebut telah pula diterbitkan Standar Tata cara Pengawetan Kayu untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 03-3528-1994) dan spesifikasi kayu awet

Pengawetan kayu merupakan pemberian perlakuan kimia dan atau perlakuan fisik terhadap kayu untuk memperpanjang masa pakai kayu. Dalam kenyataan sehari-hari, yang dimaksud dengan pengawetan kayu adalah proses pemasukan bahan kimia ke dalam kayu untuk meningkatkan

keawetannya. Pengawetan kayu dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu :

a) Metode Pelaburan dan Penyemprotan

Metode ini termasuk sederhana, yaitu dengan jalan melabur atau menyemprotkan bahan pengawet pada permukaan kayu. Metode tersebut menghasilkan penetrasi bahan pengawet yang rendah. Dalam metode ini biasanya digunakan bahan pengawet minyak atau larut minyak.

b) Pencelupan

Kayu diawetkan dengan cara dicelupkan ke dalam larutan bahan pengawet selama beberapa detik atau beberapa menit. Metode ini lebih menguntungkan dari metode pelaburan karena penetrasi bahan pengawet relatif lebih baik dibandingkan pelaburan. Bahan pengawet yang digunakan biasanya adalah senyawa boron atau *flour*.



Gambar 26. Proses pengawetan sederhana dengan cara pencelupan

c) Rendaman

Dalam cara ini kayu direndam di dalam tangki-tangki yang berisi bahan pengawet larut air. Umumnya lama perendaman maksimum 2 minggu. Bahan pengawet yang digunakan contohnya adalah campuran merkuri klorida 0,67% dengan NaCl 1%.

d) Rendaman Dingin

Kayu-kayu diawetkan dengan cara merendamnya ke dalam larutan bahan pengawet larut minyak dalam suhu kamar selama beberapa hari atau beberapa minggu. Kayu yang akan diawetkan harus mengalami pengeringan terlebih dahulu supaya bahan pengawet dapat terserap lebih banyak.

e) Rendaman Panas Dingin

Cara ini mendapat paten pada tahun 1867 atas nama C. A. Seely dan dikenal juga dengan metode *open tank treatment* atau *termal process*. Pada metode ini kayu-kayu yang telah dikeringkan direndam ke dalam bahan pengawet panas, kemudian ke dalam bahan pengawet dingin.

f) Vakum Tekan

Metode pengawetan dengan vakum dilakukan di dalam suatu tabung silinder tertutup. Dibandingkan metode lain metode ini mempunyai

beberapa keuntungan, yaitu (1) proses pengawetan relatif cepat; (2) proses pengawetan dapat dikontrol sehingga retensi dan penetrasi dapat diatur sesuai dengan keinginan dan dengan sendirinya pemakaian bahan pengawet menjadi efisien; (3) retensi lebih besar serta penetrasinya lebih dalam dan merata.



Gambar 27. Metode pengawetan kayu secara vakum tekan

g) Metode Injeksi

Prinsip metode injeksi adalah mendorong bahan pengawet ke dalam kayu dengan bantuan tekanan yang dihasilkan oleh suatu injektor khusus melalui satu atau lebih liang aplikasi yang dipersiapkan sebelumnya dan mempunyai katup (*valve*).

3) Pengendalian

Pengendalian merupakan tindakan kuratif untuk menghilangkan dan melindungi bangunan yang telah terserang rayap. Pemilihan tindakan pengendalian memerlukan pemahaman yang baik terhadap karakteristik rayap yang menyerang bangunan, kondisi lingkungan, maupun kondisi bangunan yang terserang itu sendiri. Pada saat ini di samping tindakan perlakuan tanah pasca konstruksi, alternatif teknologi lain telah tersedia teknik penekanan populasi dengan teknik pengumpanan.

a) Perlakuan Tanah Pasca Konstruksi

Perlakuan tanah dengan injeksi termitisida pada bangunan yang telah terserang rayap masih merupakan teknologi yang banyak digunakan hingga saat ini. Termitisida digunakan untuk mengisolasi bangunan dari koloni rayap yang berada di bawah bangunan sehingga rayap yang telah menginfestasi bangunan akan terputus dengan sarangnya.

Perlakuan tanah pasca konstruksi dilakukan dengan menggunakan penyemprot bertekanan tinggi (*power sprayer*) yang berfungsi untuk memasukkan termitisida ke permukaan tanah di bawah lantai bangunan sehingga termitisida dapat menyebar secara merata. Sebelum tindakan tersebut, terlebih dahulu permukaan lantai sepanjang pondasi dibor dengan jarak tertentu (30-40 cm) sehingga terbentuk lubang yang berhubungan dengan tanah sebagai tempat di mana penyemprotan dilakukan. Sementara itu, kayu yang terserang jika masih layak

digunakan dapat dilubangi dan diberi perlakuan termitisida dengan teknik injeksi atau penyemprotan.

b) Penekanan Populasi (Pengumpanan)

Perkembangan teknologi penekanan populasi ditandai dengan berkembangnya berbagai jenis bahan aktif termitisida, formulasi dan substrat bahan aktif tersebut (*wood block*, kertas tissue gulung (*rolls of toilet paper*); atau *corrugated cardboard*). Beberapa contoh bahan dan formulasi yang digunakan adalah 1) hexaflumuron, triflumuron, noviflumuron, dan phenyl pyrazole dengan formulasi berupa umpan beracun (*bait toxicant*); dan 2) arsenic trioxide, triflumuron, dan phenyl pyrazole dengan formulasi berupa tepung (*dust*).

Metode pengumpanan pada prinsipnya menggunakan sifat biologis rayap yaitu sifat tropolaksis dan grooming dalam mendistribusikan racun pada anggota koloni lainnya. Bahan aktif yang digunakan harus bersifat slow action sehingga menjamin tersebarnya racun kepada seluruh anggota koloni.

Teknis aplikasi tepung racun (*arsenic trioxide*) dapat dilakukan dengan menggunakan hand blower yang ditiupkan pada liang kembara rayap. Tepung racun akan menempel pada tubuh rayap dan disebarkan ke anggota koloni lainnya. Tepung racun dapat pula diaplikasikan dengan menggabungkannya dalam sistem perangkap makanan (*food trapping*) seperti halnya pada aplikasi umpan beracun. Pengembangan lain dari penggunaan tepung beracun adalah dengan teknik tangkap, pemberian perlakuan, dan lepas (*trap-treat dan release*).

Sementara itu, teknologi umpan beracun diaplikasikan dengan cara menanam umpan dipermukaan tanah mengelilingi bangunan gedung, dapat pula diletakkan di dalam bangunan gedung, yaitu pada titik di mana aktivitas rayap ditemukan, misalnya, pada struktur kuda, kusen pintu atau jendela, lemari dapur, dinding tembok, dan lain-lain.

Keberhasilan penggunaan umpan tergantung pada tingkah laku dari aktivitas jelajah rayap, jenis umpan yang digunakan (bentuk, ukuran, dan kandungan bahan aktif), daya tarik umpan, dan cara bagaimana umpan racun ditempatkan dilapangan. Teknik ini memiliki beberapa keuntungan, diantaranya lebih ramah lingkungan karena bahan kimia yang digunakan tidak mencemari tanah, memiliki sasaran yang spesifik (rayap), mudah dalam penggunaannya, dan mempunyai kemampuan mengeliminasi koloni secara total.

4) Pengendalian Hayati

Walaupun belum banyak berkembang pengendalian hayati cukup potensial untuk menekan populasi rayap. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan potensi nematoda sebagai agen pengendalian hayati. Nematoda mampu ditularkan dari satu individu rayap ke individu yang lain setelah penularan oleh satu individu nematoda dewasa. Namun demikian, masalah utama penggunaan nematoda untuk

pengendalian adalah dalam mensterilkan rayap. Rayap yang terinfeksi oleh nematoda cenderung diisolasi dari koloninya oleh rayap pekerja lainnya, sehingga menghambat infeksi nematoda lebih lanjut.



Gambar 28. Aplikasi tabung umpan rayap di sekitar bangunan

2. Pengendalian Rayap pada Tanaman

Tindakan pengendalian rayap yang menyerang tanaman secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi cara-cara untuk: (1) mencegah rayap memperoleh jalan masuk ke dalam tanaman inang; (2) mengurangi jumlah rayap yang berada di lokasi tanaman; dan (3) membuat tanaman itu sendiri memiliki ketahanan terhadap serangan rayap. Tindakan pengendalian rayap tersebut dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar, yaitu melalui teknik pengendalian kimiawi (*chemical control*) dan teknik pengendalian non kimiawi (*non chemical control*).

a. Pengendalian Kimiawi

Pengendalian rayap hingga saat ini masih mengandalkan penggunaan insektisida kimia (termitisida) dalam formulasi cair maupun butiran, pengendalian nonkimiawi dengan musuh alami (pengendalian hayati) masih sangat terbatas digunakan karena efektifitasnya dinilai masih sangat rendah. Termitisida dari kelompok organoklorin seperti klordane, aldrin, dieldrin sangat ampuh mengendalikan rayap pada tanaman. Namun demikian, penggunaan senyawa kimia ini untuk memberikan perlindungan terhadap tanaman dilakukan sebelum larangan penggunaan organoklorin dan sejak keluarnya Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 14/Kpts/TP.270/92, dinyatakan bahwa peredaran dan penggunaan insektisida klordane dan dieldrin dicabut dari seluruh wilayah Indonesia sehingga termitisida ini tidak lagi dapat dipergunakan. Pada saat ini, beberapa jenis termitisida yang dapat digunakan adalah permetrin, oftanol, chlorpyrifos, endosulfan, carbofuran, dan tablet fumigan aluminium fosfida. Chlorpyrifos telah digunakan secara luas untuk perlindungan tanaman, dan memiliki keandalan yang cukup baik.

Jenis termitisida baru, yaitu fipronil dan imidaklorprid (nitro

gaunidine) banyak juga dipergunakan untuk mengendalikan rayap pada tanaman. Fipronil memiliki mekanisme mengganggu sistem saraf pusat khususnya gangguan pada pertukaran ion-ion klorida melalui Gamma Amino Butyric Acid (GABA). Termitisida ini pada dosis rendah dapat menyebabkan rayap menjadi rentan dan mudah terinfeksi oleh pathogen, musuh alaminya baik jamur maupun nematoda sehingga koloni akan mengalami kemunduran.

Pengendalian secara kimia dengan menggunakan termitisida dapat diaplikasikan dalam beberapa cara. Yang umum dilakukan adalah melalui penyemprotan (spraying), melalui teknik penyuntikan (injection) dan penyiraman (drenching). Jenis termitisida yang digunakan harus bersifat tidak beracun bagi tanaman dan tidak terdekomposisi dalam waktu yang lama pada organ tanaman terutama organ tanaman yang dikonsumsi.

1) Penyemprotan Batang

Batang pohon yang terserang rayap dicirikan dengan adanya liang-liang kembara rayap pada permukaan kulit batang. Penyemprotan batang diaplikasikan dengan menggunakan power spraying atau alat penyemprot punggung. Tidakan penyemprotan dapat membunuh rayap yang berada dipermukaan batang dan merusak liang-liang kembaranya, namun rayap yang bersarang di dalam batang tidak akan terlalu terpengaruhi oleh perlakuan tersebut karena termitisida tidak mampu berpenetrasi ke dalam batang kecuali apabila digunakan insktisida sistemik yang mampu terdistribusi melalui sistem pengangkutan tanaman.

2) Injeksi Batang Tanaman

Rayap yang bersarang di dalam batang pohon dapat dikendalikan dengan melakukan injeksi termitisida ke dalam batang dengan terlebih dahulu melakukan pengeboran batang dengan menggunakan bor kayu hingga mencapai sarang rayap/liang kembara rayap di dalam batang.

3) Penyiraman (*Drenching*) di Sekitar Sistem Perakaran

Penyiraman termitisida di sekitar sistem perakaran bertujuan untuk mencegah masuknya rayap ke dalam tanaman inang. Di sekitar sistem perakaran (0,5 meter) dari batang pohon dibuat peait sedalam 15 cm kemudian ke dalam parit tersebut disiramkan termitisida sebanyak 2,5 – 4 liter per meter.

4) Perlakuan pada Lubang Tanam

Pada saat penanaman atau penggantian pohon yang sudah mati dan akan diganti dengan pohon baru, maka lubang tanam perlu mendapat perlakuan anti rayap. Perlakuan pada lubang tanam dapat dilakukan dengan menggunakan termitisida cair yang diaplikasikan dengan penyiraman atau dengan menggunakan termitisida dalam formulasi butiran yang dicampur dengan tanah. Perlakuan ini berfungsi untuk mencegah masuknya rayap tanah ke dalam

tanaman inang.

5) **Pembasmian Sarang**

Untuk cara ini umumnya digunakan senyawa kimia yang mudah menguap (fumigant) atau dengan menggunakan termitisida cair yang disuntikkan ke pusat sarang rayap di dalam tanah.

b. **Pengendalian Non Kimiawi**

Pengendalian non kimia dapat dilakukan dengan teknik budidaya, mekanik, pengendalian hayati, penghancuran sarang dan penghilangan ratu, serta menggunakan tanaman yang tahan terhadap serangan rayap.

1) **Teknik Budidaya**

Pengendalian dengan teknik budidaya dilakukan sejak persiapan lahan, pengolahan tanah, pemilihan jenis, sampai pemeliharaan tanaman. Persiapan lahan bekas hutan untuk perkebunan harus menjamin bahwa lahan tersebut bukan habitat yang baik untuk rayap, maka hal-hal yang perlu diperhatikan adalah kayu-kayu dari sisa penebangan sebaiknya dikumpulkan, kemudian dikeringkan dan dibakar sampai kayu habis, dan kemudian dilakukan pengolahan tanah. Pengendalian rayap melalui teknik budidaya dapat juga dilakukan dengan memanipulasi kelembaban tanah melalui teknik irigasi, di mana faktor kelembaban berhubungan dengan serangan rayap pada tanaman. Pengaturan irigasi harus menjamin bahwa kondisi tempat tumbuh memberikan dukungan bagi tanaman dan menciptakan kondisi yang tidak menguntungkan bagi rayap.

