

Book Chapter Health Science Series



Chapter 2 Pengendalian Vektor



Penerbit



HS Udinus

Health Sains Udinus



Book Chapter Health Series – Chapter 2

Pengendalian Vektor

Editor

Suharyo, M.Kes

Reviewer

Dr. Nurjanah, M.Kes

Dr. Eti Rimawati, M.Kes

Dr. dr. Zaenal Sugiyanto, M.Kes

Dr. Adian Khoironi ST, M.Si

Dr. Poerna Sri Oetari, S.Si, M.Si.Ling

Dr. Eni Mahawati, M.Kes

Dr. Drs. Slamet Isworo, M.Kes

Dr. MG Catur Yuantari, SKM, M.Kes

Dr. Supriyono Asfawi S.E, M.Kes

Dr. Respati Wulandari, M.Kes

Desain Sampul

Puput Nur Fajri, S.KM

Tata Letak

Puput Nur Fajri, S.KM

IT

Oki Setiono, M.Kom

Publikasi

Syifa Sofia Wibowo, M.Tr.Keb

Penerbit Health Science UDINUS

Universitas Dian Nuswantoro Jl. Nakula 1/5-11 Gedung D lantai 1 Semarang

Cetakan Pertama, 2026

ISSN 2964-5840

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

PRAKATA

Dalam rangka pelaksanaan kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi, maka kegiatan menulis buku merupakan salah satu indikator penting, terutama dalam bidang penelitian. Penulisan buku juga merupakan salah satu wujud penyebaran informasi kepada masyarakat di lingkungan akademik, maupun di masyarakat luas. Untuk itu, kami sebagai bagian dari komunitas akademik menghadirkan book chapter sebagai wujud pelaksanaan dari Tri Dharma Perguruan Tinggi.

“Bookchapter Health Science Series“ Chapter 2 ini terdiri dari 12 BAB, yang masing-masing ditulis oleh kelompok peneliti yang mempunyai latar belakang di bidang kesehatan atau ilmu-ilmu yang berkaitan. Penulis menyadari book chapter ini masih belum sempurna, sehingga penulis menerima saran yang membangun. Semoga bookchapterini bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, Januari 2026

Tim Editor

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN IDENTITAS BUKU	i
PRAKATA	ii
DAFTAR ISI	iii
CHAPTER II	
Pendekatan Ekologis Dalam Pengendalian Vektor: Strategi Pengelolaan Lingkungan Untuk Mencapai Kesehatan Berkelanjutan	1
Efektivitas Pengendalian Vektor Aedes Aegypti Secara Kimiawi Di Indonesia	23
Pengendalian Vektor Aedes Aegypti Berbasis Lingkungan, Biologis, Dan Teknologi Modern Di Indonesia	38
Pengendalian Vektor Secara Hayati; Terminologi, Teori, dan Aplikasinya	60
Pengendalian Vektor Termit (Rayap) : Kajian Komprehensif Klasifikasi, Morfologi, dan Strategi Pengendalian Berkelanjutan	78
Pengendalian Vektor Terpadu ; Terminologi, Teori, dan Aplikasinya	95
Pengendalian Vektor Nyamuk Anopheles Secara Hayati: Terminologi, Teori, dan Aplikasinya	106
Konsep Dasar Vektor Pada Penularan Demam Berdarah Dengue : Terminologi, Teori, dan Strategi Pengendalian	125
Tinjauan Literatur Poliester Violet Sebagai Teknologi Perangkap Visual Multi Spesies dan Potensinya Dalam Pengendalian Hama Lalat Terpadu	136
Pengendalian Vektor Secara Genetik; Terminologi, Teori, dan Aplikasinya	146
Pengendalian Vektor Kecoa: Terminologi, Teori, dan Aplikasinya	167
Pengendalian Vektor Pinjal Dan Kutu Secara Hayati; Terminologi, Teori, Dan Aplikasinya	186

**PENGENDALIAN VEKTOR TERMIT (RAYAP) : KAJIAN
KOMPREHENSIF KLASIFIKASI, MORFOLOGI, DAN STRATEGI
PENGENDALIAN BERKELANJUTAN**