2) **Sanitasi dan Pengendalian Secara Mekanik**

Pengendalian rayap secara mekanik dilakukan dengan mengurangi kelimpahan bahan organik di areal tanaman yang diduga merupakan sumber nutrisi atau sarang rayap, terutama ranting atau batang kayu yang telah mulai melapuk. Pengendalian secara mekanik juga dilakukan dengan pembongkaran sarang agar memudahkan musuh alami masuk ke dalam sarang untuk memangsanya.

3) **Pengendalian Hayati**

Populasi rayap di alam, seperti serangga lainnya dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik. Salah satu faktor biotik yang mempengaruhi pertumbuhan populasi adalah musuh alami. Oleh karena itu, musuh alami dapat digunakan dalam pengendalian rayap yang seringkali dikenal sebagai pengendalian hayati. Terminologi pengendalian hayati mencakup introduksi dan manipulasi musuh alami. Manipulasi musuh alami yang memerlukan bantuan manusia disebut Biological Control, sedangkan pengendalian hayati tanpa campur tangan manusia dinamakan dengan Natural Control.

Musuh musuh alami rayap yang dikenal adalah nemaroda, jamur, dan virus, di samping organisme lain seperti semut dan predator pemakan laron. Nematoda merupakan agen pengendalian biologis

yang diduga cukup efektif dan memberikan harapan karena habitat rayap dan nematoda yang selalu berhubungan dengan tanah, terutama untuk rayap yang hidup di dalam sarang bukit.

Berbagai jenis patogen lain yang dikembangkan untuk mengendalikan rayap antara lain Nuclear Polyhidrosis Viruses (NPV), iridoviruses, jamur (*Metarhizium* spp.), protozoa Microporidium yang dapat mematikan rayap. Sementara itu, virus *Polyhedrosis nucleat* yang diisolasi dari ulat daun kapas, *Spodoptera littolis* dapat menginfeksi rayap.

Namun demikian, tampaknya secara umum efektifitas penggunaan musuh alami untuk pengendalian rayap di lapangan masih sangat rendah, sehingga masih diperlukan penelitian untuk meningkatkan keberhasilan infeksi antara rayap di dalam koloni dan teknik aplikasinya yang paling tepat.

c. Pengendalian secara Terpadu

Dampak negatif penggunaan pestisida baik terhadap serangga hama sendiri, manusia, maupun lingkungan merupakan kekhawatiran yang telah lama muncul. Pengendalian rayap pada bangunan gedung dan lingkungan agroekosistem harus mulai menggunakan pendekatan dan pengendalian hama secara terpadu (*integrated termite management*).

Pengendalian secara terpadu memiliki dasar ekologis, biologi, dan tingkah laku serangga ini, serta menyandarkan diri pada faktor-faktor mortalitas alami seperti musuh alami, manipulasi kondisi lingkungan, dan penggunaan teknik pengendalian lain yang memiliki dampak negatif minimal. Sebagai contoh, pengendalian serangan rayap pada bangunan gedung secara terpadu tidak lain merupakan penggunaan berbagai teknik pengendalian rayap dalam satu program terpadu yang mencakup upaya pencegahan melalui perbaikan desain gedung, pengawasan bangunan secara rutin, dan perhatian terhadap faktor-faktor perusak bangunan dan lingkungannya yang akan dapat mengurangi resiko bahaya dari serangan rayap. Sedangkan pada bangunan yang telah terserang, tambahan aplikasi teknologi juga diperlukan untuk mengendalikan secara tepat termasuk teknologi pengumpanan (*bait technology*), *dust toxicant*, maupun perlakuan tanah dengan termitisida ramah lingkungan.

Penerapan pengendalian rayap secara terpadu memerlukan berbagai informasi penting, seperti, 1) tingkat bahaya serangan rayap (*termite hazard class*) di suatu daerah yang merupakan sintesis dari keragaman rayap yang ada, kondisi iklim habitat rayap, serta kondisi faktor edafis yang mendukung kehidupan rayap; 2) kondisi bangunan atau areal tanaman; 3) derajat kerusakan; serta 4) informasi lainnya (teknik pengendalian, tingkat perawatan yang telah dilakukan, dan lain-lain). Informasi tersebut akan menentukan penerapan perlindungan bangunan atau tanaman dari serangan rayap secara terpadu.

Monitoring serta pemeriksaan serangan rayap adalah bagian terpenting dari penerapan pengendalian secara terpadu, khususnya pada bangunan yang telah berdiri.

Pengendalian secara terpadu pada lingkungan agroekosistem akan memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi. Melakukan pengendalian pada tanaman yang sudah terserang di samping memerlukan biaya yang tinggi, juga tingkat keberhasilannya jauh lebih rendah. Oleh karena itu, sejak pengembangan konsep areal tanaman, pembukaan lahan, pemilihan jenis tanaman, teknik pengolahan tanah, dan kegiatan-kegiatan pemeliharaan tanaman (monitoring, penyiangan, pemupukan dan lain-lain) masalah potensi serangan rayap perlu menjadi bagian yang tidak terpisahkan.

d. Teknologi Alternatif Pengendalian Rayap

Teknologi pengendalian hama ramah lingkungan mengacu pada kemampuan bahan-bahan tersebut di mana dalam pemakaiannya memiliki sifat *biodegradeble*, artinya residu bahan tersebut mudah terurai secara alami oleh komponen-komponen alam. Hal lain yang penting bagi teknologi ramah lingkungan adalah bahan tersebut tidak berbahaya bagi manusia dan makhluk lainnya, serta toksisitasnya bersifat selektif.

Gelombang perkembangan teknologi alternatif pengendalian rayap sekarang adalah dengan mengembangkan pestisida yang sangat selektif (tidak mempengaruhi organisme bukan sasaran). Seperti hormon anti pertumbuhan, bahan-bahan kimia derivat hasil alam (sintetik) serta analog-analognya.

Akhir-akhir ini kajian tentang biologi insektisida atau teknologi antibiotik (entomopatogen) untuk mengendalikan rayap menjadi perhatian besar untuk mengurangi pemakaian insektisida kimia seperti penggunaan jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) yang cukup ampuh membunuh rayap *Coptotermes* sp. Selain itu ada juga racun Delta-endotoksin yang berasal dari bakteri *Bacillus thuringiensis* yang dikenal dengan nama BT (*Thuricide*) dan *Avermectins* yang berasal dari jamur *Stereptomyces avermitilis*.

Usaha-usaha pemanfaatan natural atau zat ekstraktif yang terdapat di dalam kayu mulai dikembangkan dengan memanfaatkan adanya komponen bio-aktif yang bersifat racun dan secara alami mempunyai kemampuan untuk menahan infestasi organisme perusak kayu atau lainnya. Fraksi *n*-heksana dari kayu sonokembang (*Dalbergia latifolia*) dan eboni (*Dyospiros celebica*) serta fraksi tak larut dari kayu torem menunjukkan sifat anti rayap yang tinggi terhadap rayap *C. curvignathus*. Fraksi *n*-heksana dari kayu tanjung dan kayu sawo kecik juga menunjukkan hal yang sama. Fraksinasi bertingkat dari kulit kayu pucung (*Pangium edule* Reinw) dalam konsentrasi rendah mampu menghambat serangan rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus*

Light.

Jenis-jenis peniru hormon (*hormone mimics*) juga mulai dikembangkan seperti *Methorene* yang meniru hormon juvenil untuk mencegah kedewasaan serangga. Juga dikembangkan teknologi untuk membuat rayap menjadi mandul.

LATIHAN

1. Jelaskan pengendalian rayap yang ramah lingkungan !

RANGKUMAN

1. Serangan rayap pada tanaman dapat menyebabkan kerusakan fisik secara langsung dan seringkali mempengaruhi struktur perakaran tanaman. Akibat lainnya adalah terganggunya proses pengambilan hara dan suplai air pada tanaman inang serta menurunnya ketahanan tanaman inang terhadap serangan faktor perusak lain seperti penyakit dan hama lainnya. Beberapa contoh species rayap yang penting sebagai hama adalah *Coptotermes curvignathus*, *Macrotermes gilvus*, *Odontotermes* spp, *Schedorhinotermes javanicus*, *Microtermes* spp, dan *Neotermes tectonae*.
2. Jalan utama rayap dapat masuk ke dalam bangunan, yaitu menyerang langsung kayu yang berhubungan dengan tanah, melalui retakan-retakan dan celah-celah plesteran, pondasi dinding tembok, membangun liang-liang kembara di atas bahan-bahan yang tak dapat ditembus untuk mencapai sasaran dan menembus objek-objek penghalang seperti plastik, logam tipis, dan lain-lain walaupun penghalang tersebut bukan objek makanannya.
3. Prinsip Pest Control adalah penerapan kombinasi dari semua metode yang ada dan memungkinkan dengan cara-cara pelaksanaan teknis yang dapat dipertanggungjawabkan, dengan atau tidak dengan menggunakan pestisida, untuk mencapai hasil yang seefektif mungkin dengan resiko bahaya yang sekecil-kecilnya bagi pelaksana, orang lain, binatang maupun tanaman piaraan serta lingkungan hidup, dengan biaya yang serendah mungkin. *Termite Control* pun berpegangan pada prinsip tersebut.
4. Pengendalian serangan rayap pada bangunan meliputi upaya pencegahan serangan rayap dan pemberantasan atau menyembuhkan bangunan yang terserang rayap. Pengendalian rayap pada bangunan secara non kimia yaitu dengan perubahan mekanik dan sanitasi dan praktek pembangunan yang baik. Pengendalian rayap secara kimia yaitu dengan peracunan kayu (*wood treatment*), peracunan tanah (*soil treatment*) dan peracunan pondasi Tindakan pengendalian rayap yang menyerang tanaman dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar, yaitu melalui teknik pengendalian kimiawi (*chemical control*) dan teknik pengendalian non

kimiawi (*non chemical control*).

TES FORMATIF

1. Bagaimana pengaruh serangan rayap terhadap tanaman pertanian, perkebunan dan kehutanan?
2. Bagaimana cara rayap masuk menyerang bangunan?
3. Jelaskan langkah-langkah yang dilakukan untuk mengendalikan serangan rayap :
 - a. pada bangunan
 - b. pada tanaman

DAFTAR PUSTAKA

- Nandika, Rismayadi dan Diba. 2003. Rayap Biologi dan Pengendaliannya. Universitas Muhammdiyah Surakarta.
- Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Negeri.
- Tarumingkeng, Rudi. 2004. Biologi dan Perilaku Rayap. File :www.htm Biologi dan Perilaku Rayap. 5/21/2004.

BAB IX. KUMBANG KAYU DAN LEBAH

Kumbang atau ordo coleoptera merupakan bagian terbesar dari klas Insecta, dengan jumlah spesies kira-kira 350.000 atau 40 persen dari jumlah spesies serangga. Ordo ini terdiri dari 110 famili dimana 9 diantaranya merupakan faktor penting dalam deteriorasi kayu. Nama umum yang ditimbulkan oleh kesembilan famili tersebut disajikan pada Tabel 8.

Lebah atau ordo Hymenoptera merupakan ordo terbesar ketiga dalam klas insekta dengan jumlah spesies kira-kira 103.000. Dari 71 famili yang ada di Amerika Serikat, kebanyakan menguntungkan bagi manusia. Hanya tiga famili saja yang penting dalam perusakan kayu yaitu : Formicidae, Xilocopodae, dan Siricidae

Setelah mempelajari bab ini diharapkan :

1. Mahasiswa dapat menjelaskan jenis-jenis kumbang kayu.
2. Mahasiswa dapat menjelaskan kerusakan-kerusakan kayu yang disebabkan oleh kumbang kayu.
3. Mahasiswa dapat menjelaskan kerusakan kayu yang ditimbulkan oleh lebah.

A. Biologi Kumbang

Ciri utama dari anggota-anggota ordo ini ialah: (a) mempunyai dua pasang sayap , dimana sayap depannya tebal dan keras (= elytra) sedangkan sayap belakang berupa membrane (selaput tipis), (b) metamorprosa sempurna, (c) bagian-bagian mulut berkembang sempurna dengan tipe mengunyah.

Anggota-anggota dari ordo Coleoptera sering disebut bubuk, dan dibagi menjadi dua golongan yaitu bubuk kayu kering dan bubuk kayu basah.

1. Bubuk kayu kering

Disebut bubuk kayu kering (Powder post beetles) karena larva dari jenis ini menggerok kayu dan ekremen-ekremen yang dihasilkan bentuknya halus menyerupai tepung. Bubuk kayu kering ini hanya terdapat pada jenis kayu yang kering. Lubang gerekannya tidak jauh dari lubang serangga, serangan biasanya sejajar dengan arah serat, berisi tepung hasil gerkannya. Bubuk kayu kering ini umumnya terdapat pada mineral tua.

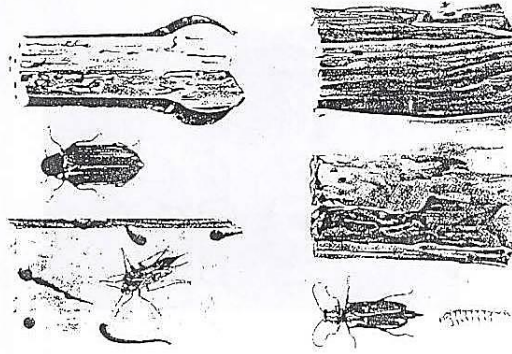
Beberapa famili yang terpenting dari ordo ini adalah *Lyctidae*, *Anobidae*, *Cerambycidae*, dan *Bostrichidae*.

a. Famili Lyctidae

Penyebaran famili ini sangat luas, hampir diseluruh tempat di dunia ini (kosmopolita). Menurut Kollman (1968), anggota famili ini berwarna merah kecoklat-coklatan, panjang badan rata-rata 2 sampai 7 mm tergantung dari spesiesnya. Kumbang ini bertelur di dalam kayu, yaitu dengan memasukkan ovipositor ke dalam pori-pori kayu sedalam $\pm 1,5$ cm.

Kumbang ini hanya merusak kayu gubal, serta kayu-kayu kelas awetnya rendah. Siklus hidup *Lyctus* (mulai telur sampai imago) rata-rata

memakan waktu satu tahun.



Gambar 29. Contoh kumbang penggerek kayu dan bentuk kerusakannya

Imago betina rata-rata bertelur sebanyak 60 butir dan dimasukkan ke dalam pori kayu sedalam 1/8 inci atau 3.2 mm. Telur ini akan menetas menjadi larva dan larva inilah yang sebenarnya merusak kayu, karena membuat saluran-saluran ke segala penjuru. Kayu yang diserang oleh *Lyctus* tidak tampak dari luar, selain beberapa tempat terdapat lubang-lubang kecil tempat imago keluar. Diameter lubang ini kira-kira 1.5 mm dan pada lubang ini akan terdapat eksremen-eksremen berbentuk tepung yang warnanya tergantung dari warna kayu yang diserangnya.

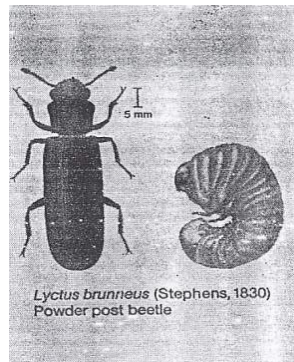
Beberapa dari famili *Lyctidae* ini yang terkenal adalah:

- *Lyctus brunneus* Stephens yang menyerang kayu kelas awet rendah, meubel, papan rumah dan lain-lain
- *Minthea rugicolis*, menyerang bambu dan rotan
- *Xylothrips flavipea* yang menyerang kayu laban di Australia.

Di antara serangga bubuk kayu yang sangat penting dari segi pengaruh dan besarnya kerusakan, adalah kumbang *Lyctus*. Serangga-serangga ini hanya menyerang kayu daun lebar dengan diameter pembuluh yang sangat besar untuk menerima telurnya. Kepekaan kayu terhadap serangan ini ditunjukkan oleh kadar patinya, karena pati adalah zat makanan pokok bagi larva *Lyctus*. Karena itu kerusakan terbatas pada kayu gubal dari spesies-spesies yang peka, tetapi ini pun mungkin menunjukkan variasi yang besar dalam kehebatan serangan, tergantung pada kecepatan pengeringan kayu ditebang. Jika pengeringan ditangguhkan, atau kayunya direndam di dalam air sesudah kayu ditebang, maka sel-sel parenkim dalam kayu gubal meneruskan kegiatan dan pati yang dikandungnya mungkin seluruhnya diubah menjadi zat-zat lain, sehingga kayunya akan kebal terhadap serangan *Lyctus*. Di lain pihak, jika kayu dikeringkan cepat atau dikenakan suhu yang tinggi, seperti dalam pengukusan, maka sel-sel parenkim mati sebelum persediaan pati dihabiskan dan karena itu kayu gubal peka terhadap serangan. Lagi pula, rusak karena *Lyctus* biasanya hanya berasosiasi dengan kayu yang kering angin atau dikeringkan di dalam tanur. Tetapi penelitian pada kayu gubal oak yang dilakukan di Inggris menunjukkan bahwa meskipun lebih menyukai kayu kering, kumbang *Lyctus* dapat menyerang

kayu dengan kadar air sampai 40 persen, telur-telur diletakkan dan larva berkembang dalam spesimen-spesimen dengan kadar air 10 sampai 28 %. Jika kadar air turun di bawah 8 persen, kayu yang dipakai dalam percobaan ini tidak diserang.

Papan, meubel, kayu bangunan, kayu perkakas dan kayu bantalan kereta, tong-tong kayu dan lain-lain produk yang dibuat dari kayu gubal dari spesies yang peka kerap kali rusak berat dan kayu-kayu yang disimpan untuk waktu yang cukup lama mungkin begitu rusak sehingga praktis tidak bisa digunakan. Kerusakan dalam produk kayu daun lebar yang dikeringkan mungkin besarnya 10 sampai 50 persen dari nilai persediaan kayu seorang pengusaha atau penjual, sedangkan kerugian financial di seluruh negara sudah pasti jutaan dolar.



Gambar 30. Kumbang Bubuk *Lyctus* Sp.

b. Famili Anobidae

Famili ini dikenal sebagai “the furniture beetles” dan “death watch beetles”. Daerah penyebaran famili ini dapat ditemukan hampir di seluruh dunia dan merupakan hama yang terpenting bagi produksi dan struktur kayu. Kerusakan yang ditimbulkan tidak jauh berbeda dengan *Lyctus*.

Kayu yang dirusak biasanya kayu tua termasuk kayu lapis. Lubang gerek kecil, bulat dan mengeluarkan eksremen berbentuk tepung. Tepung ini jika dilihat di bawah mikroskop berbentuk silindris lancip.

Larvanya kecil, panjang rata-rata sepertiga inci atau 8,5 mm, berbentuk huruf “c” (*eruciform*), berwarna keputih-putihan. Bagian punggungnya berduri kecil-kecil, bentuk kepala bulat, mulut terletak di bagian bawah, kaki pada torax dan beruas lima.

Jenis yang terkenal di Indonesia adalah *Rasioderma serricone*. Binatang ini merupakan hama tembakau yang sedang dikeringkan, hebarium material kopra, bungkil dan lain-lain.

c. Famili Cerambycidae

Famili ini sering disebut “longhorned beetles” atau “round headed borers”, dan merupakan famili yang sangat besar (lebih kurang 13.000 spesies) terutama untuk menyerang hutan.

Beberapa spesies ini menyerang pohon kayu yang hidup, dan juga pernah ditemukan menyerang kayu-kayu bangunan. Jenis kumbang ini

dapat ditemukan di Rusia, Afrika Selatan, Australia, Amerika Serikat, dan Amerika Utara.

Larva dewasa panjangnya mencapai 35 mm. Larva ini melubangi kayu gubal dari beberapa jenis conifer sebelum menjadi pupa.

Periode hidup suatu larva tergantung kepada kualitas dan kuantitas makanannya, temperatur, serta kadar air kayu yang ditempatinya. Walaupun larva dapat menghancurkan selulosa, tetapi ternatas pada selulosa kayu gubal saja. Albumen yang terdapat pada kayu-kayu yang sudah mati sangat dibutuhkan oleh larva untuk berkembang. Jika kosentrasi albumen telah berkurang, larva ini kemudian akan mati.

Setelah periode pupa dilewati (lebih kurang 3 minggu) ia akan bertambah besar dan setelah dewasa berwarna hitam. Kemudian kumbang ini akan keluar dari lubangnya dan membuat lubang baru mengulangi siklus hidupnya. Jenis yang penting dari famili ini ialah *Cholopherus anularis* yang terdapat di Sumatera dan banyak menyerang kayu-kayu kering.

d. Famili Bostrichidae

Famili ini sering juga disebut “anger” atau “shot hole borers”. Jenis dari famili ini mempunyai bentuk dan cara hidup yang hampir menyerupai Lyctus, sehingga banyak ahli hama yang berpendapat bahwa Lyctidae adalah subfamili dari famili Bostrichidae.

Serangannya pada kayu menyerupai serangan yang ditimbulkan oleh Lyctus pula, tetapi besar salurannya lebih besar, rata-rata berdiameter 1/10 inci sampai 1/8 inci atau 2,5 mm sampai 3,2 mm. bentuk larvanya kecil, panjangnya ¼ - 4/4 inci (6,35 mm – 19,1 mm), berwarna putih dan berbentuk eruciform dan kepalanya berbentuk bulat.

Famili ini menyerang kayu yang mempunyai kelas awet rendah, dan memakan zat tepung yang terdapat pada kayu-kayu tersebut. Jenis yang terkenal di Indonesia adalah *Heterobostrychus aequalis* yang panjangnya 6 mm – 11 mm dan saluran larvanya berdiameter 3 mm. jenis ini merusak rotan, bambu, dan peti-peti timbunan triplex, juga sering pada gaplek. Jenis yang terkenal lainnya adalah dari genus *Dinoderus* yaitu : *D. minutus*, *D. brevis*, *D. ocellaris* yang semuanya merupakan hama bambu dan rotan.

2. Bubuk Kayu Basah

Serangga bubuk kayu basah sering disebut dengan Ambrosia beetles atau “pin-hole borers”. Ambrosia beetles ini hidup dari fungi (*mold*) yang hidup pada dinding lubang-lubang yang dibuatnya pada kayu yang baru ditebang. Umumnya untuk dapat hidup ia membutuhkan kadar air di atas 40%, sedangkan pada kadar air di bawah 25 % kumbang ini akan mati.

Lubang geraknya dalam sekali dengan arah yang tegak lurus serat. Kayu yang diserang, jelas dapat dilihat dengan adanya lubang-lubang kecil dengan ukuran ½ sampai 2 mm berwarna kehitam-hitaman pada tepinya. Menurut perkiraan ada kurang lebih 1.000 jenis Ambrosia beetles. Jenis ini sebenarnya tidak menurunkan kekuatan kayu, tetapi dengan adanya lubang-

lubang kayu yang kotor akan menurunkan kualitas dari pada kayu tersebut.

Dalam perkembangan hidupnya bubuk kayu basah melewati empat fase atau stadium yaitu stadium telur, larva, pupa, dan imago. Imago berukuran kecil dengan panjang tubuh berkisar 1 mm sampai 11 mm, berbentuk silindris walaupun beberapa spesies dapat berbentuk oval dan warna tubuh bervariasi dari coklat kemerahan sampai hitam. Tubuh halus dan bersinar atau ditutupi oleh rambut halus atau bulu-bulu yang kadang-kadang kasar. Bubuk kayu basah seperti juga Coleoptera lainnya melewati empat stadium dalam metamorphosisnya, yaitu :

a. Stadium Telur

Telur biasanya sangat kecil, panjangnya 0,5 sampai 1,0 mm, diameter berkisar 0,3 sampai 0,7 mm, berbentuk oval dan putih tembus cahaya. Seekor kumbang betina meletakkan telur sampai 200 telur biasanya dikeluarkan satu persatu.

b. Stadium Larva

Larva mempunyai ukuran panjang berkisar dari 1 sampai 11 mm dan diameter tubuhnya 0,3 sampai 2,5 mm berbentuk silindris dan berwarna putih krem. Larva ini membuat pergerakan secara bertahap dengan kontraksi ruas-ruas tubuhnya. Lama stadium larva ini bervariasi dari 9 sampai beberapa bulan. Variasi ini disebabkan oleh perbedaan iklim tetapi juga tergantung pada kondisi dari rumah inangnya (host material).

c. Stadium Pupa

Pupa berwarna putih dan lebih kecil dari pada larva. Pada stadium ini pupa terbaring dan tidak aktif bergerak (immobile), kecuali pada bagian abdomen yang akan bergerak aktif jika pupa tersebut diganggu. Lama stadium pupa bervariasi dari 3 sampai 14 hari.

d. Stadium Imago

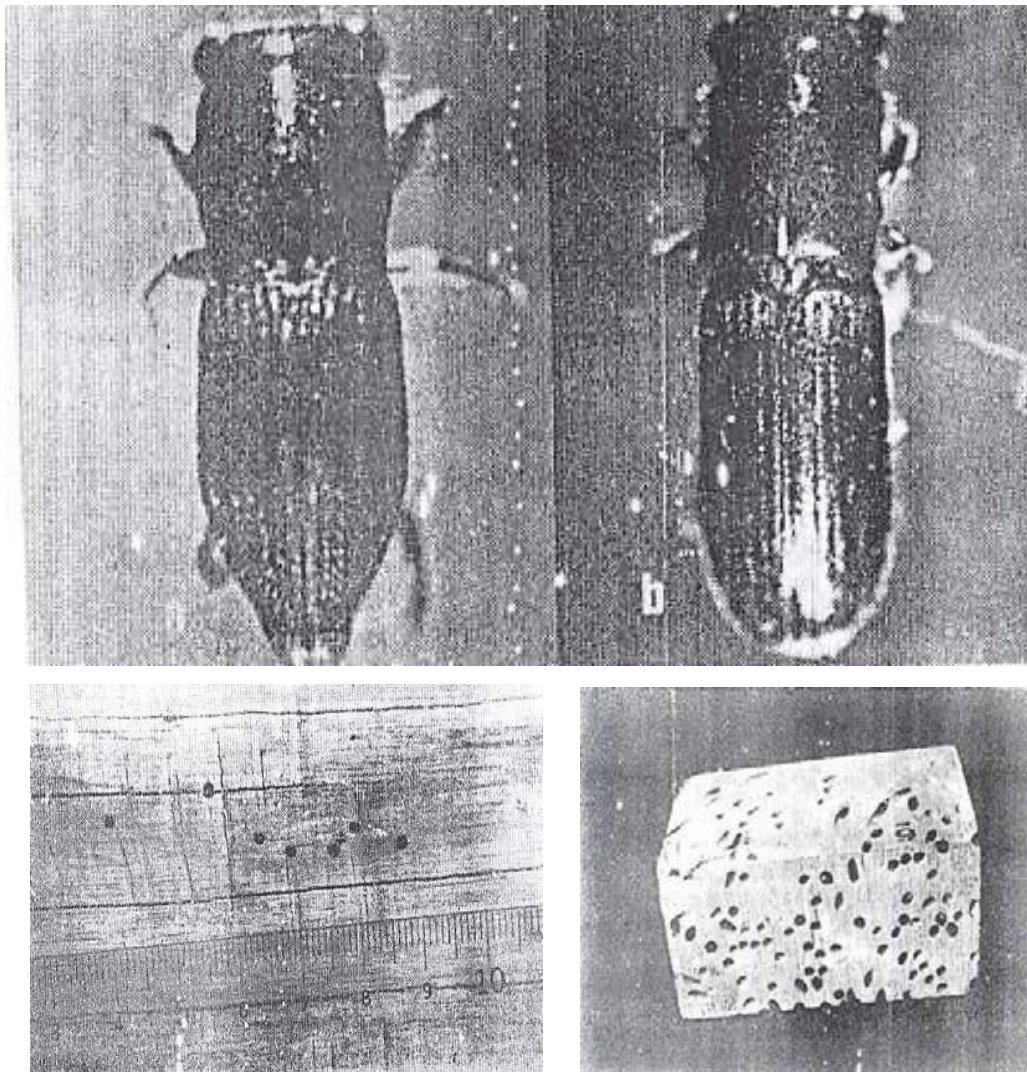
Kumbang mempunyai ukuran tubuh dengan panjang berkisar dari 0,8 sampai 0,9 mm, berbentuk silindris dengan ukuran tubuh maksimum berdiameter 0,3 sampai 2,5 mm dan berwarna coklat kemerahan-merahan. Segera setelah periode pupa berakhir, kumbang berwarna kuning muda dengan tambahan adanya bagian mata dan mulut. Dalam waktu singkat kemudian berubah menjadi coklat gelap atau hitam. Lama stadium ini dapat dibagi 3 tahap yaitu : waktu yang digunakan kumbang untuk makan (feeding) dan mendewasakan (maturing) di dalam liang gerak induk, waktu yang digunakan untuk membuka sayap dan terbang ke inang (host) lain; dan waktu yang digunakan untuk membuat liang gerak sebagai tempat untuk keturunan baru. Lama masing-masing tahap bervariasi, sehingga total waktu bagi kumbang dewasa juga bervariasi

Siklus hidup kayu masih basah biasanya dimulai dengan munculnya kumbang muda dari liang gerak induk. Pada genus yang jantannya pasif dianggap bahwa kumbang betina yang subur di dalam liang gerak akan memimpin untuk menempati liang gerak baru.

Cara atau kebiasaan makan dari bubuk kayu basah termasuk dalam golongan Xylo-mycetophagous, kumbang hidup dalam liang gerak dan

memakan mould yang hidup dalam liang gerak tersebut. Sebagian dari famili scolytidae dan platypodidae bersifat herbiphagous yaitu memakan jaringan halus dari tumbuhan herba, sepermaphogous yang memakan biji atau bagian luar dari buah ; phoephagous yang hidup dan makan dalam jaringan-jaringan hidup dan kulit, serta xylophagous yang merupakan pemakan kayu.

Kerusakan akibat serangan bubuk kayu basah disebabkan karena timbulnya liang gerak yang menembus kayu dan noda yang terdapat disekeliling lubang gerak tersebut. Noda-noda tersebut timbul akibat penyebaran hifa jamur yang hidup bersama kumbang. Contoh serangga penggerek dari bubuk kayu basah dan kerusakannya masing-masing dapat dilihat pada gambar 22.



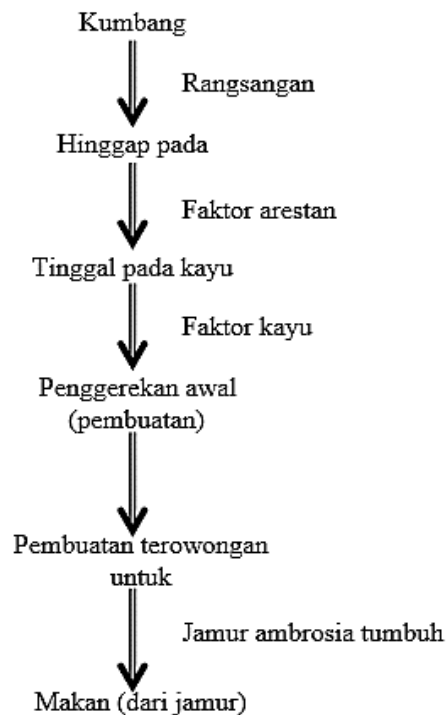
Gambar 31. Kumbang Ambrosia Platypus Chapman dan contoh kerusakan kayu oleh bubuk kayu basah

Arti ekonomi bubuk kayu basah sebagian besar tergantung pada bentuk dan ukuran kayu yang diserangnya. Banyak jenis-jenis bubuk kayu basah yang menyerang kayu bulat. Serangan bubuk kayu basah menjadi sangat penting kalau jumlah liang gerak yang ditimbulkannya sangat banyak sehingga mengurangi kekuatan tiang kayu.

Banyak peneliti telah berusaha untuk menunjukkan kerugian nilai ekonomis yang disebabkan oleh bubuk kayu basah, kesemuanya menunjukkan adanya kerugian ekonomis yang besar.

Serangan awal bubuk kayu basah pada kayu terjadi akibat adanya rangsangan yang ditimbulkan oleh zat-zat tertentu di dalam kayu. Kebanyakan atau hampir semua Scolytidae dan Platypodidae tertarik akan objek putih sewaktu sedang terbang. Kadang-kadang dapat dilihat bahwa pada kulit yang putih lebih hebat terserang dari pada bagian kayu yang gelap, jika faktor lain diabaikan. Tetapi satu hal yang perlu diingat bahwa bau merupakan faktor utama atau faktor rangsangan yang terpenting yang terdapat dalam jaringan hidup kayu. Karena zat pengikat (attractant) tersebut terdapat pada jaringan hidup tumbuhan atau kayu, maka kehadiran jaringan ini sangat penting untuk merangsang kumbang. Disamping faktor perangsang dari kayu, faktor kelamin (seksual) juga berpengaruh dalam mekanisme pergerakan. Pada semua famili Platypodidae dan beberapa dari Scolytidae kumbang jantan akan mencari inangnya (kayu), kemudian kumbang betina akan tertarik baik oleh rangsangan kayu maupun karena rangsangan sang jantan, bahkan kadang-kadang pada beberapa spesies ditemui rangsangan kelamin (seksual attraction) lebih dominan.

Zat pemikat yang terdapat didalam kayu tersebut merangsang kumbang datang pada kayu (rangsangan penciuman) dan mulai melakukan penggerekkan (rangsangan pengecapan). Rangsangan kumbang untuk datang terjadi pada waktu dolok itu masih segar dan baru ditebang. Serangan bubuk kayu basah pada kayu terjadi secara bertahap. Serangan bubuk kayu basah pada kayu dapat terdiri dari tahap-tahap sebagai berikut :



Gambar 32. Tahapan-tahapan serangan bubuk kayu basah pada kayu

Suatu sarang kumbang ambrosia mengandung beberapa jenis jamur ambrosia pada waktu bersamaan dan mungkin terdapat suatu suksesi jamur dalam masa koloni itu. Biasanya koloni kumbang ambrosia selalu memulai hidupnya dengan satu jenis jamur.

B. CACAT BUBUK KAYU DAN TINDAKAN PENGENDALIAN

Beberapa serangga penggerek menghasilkan apa yang disebut cacat bubuk kayu. Larva dari serangga-serangga ini menggali dalam kayu untuk mendapatkan makanan dan perlindungan, dan meninggalkan bagian-bagian kayu yang tidak dicerna dalam bentuk bubuk halus. Jika kayu yang terserang digerakkan atau digoyangkan, sisa yang berbentuk bubuk ini keluar dari lubang-lubang yang dibuat pada permukaan kayu oleh kumbang dewasa yang bersayap ketika mereka keluar untuk memperluas serangan. Larva-larva menggerogoti kayu dalam bentuk tak beraturan dan kerap kali berupa saluran-saluran yang besar dan jika serangannya hebat biasanya hanya tinggal sedikit kayu yang sehat sebagai lapisan luar yang tipis, yang mungkin mudah dihancurkan. Diantara kelompok serangga ini yang menyerang kayu dalam kondisi yang berbeda banyak, terdapat spesies-spesies yang menyerang kayu daun jarum maupun kayu daun lebar, kayu teras maupun kayu gubal, dan kayu bulat dan papan yang basah maupun yang kering. Dalam kebanyakan hal, kerusakan biasanya dapat dihindarkan dengan cara-cara sanitasi yang baik dan dengan segera mengerjakan, mengeringkan dan menggunakan produk-produk tersebut.

Tabel 8. Famili ordo Coleoptera menyebabkan kerusakan pada kayu

	Famili	Nama Umum	Tipe Kerusakan
1.	Anobiidae	Powder post beetles	Powder posting
2.	Bostrichidae	Powder post beetles	Powder posting
3.	Brentidae	Timber worm	Pin hole
4.	Buprestidae	Flat-headed borers	Grubholes, Powder posting
5.	Cerambycidae	Round-headed borers	Grubholes, Powder posting
6.	Lyctidae	Powder post beetles	Powder posting
7.	Lymexylidae	Timber worm	Pin hole
8.	Platypodidae	Ambrosia beetles	Pin hole
9.	Scolytidae	Ambrosia beetles	Pin hole

Ciri-ciri serangan dari jenis kumbang perusak kayu disajikan dalam tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Ciri-ciri dan jenis-jenis kumbang perusak kayu

Jenis serangan	Kayu yang diserang	Exit hole	Eksremen
Furniture beetles	Kayu conifer dan hardwood kering yang masih kuat ataupun lapuk	Bulat, rata-rata 1/6 inci (1,25 mm)	Pipih lonjong
Dear watch beetles	Kayu konifer dan hard wood yang lapuk. Hanya bagian yang gubal, jarang kayu teras	Bulat, rata-rata 1/6 inci, (3,2 mm)	Kasar menyerupai kismis
Jenis serangan	Kayu yang diserang	Exit hole	Eksremen
Lyctus powder post	Kayu hardwood yang kering atau sedang dikeringkan	Bulat, rata-rata 1/6 inci (3,2 mm)	Halus seperti tepung
House long horn beetles	Hanya gubal. Kayu konifer kering bagian kayu gubal	Lonjong 3/8 inci x 3/16 inci (9,6 x 4,8 inci)	Butir-butir silindris seperti tepung
Ambrosia pin hole	Kayu conifer dan hardwood yang masih basah	Bulat dan tergantung pada jenisnya rata-rata 0,5 sampai 3,2 mm	Tidak ada tetapi lubang berwarna kehitaman
Wood boring weevils	Kayu hardwood dan konofer yang lapuk atau fresh cut	Lonjong, atau celah bagian tepi bergigi 0,18 x 1,8 mm	Lonjong lebih kecil dari pada yang dihasilkan oleh post larva anebium

Bubuk yang menyerang kayu terutama pada stadia karva, karena larva inilah yang merusak kayu. Pencegahan serangan bubuk ini dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti :

- a. Dengan merendam kayu dalam air beberapa waktu agar zat pati (karbohidrat) yang terdapat dalam kayu larut dalam air sehingga kumbang tidak akan bertelur di sana
- b. Pengeringan kayu terutama kayu-kayu gergajian

- c. Pengawetan kayu dengan menggunakan beberapa insektisida seperti
- 1) Gas hydrocyanida yang dimasukkan ke dalam kayu
 - 2) Larutan DDT 5 % atau pentahlorophenol 5 % dalam larutan minyak ringan
 - 3) Penggunaan garam-garam Wolman dengan metoda rendaman
 - 4) Pada kayu yang masih segar, perlu diberikan zat pengawet pada kedua ujungnya.

LATIHAN

1. Berikan contoh bubuk kayu kering dan bubuk kayu basah!

C. LEBAH (ORDO HYMNOPTERA)

Ordo Hymenoptera merupakan ordo terbesar ketiga dalam kelas insekta dengan jumlah spesies kira-kira 103.000. Ciri-ciri utama dari ordo ini adalah:

- Mempunyai dua pasang sayap yang berupa selaput tipis (membran).
- Bagian mulut bertipe mengunyah atau menusuk dan mengunyah.
- Biasanya mempunyai ovipositor yang berkembang sempurna.
- Bermetamorfosa sempurna.

Dari 71 famili yang ada di Amerika Serikat, kebanyakan mengutungkan bagi manusia. Hanya tiga famili saja yang penting dalam perusakan kayu yaitu *Formicidae*, *Xylocopodae*, dan *Siricidae*. Nama umum dari tipe kerusakan yang ditimbulkan oleh ketiga famili tersebut disajikan dalam Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 10. Famili dari ordo Hymenoptera yang menyebabkan kerusakan pada kayu

	Famili	Nama Umum	Tipe Kerusakan
1	Formocidae	Ants	Honey combing
2	Siricidae	Wood wasp & Horntail	Grub holes
3	Xylocopodae	Wood wasp	Grub holes

1. **Biologi Lebah**

Ordo hymenoptera ini adalah serangga yang termasuk jenis lebah. Binatang ini sebenarnya tidak menggunakan kayu sebagai makanannya, tetapi hanya sebagai sarangnya. Ordo ini sering pula disebut dengan lebah penggerek kayu (*carpenter bees*).

Lebah ini biasanya menggerek kayu-kayu yang kering dimana diameter lubang gerek berkisar antara 0,5 sampai 1 inci (1,2 sampai 2,54 mm), sedangkan dalam lubang gerek yang telah diisi dengan serbuk-serbuk bercampur dengan madu atau benang sari bunga. Selama menjadi larva dan pupa ia akan tinggal di sana, stadia larvanya berumur 7 sampai 8 minggu dengan bentuk eruciform. Suatu generasi dari lebah penggerek ini

memerlukan waktu satu tahun.

Jenis yang terpenting dari ordo ini yaitu *Xylocopa spp*, kemudian ada juga satu famili lain pada ordo ini yang merupakan hama bagi hutan yaitu dari famili Siricidae. Famili ini sering juga disebut horm-tail. Salah satu dari jenis serangga ini yang terkenal adalah *Sirex gigae* dan *Xeris spectrum* (Kollman, 1968).

2. **Tindakan Pengendalian**

Pencegahan serangan lebah penggerek dapat dilakukan dengan cara:

a. Mengecat kayu

b. Menggunakan insektisida, melalui:

- (1) Fumigasi, insektisida dimasukkan ke dalam lubang penggerek.
- (2) Penyemprotan langsung dengan larutan DDT.

LATIHAN

1. Sebutkan ciri-ciri lebah (ordo hymenoptera)!

RANGKUMAN

1. Anggota-anggota dari ordo Coleoptera sering disebut bubuk, dan dibagi menjadi dua golongan yaitu bubuk kayu kering dan bubuk kayu basah.
2. Larva bubuk kayu kering (Powder post beetles) menggerek kayu dan ekremen- ekremen yang dihasilkan bentuknya halus menyerupai tepung. Bubuk kayu kering ini hanya terdapat pada jenis kayu yang kering. Beberapa famili yang terpenting dari ordo ini adalah : Lyctidae, Anobidae, Cerambycidae, dan Bostrichidae
3. Serangga bubuk kayu basah sering disebut dengan Ambrosia beetles atau "pin-hole borers". Ambrosia beetles ini hidup dari fungi (mold) yang hidup pada dinding lubang-lubang yang dibuatnya pada kayu yang baru ditebang. Umumnya untuk dapat hidup ia membutuhkan kadar air di atas 40 %, sedangkan pada kadar air di bawah 25 % kumbang ini akan mati. Menurut perkiraan ada kurang lebih 1.000 jenis Ambrosia beetles.
4. Bubuk yang menyerang kayu terutama pada stadia karva, karena larva inilah yang merusak kayu. Pencegahan serangan bubuk ini dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti dengan merendam kayu dalam air beberapa waktu agar zat pati (karbohidrat) yang terdapat dalam kayu larut dalam air sehingga kumbang tidak akan bertelur di sana, pengeringan kayu terutama kayu-kayu gergajian dan pengawetan kayu dengan menggunakan beberapa insektisida.
5. Ordo hymenoptera adalah serangga yang termasuk jenis lebah. Binatang ini sebenarnya tidak menggunakan kayu sebagai makanannya, tetapi hanya sebagai sarangnya. Ordo ini sering pula disebut dengan lebah penggerek kayu (carpenter bees). Lebah ini biasanya menggerek kayu-kayu

yang kering dimana diameter lubang gerek berkisar antara 0,5 sampai 1 inci (1,2 sampai 2,54 mm), Pencegahan serangan lebah penggerek dapat dilakukan dengan cara mengecat kayu dan menggunakan insektisida.

TES FORMATIF

1. Berilah contoh bubuk kayu kering dan bubuk kayu basah, serta jelaskan kerusakan kayu yang ditimbulkannya!
2. Langkah-langkah apa saja yang dapat dilakukan untuk mencegah serangan bubuk kayu!
3. Apakah lebah menyebabkan kerusakan pada kayu? Jelaskan!

DAFTAR PUSTAKA

- Kollman, F.F.P. 1968. Principles of Wood Wood Science aand Technology. Solid Wood. Vol I. Spring Ervering Berlin Heidelberg, New York.
- Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Nogor.

BAB X. DETERIORASI KAYU OLEH PENGGEREK LAUT

Wilayah Indonesia lebih kurang dua pertiga wilayahnya terdiri dari lautan, sehingga mengakibatkan hubungan antar pulau menjadi sangat penting. Untuk pelayaran antara pulau diperlukan kapal-kapal atau perahu-perahu yang terbuat dari kayu. Demikian juga kayu-kayu yang digunakan untuk pembangunan dermaga.

Penggunaan kayu tersebut selalu berhubungan langsung dengan air laut atau air payau dapat mengalami kerusakan akibat serangan dari binatang penggerek yang biasa dikenal dengan istilah Cacing Laut (*Marine Borers*).

Binatang laut penggerek kayu (*marine borers*) di beberapa daerah di Indonesia dikenal dengan nama kepong atau pembiluk. Istilah *Marine borers* mencakup semua invertebrata yang mengebor kayu dan benda-benda keras lain di laut dan payau. Binatang-binatang ini hidup tersebar hampir seluruh bagian dunia, tetapi kerusakan yang besar terutama terjadi di daerah-daerah berair hangat (*warm water regions*).

Roch (1961) dalam Suhirman dkk (1983) melaporkan cukup banyak *Marine borers* di Indonesia yang termasuk famili *Teredinidae* dan *Pholadidae*. Juga dilaporkan tiga jenis Crustacea yang menyerang contoh uji kayu-kayu *Alnizia Falcotaria*, *Agathis alba*, *Castanopsis javanica*, *Albizia procera* dan *Tectona grandis* yang perlu dipecahkan diperairan Pulau Pari.

Diperairan Karawang dan Tangerang telah ditemukan *Teredo bartschi*, *Dicyathifermanni*, *Bankia campanellata*, *Martesia striata* dan *Martesia tragilis*. Setelah mempelajari bab ini diharapkan :

1. Mahasiswa dapat menyebutkan jenis-jenis penggerek laut
2. Mahasiswa dapat menjelaskan kerusakan kayu yang disebabkan oleh penggerek laut.

A. Penggolongan Penggerek Laut (*Marine borers*)

Ada 2 (dua) kelompok binatang penggerek kayu di laut yang masing-masing mempunyai ciri dalam struktur umum dan cara penyerangan kayu. Ini adalah penggerek phylum Molluscan (siput) yang berhubungan agak jauh dengan cumi-cumi dan kerang, dan phylum Crustacean yang dekat dengan udang laut dan kepiting.

- Phylum Molluscan terdiri atas 2 (dua) famili :
 - a. Famili *Teredinidae*, terdiri atas 3 (tiga) genera:
 - (1) *Teredo*
 - (2) *Bankia*
 - (3) *Sholadidae*

b. Famili Pholadidae, terdiri atas 2 (dua) genera :

- (1) Martesia
- (2) Xylophaga

2. Phylum Crustacean terdiri atas 3 (tiga) genera :

- (1) Limnoria
- (2) Sphaeroma
- (3) Chelura.

Tabel 11. Marine borers yang pernah dilaporkan di Indonesia

Famili	Jenis
TEREDINIDAE	<i>Bactronophorus sp</i> <i>Bactronophorus thoracites</i> <i>Bankia bipalmulata</i> <i>Bankia campanellata</i> <i>Bankia carinata</i> <i>Bankia consularis</i> <i>Bankia gracilis</i> <i>Bankia nordi</i> <i>Bankia penna-anseris</i> <i>Bankia rochi</i> <i>Bankia stutchburyi</i> <i>Bankia thielei</i> <i>Kuphus polythalamia</i> <i>Nausitora hedleyi</i> <i>Neobankia sp</i> <i>Psiloteredi sp</i> <i>Teredo arenaria</i> <i>Teredo bartschi</i> <i>Teredo bataviana</i> <i>Teredo bayeri</i> <i>Teredo clava</i> <i>Teredo diedeterichseni</i> <i>Teredo furcifera</i> <i>Teredohazellae</i> <i>Teredo hermitensis</i> <i>Teredo indomalacca</i> <i>Teredo juttingae</i> <i>Teredo malaccana</i> <i>Teredo manni</i> <i>Teredo matocotana</i> <i>Teredo milleri</i> <i>Teredo mindanasis</i> <i>Teredo renschi</i> <i>Teredo singaporaana</i> <i>Teredo thoracites</i> <i>Teredo renchi</i>

PHOLADIDAE	<i>Lignopholas rivicola</i> <i>Martesia rivicola</i> <i>Martesia striata</i> <i>Xylophaga erecta</i> <i>Xylophaga foliata</i> <i>Xylophaga grevei</i> <i>Xylophaga lobata</i> <i>Xylophaga tomlini</i> <i>Xylophaga tubulata</i> <i>Xylophaga wolffii</i>
------------	--

Tabel 12. laporan pertama marine borer Crustacea di Indonesia

Jenis	Lokasi	Kayu yang diserang
<i>Limnoria lignorum</i>	Perairan P. Pari	<i>Albazia falcataria</i>
<i>Sphaeroma sp</i>		<i>Agathis alba</i>
<i>Chelura sp</i>		<i>Castanopsis javanica</i>
		<i>Tectona grandis</i>

Tabel 13. Marine borers yang terdapat diperairan Karawang dan Tangerang

Jenis	Famili
Teredo bartschi	<i>Teredinidae</i> <i>Teredinidae</i>
<i>Dicyathifer manni</i>	<i>Bankiidae</i> <i>Pholadidae</i>
<i>Bankia campanellata</i>	<i>Pholadidae</i>
<i>Martesia striata</i>	
<i>Martesia frailis</i>	

1. Moluscan Borers

a. Teredo dan Bankia

Teredo dan Bankia banyak terdapat di perairan sedang seperti perairan laut di daerah tropis dan disebut dengan nama "Ship worms atau cacing laut", karena secara sepintas lalu bentuknya menyerupai cacing begitu pula dalam sifatnya maka secara umum dikenal sebagai cacing kapal. Berwarna putih kekuning-kuningan, berlendir dan tidak berbuku-buku.

Berkembang biak dengan telur, yang dibuahi dalam yang betina maupun dalam air, tergantung pada spesies penggerakannya. Telur menetas (berubah) menjadi larva halus kemudian berenang dengan bebas, dan dapat bergerak dalam air dan pada permukaan bagian kayu yang terendam sampai menemukan tempat tinggal yang tetap. Berkembang dengan cepat, mereka melekatkan diri pada kayu dan mulai menggerak. Binatang-binatang yang muda ini membuat lubang masuk pada permukaan kayu, tetapi sekali ada di dalam kayu mereka bertambah besar dengan cepat dan mengembangkan tubuh yang khas seperti cacing yang menyebabkan binatang-binatang ini

dikenal sebagai cacing.

Dahulu dipandang bahwa cacing kapal menggerek dalam kayu hanya untuk berlindung, tetapi bukti yang mutakhir menunjukkan bahwa kayunya sendiri sebagian dicerna sebagai tambahan makanan yang disediakan oleh organisme- organisme terapung (plankton) yang terdapat dalam air laut.

Lubang masuk pada permukaan kayu sangat kecil dengan diameter 0,5-2 mm. lubang gerak pada bagian dalam yang berbentuk saluran berdiameter antara 3 – 25 mm dan panjangnya dari beberapa cm sampai satu meter. Besar cacing bergantung kepada banyaknya yang menyerang sepotong kayu. Jika hanya seekor yang menyerang maka ukurannya sangat besar yang dengan sendirinya diameter salurannya besar pula.

Ketika cacing kapal berkembang dalam kayu, cacing ini memperbesar salurannya untuk menyesuaikan dengan tubuhnya yang bertambah besar dan malapisi dinding saluran dengan endapan kapur.

Cara pembuatan saluran untuk waktu lama merupakan perdebatan, tetapi sekarang disetujui bahwa kayu dilubangi dengan pekerjaan mekanis sepasang katup dari kulit kerang yang dibentuk ketika binatang ini masih dalam tahap bebas berenang (larva) dan yang tetap ada pada ujung kepala pada waktu dewasa, dilengkapi dengan deretan gigi halus mirip dengan kikir atau parut, yang sesungguhnya menggaruk partikel-partikel kayu. Ujung belakang cacing kapal dilengkapi dengan dua pipa yang dapat diperbesar (sifon jalan masuk dan keluar) yang biasanya ditonjolkan melalui lubang masuk pada permukaan kayu. Air yang diperlukan untuk pernapasan diisap ke dalam tubuh melalui sifon jalan masuk, yang membawa juga bahan membuang partikel-partikel kayu yang tidak berguna dan bahan-bahan buangan. Kadang-kadang sifon-sifon di tarik dan jalan masuk kedalam saluran ditutup rapat dengan sepasang lembar kulit kerang (pallet) sehingga melindungi binatang terhadap serangan-serangan musuh-musuhnya dan terhadap masuknya air yang tidak baik keasinannya atau yang tidak memuaskan.

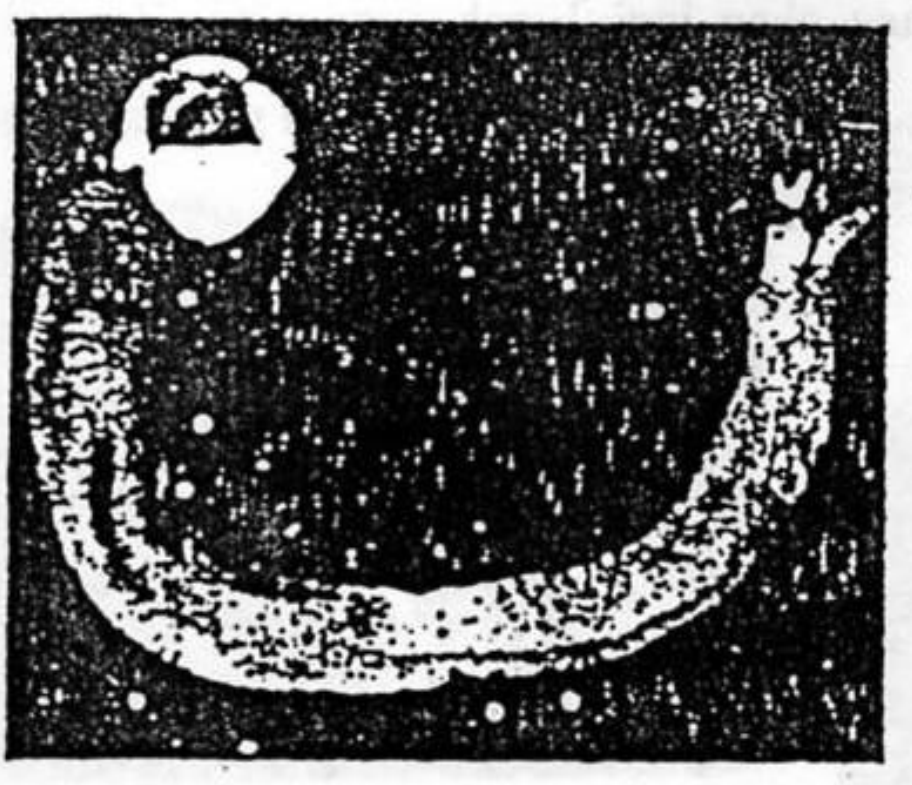
Dalam keadaan yang sangat baik untuk perkembangan individu-individu, cacing kapal dapat mencapai panjang total 1 – 4 kaki dan diameter sampai 1 inci tergantung pada spesiesnya. Tetapi jika mereka menyerang suatu kayu dengan serangan sehingga pertumbuhan binatang ini terhadap panjangnya jarang lebih dari beberapa inci dan diameternya 1/8 sampai 1/4 inci. Penggerek-penggerek ini biasanya masuk dalam kayu dengan sudut tegak lurus arah serat kemudian mulai membuat saluran dalam arah longitudinal, mengikuti arah yang tidak teratur. Jika serangannya hebat, beberapa saluran terpaksa masuk agak dalam ke arah pusat kayu sebelum mengikuti arah serat. Apabila cacing yang menyerang banyak, maka di dalamnya terbentuk saluran yang saling bertemu. Akibat dari pelubangan kayu dalam bentuk sarang lebah ini maka kekuatan structural tiang atau kayu lainnya dapat berkurang begitu banyak sehingga pada tekanan sedikit saja akan rusak. Bila dilihat dari luar pada umumnya tidak nampak ada kerusakan hanya sedikit berlubang, padahal pada bagian dalam kayu

tersebut tingkat serangannya sudah parah.

Pada tahap-tahap permulaan, kerusakan mungkin lebih tidak jelas dengan pengamatan biasa karena cacing-cacing kapal itu kerap kali memusatkan serangannya pada atau dekat garis lumpur.

(1) Teredo

Teredo mempunyai ukuran yang lebih kecil, *T. navalis* dan *T. diegensis* memiliki diameter 0.01 inci. *Teredo navalis* pada suhu 24 – 27°C, penduduknya secara masal. Selama 2 bulan pertumbuhannya dapat mencapai 6 kali dan 3 bulan dapat mencapai 27 kali (serangannya sangat cepat).



Gambar 33. Shipworm (*Teredo Navalis L.*)

(2) Bankia

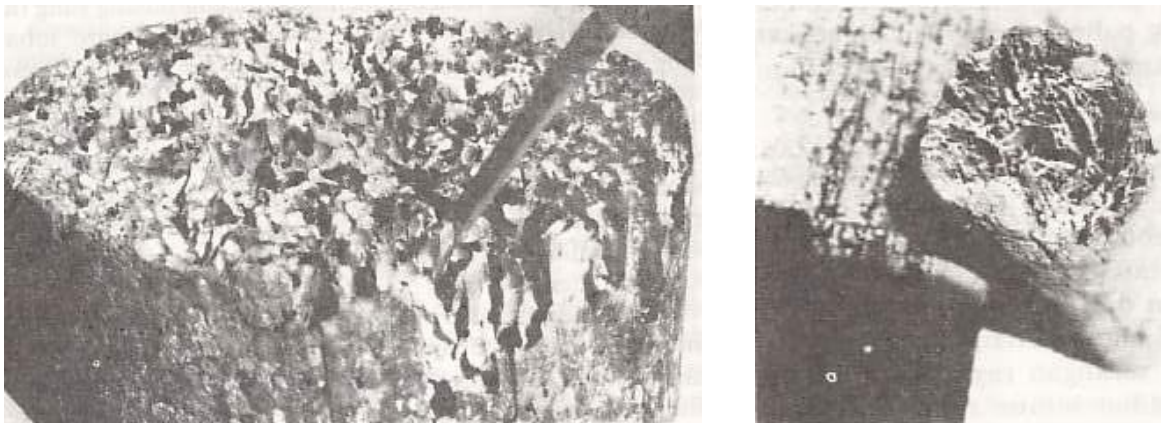
Bankia lebih besar serangannya terutama di daerah pasang surut, karena oksigen yang tersedia cukup banyak. Daerah serangannya adalah dengan membuat lubang dalam kayu dan tinggal di situ.

Bankia, menyerang kayu dengan ekornya yang tidak pernah meninggalkan lubang, hanya kepalanya yang menggerak kayu untuk mencari makanan ditambah bahan-bahan makanan dari air laut yang masuk melalui sela-sela tubuhnya.

Bankia terus mengalami pemanjangan, menjadi lebih besar sehingga tidak bisa keluar lagi dan hanya hidup di dalam makanannya. Bankia sampai dengan umur 1 tahun mengalami pertumbuhan memanjang $\pm 12 - 14$ inci. *Bankia diplumtata* pada suhu 13-28°C kecepatan penyerangannya naik secara logaritmis, artinya seranga bankia lambat.

b. Martesis

Kerang penggerek kayu dari genus ini mirip kerang kecil karena tubuhnya sama sekali tertutup dalam suatu kulit berkatup dua, demikian pula pada yang dewasa. Tetapi mereka mirip cacing kapal dalam struktur umum kegiatan-kegiatannya dalam kayu. Binatang-binatang yang muda bebas bergerak dalam air dan menyerang tiang-tiang dan lain-lain kayu terendam, menggerek lubang masuk yang kecil (diameter 1/8 inci atau kurang) pada permukaan kayu. Sekali ada dalam kayu mereka melanjutkan pengeboran dan menggali kayu cukup untuk menempatkan pertumbuhan tubuhnya yang terkungkung. Meskipun relatif kecil, umumnya tidak lebih dari 2 ½ inci panjangnya dan 1 inci pada yang dewasa. *Martesia* mampu membuat kerusakan yang hebat.



Gambar 34. kerusakan yang disebabkan oleh shipworms

2. Crustacean Borers

Crustacean Borers atau kepiting penggerek berbeda dari kerang penggerek (*Molluscan Borers*) dalam cara menyerang dan merusak kayu-kayu di laut maupun dalam struktur umum dan kenampakan.

Penggerek-penggerek ini tidak mengalami kungkungan dalam kayu tetapi dapat bergerak bebas, terutama pada tahap dewasa dalam perkembangannya. Binatang yang muda dan tua sama-sama melubangi kayu dan membuat saluran-saluran sempit yang jarang-jarang sangat jauh di bawah permukaan. Meskipun pekerjaan-pekerjaan ini hanya di permukaan, binatang-binatang itu biasanya menyerang dalam jumlah yang begitu besar sehingga bagian luar kayu yang diserang menjadi sama sekali seperti sarang lebah pada tempat serangan. Sisa-sisa kayu yang tipis memisahkan saluran-saluran kemudian pecah oleh gerakan mekanis air dan benda-benda terapung, dan permukaan yang baru terbuka bagi penggerek-penggerek itu. Jadi kerusakan berjalan semakin mendalam dan volume kayu pada bagian tertentu mungkin sudah direduksi sedemikian sehingga kayu itu tidak dapat menyangga muatan yang dipikulnya.

Serangan-serangan kepiting penggerek dapat meluas sampai ke garis lumpur tetapi biasanya paling dipusatkan antara tinggi air setengah pasang dan air surut, dimana kekuatan erosi dari gelombang dan benturan kotoran-

kotoran yang terapung mempercepat penghancuran permukaan kayu yang seperti sarang lebah. Akibat dari kerusakan yang lebih kurang bersifat setempat ini cenderung untuk mempunyai bentuk gelas jam diantara tinggi-tinggi air pasang yang terlihat

Kerusakan yang ditimbulkan oleh kelompok penggerek ini kurang berat dibandingkan dengan yang ditimbulkan oleh cacing kapal, tidak hanya karena lebih muda dilihat tetapi juga karena penggalian kayu berjalan kurang cepat. Dalam keadaan yang paling baik, kepiting penggerek membutuhkan paling sedikit 1 tahun untuk menimbulkan kerusakan pada suatu tiang 14 inci, sedang cacing kapal menyelesaikan kerusakan ini dalam beberapa bulan. Sebaliknya mereka lebih toleran terhadap kreosot dibandingkan dengan cacing kapal.

Tiga jenis kelompok binatang ini yaitu *Limnoria*, *Sphaeroma* dan *Chelura*. Dua yang pertama termasuk ordo Isopoda dan karena itu ada hubungannya dengan “kutu kayu” yang biasa atau “lalat” yang sering nampak ditempat-tempat lembab, sedang *Chelura* termasuk ordo Amphipoda yang mengandung “kutu pasir” yang lazim terdapat di sepanjang pantai-pantai samudera.

1) *Limnoria*

Dari kepiting penggerek, *Limnoria* pada umumnya paling merusak, karena aktif sepanjang Teluk Atlantik dan pantai-pantai Pasifik di Amerika Serikat. Tubuh yang beruas dari binatang ini mempunyai 7 pasang kaki dengan kuku-kuku yang runcing dan berkait yang memungkinkan binatang ini bergerak bebas dan melekat erat pada kayu. Juga mempunyai tonjolan yang pipih dan tipis (insang) yang berguna untuk pernapasan dan menyediakan tenaga gerak untuk berenang secara terbatas bagi binatang tersebut. Bagian-bagian mulut, termasuk sepasang rahang bawah yang kuat dan bergigi berguna untuk mengunyah kayu yang dipakai sebagai makanan di samping cendawan laut dan barangkali bakteri dalam kayu. Tubuhnya berakhir dengan suatu lempeng ekor yang lebar, digunakan untuk menutup saluran terhadap pengganggu-pengganggu. Anaknya, yang menetas dari telur-telur yang dibawa dalam kantong pengeram dari yang betina, berbeda dari yang dewasa hanya dalam besarnya dan dapat mulai menggerek seketika. Karena kemampuan berenang sama sekali tak ada pada binatang-binatang yang muda dan pasti terbatas pada yang dewasa, serangan *Limnoria* biasanya menyebar dengan lambat dari suatu pusat serangan. Makin luasnya penyebaran penggerek-penggerek ini dalam suatu pelabuhan atau lain tempat barangkali dicapai karena gerakan air dan penyerangan kayu terapung yang terserang.

Panjang *Limnoria* jika dewasa hanya kira-kira 1/8 sampai 1/4 inci, dan saluran-salurannya jarang meluas di bawah permukaan kayu lebih dari 1/2 inci, meskipun saluran-saluran tersebut dengan arah miring dapat mencapai 1 inci atau lebih. Dalamnya saluran rupanya dibatasi

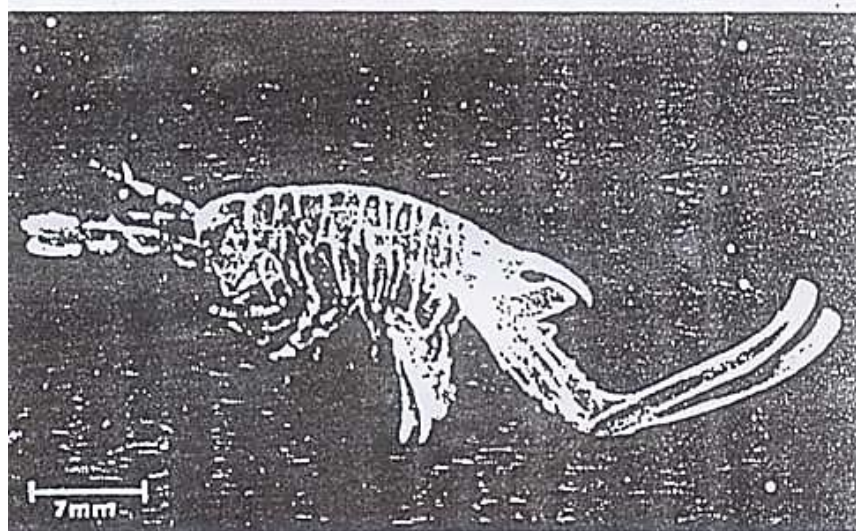
oleh ketidakmampuan penggerek- penggerek untuk memperbaharui air yang diperlukan untuk pernafasan pada jarak yang lebih jauh dari permukaan. Jika *Limnoria* menyerang kayu-kayu yang sama seperti cacing kapal seperti yang banyak terjadi, mereka mungkin memakan kayu yang melindungi kerang penggerek sehingga menyebabkan mereka terbuka terhadap serangan musuh-musuhnya.

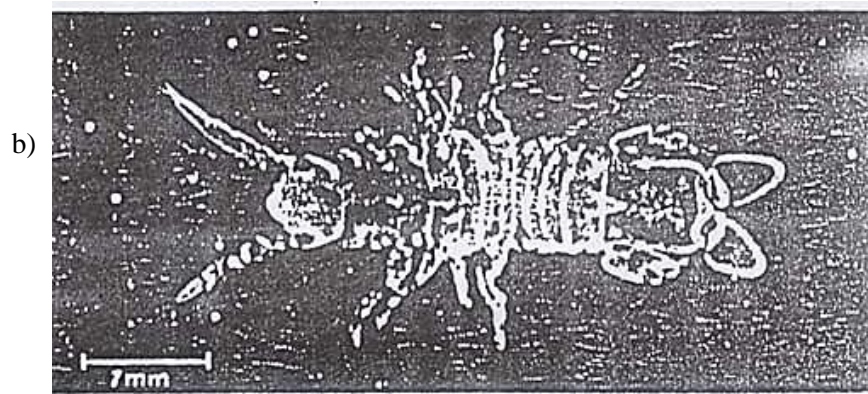
Limnoria membuat lubang dengan cara menggerek kayu sedalam 12 mm dengan posisi menyudut terhadap sumbu batang dan selanjutnya membuat lubang-lubang yang sejajar dengan lubang pertama, sehingga akhirnya berbentuk sarang lebah. Pembuatan lubang yang terus-menerus ini dimaksudkan untuk memberi jalan masuk pada air laut segar. Lubang yang sudah berbentuk sarang lebah tersebut karena terabrasi air laut akan rusak, dan binatang mengisi lubang tersebut atau yang lainnya membuat kembali lubang-lubang 12 mm berikutnya. *Limnoria* membuat satu seri terowongan tepat di bawah permukaan kayu. Dalam satu lubang terdapat sepasang *limnoria* jantan dan betina. *Limnoria* betina bertelur 6 – 17, menghasilkan *limnoria* muda yang kecil, yang nantinya siap bertelur lagi. Serangan *limnoria* meluas dari satu titik pusat. Kayu yang diduduki *limnoria* secara penuh mencapai 300 – 400 binatang inci persegi dari segala umur. Serangannya tidak dalam tetapi meluas.

Pada *limnoria* tidak terdapat enzim selulase sehingga selulosa tidak dapat dijadikan makanannya. Bahan makanannya adalah jamur pelunak yang menyerang kayu pada batang permukaan air. Berdasarkan beberapa penelitian kutu ini hanya dapat menyerang kayu yang telah ditumbuhi (diinfeksi) jamur penulak kayu.

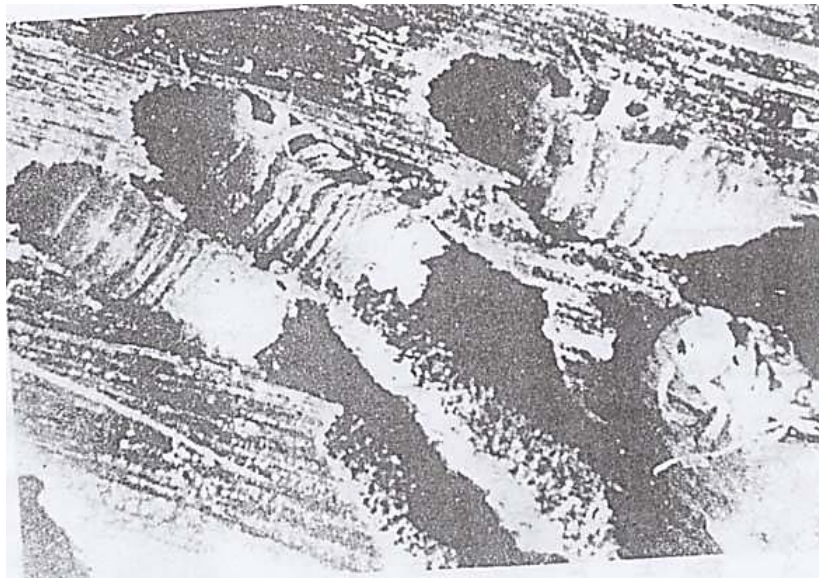
Limnoria lebin tahan terhadap kreosot. Contoh spesiesnya *Limnoria tripunctata* hidup dalam air dengan suhu sedang, *L. lignorum* hidup dalam air dingin dan *L. quadripunctata*.

a)





Gambar 35. *Chelura terebrana* Philippi, a) male, lateral view; b) female, dorsal view



Gambar 36. *Limnoria* yang sedang melubangi kayu

2) *Sphaeroma*

Penggerek kayu dari jenis ini mempunyai struktur umum yang sama dengan *Limnoria* tetapi jauh lebih besar dan kuat, kadang-kadang mencapai panjang $\frac{1}{2}$ inci dan lebar $\frac{1}{4}$ inci. Saluran-saluran mereka relatif lebar sampai berdiameter hampir $\frac{1}{2}$ inci dan meskipun biasanya dangkal dapat mencapai kedalaman 3 – 4 inci. *Sphaeroma* lebih suka kayu yang lunak dan tidak menyebabkan kerusakan yang berarti.

Binatang-binatang ini tersebar agak luar di perairan-perairan Amerika tetapi tidak sebanyak dan tidak sama merusaknya seperti *Limnoria*. Tetapi, mereka dilaporkan telah membuat kerusakan yang besar-besaran pada tempat-tempat tertentu dan kadang-kadang ditemukan bekerja di air tawar. Permukaan tiang-tiang yang sebagian dirusak oleh *Teredo* kadang-kadang diserang secara sekunder oleh *Sphaeroma*. Kepiting-kepiting ini diduga menggerek kayu hanya untuk berlindung.

3) Chelura

Spesies dari jenis ini rupanya terutama aktif diperairan tropika dan subtropika, meskipun *C. terebrans* dilaporkan sebagai perusak kayu di pantai- pantai Eropa Utara dan pantai Atlantik Amerika Utara. Dahulu jenis ini dipandang mempunyai nilai ekonomis yang kecil di perairan Amerika, tetapi Clapp melaporkan bahwa jenis ini merupakan ancaman yang serius di tempat- tempat tertentu, dan menyebabkan kerusakan paling tidak sama besar dengan *Limnoria* yang asli. Beberapa penulis yang belakangan meragukan bahwa Chelura sesungguhnya adalah perusak kayu, meskipun jika diketemukan bersama *Limnoria*, Chelura sedikit lebih besar daripada *Limnoria* yang rupanya bekerja sama atau hidup pada bangunan-bangunan laut.

Chelura tidak pernah ditemukan di alam tanpa kehadiran yang bersama *Limnoria*, suatu hubungan simbiotik terdapat antara kedua binatang ini. *Limnoria* makan kayu dan Chelura makan feses *Limnoria*, dengan demikian menjaga liang galian bersih. Chelura juga memperbesar liang galian *Limnoria* dengan kegiatan memamahbiaknya. Pembersihan dan pembesaran liang galian *Limnoria* juga memungkinkan sirkulasi air lebih baik untuk meningkatkan penyediaan oksigen kepada *Limnoria* dan memungkinkan menggali liang/liang ke dalam kayu.

RANGKUMAN

1. Ada 2 (dua) kelompok binatang penggerek kayu di laut yang masing-masing mempunyai ciri dalam struktur umum dan cara penyerangan kayu.
 - a. Phylum Molluscan terdiri atas 2 (dua) famili :Teredinidae (terdiri atas genera teredo, bankia dan sholadidae) dan Famili Pholadidae (terdiri atas genera martesia dan xylophaga).
 - b. Phylum Crustacean terdiri atas genera limnoria, sphaeroma dan chelura.
2. Teredo dan Bankia banyak terdapat di perairan sedang seperti perairan laut di daerah tropis dan disebut dengan nama “Ship worms atau cacing laut”, karena secara sepintas lalu bentuknya menyerupai cacing begitu pula dalam sifatnya maka secara umum dikenal sebagai cacing kapal
3. Martesia mirip kerang kecil karena tubuhnya sama sekali tertutup dalam suatu kulit berkatup dua, demikian pula pada yang dewasa. Tetapi mereka mirip cacing kapal dalam struktur umum kegiatan-kegiatannya dalam. Martesia mampu membuat kerusakan yang hebat.
4. Crustacean Borers atau kepiting penggerek tidak mengalami kungkungan dalam kayu tetapi dapat bergerak bebas, terutama pada tahap dewasa dalam perkembangannya. Meskipun pekerjaan-pekerjaan ini hanya di permukaan, binatang-binatang itu biasanya meyerang dalam jumlah yang begitu besar sehingga bagian luar kayu yang diserang menjadi sama sekali seperti sarang lebah pada tempat serangan.
5. *Limnoria* membuat lubang dengan cara menggerek kayu sedalam 12 mm

dengan posisi menyudut terhadap sumbu batang dan selanjutnya membuat lubang-lubang yang sejajar dengan lubang pertama, sehingga akhirnya berbentuk sarang lebah.. Serangan *limnoria* meluas dari satu titik pusat. Kayu yang diduduki limnoria secara penuh mencapai 300 – 400 binatang inci persegi dari segala umur.

6. *Sphaeroma* mempunyai struktur umum yang sama dengan *Limnoria* tetapi jauh lebih besar dan kuat, kadang-kadang mencapai panjang $\frac{1}{2}$ inci dan lebar $\frac{1}{4}$ inci. *Sphaeroma* lebih suka kayu yang lunak dan tidak menyebabkan kerusakan yang berarti. Kepiting-kepiting ini diduga menggerak kayu hanya untuk berlindung.
7. Chelura sedikit lebih besar daripada *Limnoria* yang rupanya bekerja sama atau hidup pada bangunan-bangunan laut.. *Limnoria* makan kayu dan Chelura makan feses *Limnoria*, dengan demikian menjaga liang galian bersih.

TES FORMATIF

1. Sebutkan penggerek laut yang saudara ketahui!
2. Jelaskan bagaimana penggerek laut menyebabkan kerusakan pada kayu!

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Negeri.
- Dumanau, J.F. 1984. Mengenal Kayu. P.T. Gramedia Jakarta.
- Hunt, G.M. and Garratt, G.A. 1986. Pengawetan Kayu. Terjemahan. Edisi Pertama oleh Ir. M. Jusuf. C.V. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Kollman, F.F.P. 1968. Principles of Wood Wood Science and Technology. Solid Wood. Vol I. Springer Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Muslich, M. 1986. Beberapa Jenis Marine Borers di Indonesia dan Permasalahannya. Sylva Tropika Vol. I No. 2. Balitbang Kehutanan Bogor.
- Muslich, M. dan Sumarni, G. 1987. Pengaruh Salinitas terhadap Sserangan Penggerek Kayu di Laut pada Beberapa Jenis Kayu. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. A No. 2. Balitbang Kehutanan Bogor.
- Nicholas, D.D. 1987. Kemunduran (Deteriorasi) Kayu dan Pencegahannya dengan Perlakuan Pengawetan. Airlangga University Press. Yogyakarta.
- Phansin, A.J. and Carl de Zeuw. 1964. Text Book of Wood Technology. Vol. I. McGraw Hill Book Company. New York.
- Renwarin dan Remewata. 1994. Pendugaan Laju Pertumbuhan Eksponensial Serangan Marine Borers pada Kayu Cinas (*Podocarpus blumeii* Endl). Manokwari.
- Suhrman, Sumarni dan Muslich. 1983. Marine Borers di Indonesia. Pertemuan Ilmiah Pengawetan Kayu (Proceeding) di Jakarta.
- Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis.

BAB XI. TINDAKAN PENGENDALIAN PENGGEREK LAUT

Penggerek kayu di laut (*Marine borers*) merupakan salah satu penyebab kerusakan kayu yang digunakan di laut, misalnya tiang pancang pelabuhan, dermaga, kapal, tiang rumah, perahu dan sebagainya.

Kerusakan diperairan payau dan air acapkali disebabkan oleh penggerek kayu dari golongan Mollusca dan Crustaceae. Teredinidae dan Pholadidae dikenal sebagai golongan mollusca yang ganas, dapat menyerang kayu dalam waktu tiga bulan di perairan pantai Utara Jawa.

Daerah penyebaran penggerek kayu sangat luas dan terdapat hampir di semua perairan asin di dunia, meskipun lebih banyak dan merusak di daerah-daerah panas daripada daerah dingin. Di perairan tropis binatang ini dapat berkembang dengan subur dan dapat terjadi sepanjang tahun.

Di Amerika Serikat, binatang-binatang ini terutama aktif sepanjang teluk Pasifik, dan pantai-pantai Atlantik Selatan, dan di bagian-bagian tertentu binatang-binatang ini dapat sama sekali merusak tiang-tiang yang tidak diawetkan dan lain-lain kayu dalam waktu kurang dari 1 tahun. Bahkan sepanjang sebagian besar Pantai New England serangan semacam itu begitu berat sehingga membutuhkan perlindungan kayu agar tahan lama. Kadang-kadang cacing laut ini menjadi epidemi dan menyebabkan kerusakan yang besar dan sensasional terhadap bangunan-bangunan air asin. Kejadian yang paling parah di negeri ini terjadi di bagian utara Teluk San Fransisco, yang pada tahun 1917 sampai 1921 mengalami kerusakan sebesar \$ 25,000,000 oleh cacing laut. Tidak ada usaha untuk menghitung kerugian uang di negeri ini secara keseluruhan, tetapi sudah paling tinggi. Di British Columbia kerugian tahunan dalam tiang-tiang dan dermaga-dermaga saja ditaksir sebesar \$ 100,000 pada tahun 1932. Di lain pihak khususnya di daerah perairan pantai tropis di mana terdapat banyak spesies binatang laut (*marine borers*), kerugian yang ditimbulkan belum dapat diantisipasi secara pasti.

Walaupun sejarah perusakan kayu oleh jasad hidup ini telah dicatat lebih dari 2000 tahun yang lalu, namun sampai saat ini pengetahuan tentang cara pengendaliannya masih sangat terbatas.

Kayu memiliki sifat-sifat dan keuntungan tertentu sebagai bahan konstruksi di pinggir-pinggir pantai, akan tetapi juga memiliki kelemahan karena terserang oleh *marine borers*. Kondisi seperti ini menjadi suatu tantangan bagi para ahli dibidang teknologi kayu, bagaimana cara pengawetan yang tepat harus dilakukan sehingga umur pakai kayu dapat diperpanjang.

Keberhasilan riset terhadap biologi *marine borers* merupakan kunci penentu di dalam upaya mencegah kerusakan yang ditimbulkannya. *Marine borer* menggerek kayu dengan dua alasan yaitu sebagai bahan makanan dan tempat berlindung. Akan tetapi bukan berarti bahwa semua *marine borer* menggerek kayu demi kedua alasan tersebut. Ada beberapa jenis *marine borer* yang mampu memproduksi *enzyme cellulose*. Enzim serupa ini

dipergunakan untuk melunakkan kayu dan selanjutnya dijadikan makanan.

Marine borer yang tergolong dalam famili Teredinidae (Teredo, Bankia dan Nausitora) dan ordo Isopoda (Limnoria) menggerek kayu bukan untuk dimakan. Kebutuhan unsur nitrogen bagi beberapa jenis jamur diperoleh dari binatang plankton, dan diduga bahwa beberapa jenis jamur berperan dalam kehidupan marine borer.

Setelah mempelajari bab ini diharapkan:

1. Mahasiswa dapat menjelaskan ketahanan kayu terhadap serangan penggerek laut.
2. Mahasiswa dapat menjelaskan cara-cara untuk mencegah dan mengendalikan serangan penggerek laut.

A. Ketahanan Kayu

Tidak ada kayu yang terkenal tahan secara alami terhadap perusakan oleh berbagai cacing laut, meskipun kayu teras berbagai jenis ternyata memberikan ketahanan yang nyata terhadap serangan, barangkali karena adanya ekstraktif minyak esensial atau lain-lain zat beracun atau kadar silika tinggi. Jenis yang paling tahan berasal dari luar negeri dan termasuk kayu-kayu seperti jarrah, totara, kayu terpentin, azobe, Angeliqne dan greenheart, meskipun kayu yang terakhir ini tidak mempunyai nama yang sangat baik di perairan tropika. Tetapi, tidak satupun dari kayu-kayu ini tersedia untuk pembangunan umum di negeri ini, karena persediaan yang tidak menentu atau terbatas dan biaya yang besar, dan ketergantungan yang besar harus terus diletakkan pada dua kayu asli yang secara intensif digunakan untuk tiang-tiang dan lain-lain kayu bangunan, yaitu *Southern pine* dan *Douglas fir*. Keduanya segera dirusak oleh serangan cacing laut yang hebat, kecuali kalau dipakai suatu bentuk perlindungan secara buatan.

B. Tindakan Pencegahan dan Pengendalian

Ada beberapa cara melindungi tiang-tiang dan lain-lain kayu terhadap penggerek-penggerek ini, tetapi hasil-hasil yang paling memuaskan dan praktis diperoleh dengan impregnasi kayu yang cukup dengan kreosot ter-arang atau larutan kreosot ter-arang. Di pelabuhan-pelabuhan sepanjang pantai-pantai Atlantik Selatan dan Gulf, dimana serangan cacing laut sangat hebat dan kayu yang tidak diawetkan biasanya rusak dalam satu tahun atau kurang, tiang-tiang yang dikreosot dengan baik diperkirakan berumur rata-rata 10 sampai 12 tahun dan kerapkali tahan lebih lama. Di teluk San Fransisco dan perairan-perairan yang berhubungan, kayu yang tidak diawetkan kerapkali rusak dalam 6 bulan sampai beberapa tahun, sedang umur pakai tiang-tiang dikreosot diperkirakan 15 sampai 30 tahun. Di pantai Atlantik Utara dapat diharapkan umur yang agak lebih lama bagi bahan yang tidak dikreosot dan dikreosot. Tetapi, serangan-serangan oleh *Limnoria*, *Sphaeroma* dan *Martesia* tidak selalu dapat dihentikan sekalipun oleh pengawetan yang baik dengan kreosot, dan penetrasi yang dangkal dan salah

atau retensi yang rendah dari zat pengawet hanya memberikan perlindungan sedikit terhadap salah satu penggerek kepiting atau kerang. Lain-lain cara perlindungan seperti penggunaan besi pelindung tiang dan berbagai penutup atau sarung, telah mencapai berbagai tingkat keberhasilan.

1. Penggunaan Kayu Dengan Kelas Awet Alam Yang Tinggi

Kayu dengan kelas awet alam yang tinggi biasanya mengandung sejumlah zat akstraktif yang berfungsi sebagai racun terhadap “Marine wood borers”. Kayu seperti ini tidak mudah diserang oleh cacing dan kerang laut. Akan tetapi karena di dalam pemakaian lambat laun kayu mengalami proses pelapukan, maka akan dengan mudah diserang oleh binatang “Marine wood borers”.

2. Mengawetkan Kayu Sebelum Digunakan

Pengawetan pada kayu yang dipakai di laut tidak dapat dilakukan dengan proses yang sederhana, tetapi harus menggunakan proses vakum/tekan karena kayu yang digunakan di laut harus mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi sehingga lebih sukar diawetkan dengan proses sederhana. Disamping itu akibat pencucian di laut sangat tinggi, retensi bahan pengawet harus besar, penetrasinya harus dalam dan bahan pengawetnya yang digunakan harus berfaksasi dengan baik dalam kayu (Muslich, 1986).

Bahan pengawet yang digunakan terdiri dari campuran Kreosot-ter batu bara atau kreosot dengan larutan aspal. Proporsi ter batu bara di dalam campuran bahan pengawet berkisar 20–40%. Retensi bahan pengawet dianjurkan sebesar 225–320 kg/m³.

Pengawetan kayu dengan spesifikasi seperti ditemukan di atas, akan memperpanjang umur pakai kayu 20–30 tahun lebih lama dibanding dengan umur pakai kayu yang tidak mendapat perlakuan pengawetan.

Di Indonesia pengawetan kayu secara modern belum bisa dilakukan karena belum adanya hasil penelitian. Komposisi kimia yang beracun terhadap suatu genus Marine Borers umumnya sedikit beracun atau tidak beracun sama sekali terhadap genera lainnya. Ini berarti bahan kimia dengan komposisi tunggal tidak dapat dipakai mengawetkan kayu dengan baik. Untuk mengawetkan kayu tersebut harus digunakan bahan kimia campuran (Muslich, 1986).

3. Menggunakan Berbagai Jenis Pelapis Luar

Dengan cara serupa ini, pelapis luar diharapkan berfungsi sebagai perintang masuknya cacing/kerang laut ke dalam kayu. Penggunaan pelapis luar dapat dibedakan atas beberapa cara yaitu:

a. Membiarkan kulit batang tetap melekat pada kayu

Cara ini merupakan salah satu cara yang kuno, dimana kayu-kayu yang digunakan pada sistem kontruksi di dalam air asin, kulitnya tidak dilepas.

Metode ini dianggap kurang efektif mencegah serangan cacing laut atas dasar pengalaman sebagai berikut :

- Kulit kayu tidak terlalu dapat menutup batang dengan sempurna. Ada kalanya bagian-bagian tertentu batang terbuka, misalnya karena bekas potongan cabang atau luka. Bagian-bagian batang yang terbuka ini, merupakan tempat masuknya cacing laut ke dalam kayu
- Kulit kayu tidak selalu tetap utuh melekat pada batang karena pengaruh hempasan ombak, sehingga kulit terkelupas dan bagian batang menjadi terbuka.

b. Bagian-bagian batang tertentu diberi paku

Bagian-bagian tertentu batang khususnya yang mudah diserang oleh cacing atau kerang laut dipasang paku-paku berkepala gepeng. Metoda serupa ini dianggap tidak efektif dan efisien atas dasar pengalaman sebagai berikut :

- Larva-larva cacing kapal ukurannya sangat kecil, sehingga bisa saja masuk ke dalam kayu melalui celah antar kepala paku
- Biaya pemasangan paku pada batang menyebabkan naiknya harga tiang kayu
- Pembusukan pada tiang tidak dapat dihambat dengan pemasangan paku.

c. Bagian luar batang dilapisi dengan lembaran logam

Lapisan logam yang digunakan tersebut dari tembaga atau campuran tembaga dengan seng (logam kuning atau logam Muntz). Agar lapisan logam dapat memberi fungsi lindung yang baik, maka kayu-kayu perlu dipersiapkan lebih dahulu, misalnya permukaan dibuat serata mungkin, kemudian diberi lapisan goni yang dijenuhi dengan aspal. Selanjutnya lembaran logam dipaku pada seluruh permukaan kayu.

Metode ini mempunyai kelemahan-kelemahan karena :

- Lapisan logam dapat dirusak oleh angin ribut atau ombak besar, akibatnya ikatan logam terhadap kayu menjadi lepas dan kayunya hanyut, sehingga cacing laut menyerang kayu dan merusaknya.
- Ada kalanya lembaran logam pelapis dicuri oleh orang-orang tertentu di pelabuhan.

d. Sebagian batang dimasukkan ke dalam pipa besi tuang

Dalam hal ini pipa besi tuang ditancapkan jauh kedalam Lumpur. Ruang antara kayu dengan logam diisi pasir atau campuran semen pasir. Tiang kayu sebelum ditancapkan ke dalam pipa besi tuang terlebih dahulu dilapisi dengan kreosot. Kelemahan sistem ini adalah (a) biaya menjadi mahal, (b) bagian atas dari pancang tidak dapat terhindar dari proses pembusukan dan (c) penggunaan hanya

dibenarkan untuk bangunan-bangunan yang sangat penting dimana usaha perbaikan konstruksi sangat jarang frekuensinya.

- e. Bagian pancang diberi selubung tanah liat yang diperkeras
Metodanya hampir sama dengan cara selubung besi tuang, tetapi kurang berhasil karena mudahnya pecah oleh pengaruh hempasan ombak dan angin ribut.
- f. Tiang kayu diberi selubung beton
Dalam hal ini sekeliling tiang kayu diberi penguat yang terbuat dari kawat kasa berlubang 5 cm. Tiang kayu diletakkan berdiri sedemikian rupa, sehingga berjarak kurang lebih $\frac{3}{4}$ inchi terhadap masing-masing sisi kasa penguat. Ruang antar tiang dengan sisi-sisi kasa penguat diberi lapisan campuran pasir semen.
- g. Tiang kayu diberi lapisan cat
Dengan perlakuan seperti biasanya umur pakai tiang dalam air laut tidak terlalu lama (antara 6 bulan sampai 2 tahun). Cat yang biasa dipergunakan berupa aspal atau bahan-bahan yang mengandung bitumin. Ada kalanya tiang kayu setelah diberi lapisan cat, kemudian dilapis lagi dengan goni yang diisi atau jenuh dengan aspal dan selanjutnya dilapis lagi dengan cat tebal. Lalu tiang kayu diberi lapisan kayu berbentuk persegi setebal $\pm \frac{1}{2}$ inchi. Pada akhirnya lapisan luar kayu ini diberi lapisan cat tebal.

Usaha untuk mencegah serangan penggerek kayu di laut banyak dilakukan baik dengan menggunakan bahan kimia maupun dengan cara lain. Usaha ini belum mencapai hasil yang memuaskan karena masih banyaknya keluhan yang datang dari pemakai kayu tersebut.

Di propinsi Sulawesi Selatan, para nelayan biasanya merawat kapal mereka dengan cara antara lain selama pemakaian kapal tidak boleh berhenti (ditambat) di pelabuhan lebih dari 5 hari karena jika kapal statis dalam waktu yang cukup lama akan gampang diserang oleh biota perusak kayu di laut, kapal harus di dok untuk pemeliharaan paling sedikit 2 kali dalam setahun dan kapal dibersihkan dari biota laut yang melekat pada kapal dengan cara menyikat sekeliling kapal, biota laut yang telah membuat lubang pada kapal serta tinggal dalam lubang-lubang tersebut dibunuh dengan cara pemanasan/pengasapan menggunakan nahan dempul, kemudian dicat lagi. Bahan cat untuk komponen-komponen kapal kayu yang berada di bawah garis permukaan air digunakan cat anti foli, sementara yang berada di atasnya digunakan cat glotex.

RANGKUMAN

1. Tidak ada kayu yang terkenal tahan secara alami terhadap perusakan oleh berbagai cacing laut, meskipun kayu teras berbagai jenis ternyata memberikan ketahanan yang nyata terhadap serangan, barangkali karena adanya ekstraktif minyak esensial atau lain-lain zat beracun atau kadar silika tinggi
2. Untuk mencegah serangan penggerek laut terhadap sistem konstruksi kayu di perairan asin, banyak cara yang dapat diterapkan seperti penggunaan kayu dengan kelas awet alam yang tinggi, mengawetkan kayu sebelum digunakan dan menggunakan berbagai jenis pelapis luar seperti membiarkan kulit batang tetap melekat pada kayu, bagian-bagian batang tertentu diberi paku, bagian luar batang dilapisi dengan lembaran logam, sebagian batang dimasukkan ke dalam pipa besi tuang, bagian pancang diberi selubung tanah liat yang diperkeras, tiang kayu diberi selubung betondan tiang kayu diberi lapisan cat.

TES FORMATIF

1. Apakah kayu secara alami tahan terhadap serangan penggerek laut? Jelaskan!
2. Berilah contoh tindakan pencegahan dan pengendalian terhadap serangan penggerek laut!

DAFTAR PUSTAKA

- Dumanau, J.F. 1984. Mengenal Kayu. P.T. Gramedia Jakarta.
- Hunt, G.M. and Garratt, G.A. 1986. Pengawetan Kayu. Terjemahan. Edisi Pertama oleh Ir. M. Jusuf. C.V. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Kollman, F.F.P. 1968. Principles of Wood Wood Science aand Technology. Solid Wood. Vol I. Spring Ervering Berlin Heidelberg, New York.
- Muslich, M. 1986. Beberapa Jenis Marine Borers di Indonesia dan Permasalahannya. Sylva Tropika Vol. I No. 2. Balitbang Kehutanan Bogor.
- Muslich, M. dan Sumarni, G. 1987. Pengaruh Salinitas terhadap Sserangan Penggerek Kayu di Laut pada Bebrapa Jenis Kayu. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. A No. 2. Balitbang Kehutanan Bogor.
- Nicholas, D.D. 1987. Kemunduran (Deteriorasi) Kayu dan Pencegahannya dengan Perlakuan Pengawetan. Airlangga University Press. Yogyakarta.
- Phansin, A.J. and Carl de Zeuw. 1964. Text Book of Wood Techonology. Vol. I. McGraw Hill Book Company. New York.
- Renwarin dan Remewata. 1994. Pendugaan Laju Pertumbuhan Eksponensial Serangan Marine Borers pada Kayu Cinas (*Podocarpus blumeii* Endl). Manokwari.
- Suhirman, Sumarni dan Muslich. 1983. Marine Borers di Indonesia. Pertemuan Ilmiah Pengawetan Kayu (Proceeding) di Jakarta.
- Tambunan, B. dan Nandika, D. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Nogor.