¹⁾Annida Sholehatul Lutfiadharin

¹⁾ Faculty of Health Science, Universitas Dian Nuswantoro

Corresponding author: Annida Sholehatul Lutfiadharin

Email : 411202404109@mhs.dinus.ac.id

ABSTRAK

Pengendalian vektor termit (rayap) merupakan aspek penting dalam menjaga integritas bangunan, produktivitas sektor kehutanan, serta keselamatan infrastruktur rumah tangga dan industri. Rayap termasuk organisme sosial yang memiliki kemampuan tinggi dalam merusak material berbahan selulosa melalui aktivitas makan dan pembentukan koloni bawah tanah maupun dalam kayu. Penelitian dan laporan lima tahun terakhir menunjukkan bahwa peningkatan kelembapan, perubahan iklim, serta perkembangan kawasan permukiman telah memperluas distribusi dan intensitas serangan rayap. Beragam metode pengendalian terus dikembangkan, mulai dari pendekatan fisik, kimia, hingga biologi, masing-masing dengan efektivitas dan dampak lingkungan yang berbeda. Metode kimia khususnya termitisida berbahan aktif fipronil, imidacloprid, dan bifenthrin masih menjadi pilihan dominan karena efektivitasnya tinggi, sementara pendekatan biologi seperti pemanfaatan jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* menjadi alternatif ramah lingkungan. Tulisan ini menguraikan klasifikasi dan morfologi rayap, teknik pengendalian yang umum digunakan, kelebihan dan kekurangannya, serta aplikasinya di lapangan. Kajian ini bertujuan memberikan gambaran komprehensif mengenai strategi pengendalian rayap berbasis data ilmiah terkini sehingga dapat digunakan sebagai referensi praktis dan akademik dalam upaya pengendalian hama yang berkelanjutan.

Kata kunci : Pengendalian rayap, vektor termit, termitisida

ABSTRACT

Termite vector control is an essential component in preserving building integrity, forestry productivity, and the safety of residential and industrial infrastructures. Termites are social insects capable of causing severe damage to cellulose-based materials through feeding activity and extensive colony development both underground and within wood structures. Studies from the past five years indicate that increasing humidity, climate change, and land-use development have expanded the distribution and severity of termite infestations. Various control methods—physical, chemical, and biological—continue to evolve, each offering different levels of effectiveness and environmental impact. Chemical methods, particularly termiticides containing active substances such as fipronil, imidacloprid, and bifenthrin, remain widely used due to their high efficacy. Meanwhile, biological approaches such as entomopathogenic fungi (*Metarhizium anisopliae*) provide environmentally friendly alternatives. This paper describes termite classification, morphology, common control techniques, their advantages and disadvantages, and field applications. The review aims to present a comprehensive and up-to-date overview of termite management strategies that can serve as both practical and academic references for sustainable pest control efforts.

Keywords : Termite control, termite vectors, termiticides

A. PENDAHULUAN

Rayap atau termit merupakan salah satu organisme yang dikategorikan sebagai vektor dalam konteks kesehatan lingkungan karena kemampuannya membawa jamur dan mikroorganisme tertentu yang dapat menurunkan kualitas sanitasi bangunan serta memicu kerusakan struktural secara signifikan (Nike et al., 2025). Rayap termasuk ke dalam kelompok serangga sosial yang hidup berkoloni dan mampu mengonsumsi material berbasis selulosa, seperti kayu, kertas, dan jaringan tanaman. Di berbagai negara tropis, termasuk Indonesia, infestasi rayap menjadi masalah yang paling sering dijumpai pada bangunan rumah tangga, fasilitas publik, infrastruktur, dan gedung pemerintahan (Savitri, Martini and Yuliawati, 2020). Kerugian ekonomi akibat rayap dilaporkan mencapai triliunan rupiah per tahun pada

wilayah tropis dan subtropis.

Rayap adalah serangga yang masuk ke dalam Ordo Isoptera. Mereka hidup bersama dalam kelompok besar, dan dalam kelompoknya terdapat struktur hierarki atau tingkatan kasta. Dalam satu koloni rayap terdiri atas tiga kasta dengan pembagian tugas yang jelas. Terdapat tiga famili rayap di wilayah Indonesia yaitu Kalotermitidae, Rhinotermitidae, dan Termitidae. Dalam lingkungan hidup, rayap memainkan peran penting sebagai hewan yang mengurai bahan organik atau dekomposer yang bermanfaat bagi ekosistem. Dalam mempertahankan hidupnya rayap memperluas wilayah jelajahnya dalam mencari sumber makanan dengan menyerang apa saja yang ditemui. Ciri khas serangan rayap kayu kering adalah ditemukannya pelet feces (kotoran) berbentuk heksagonal kecil yang seringkali dikeluarkan dari lubang-lubang kecil pada permukaan kayu yang diserang, menyerupai butiran pasir atau kopi giling (Christy *et al.*, 2023).

Interaksi antara rayap dengan bangunan sangat mempengaruhi ketahanan, keamanan, serta kenyamanan bangunan tempat tinggal manusia. Kerusakan yang timbul akibat serangan rayap bukan hanya terjadi pada konstruksi bangunan seperti kusen pintu dan jendela, atap, plafon, dan lainnya tetapi juga dapat terjadi pada isi bangunan seperti buku, meubel, hingga dokumen-dokumen penting dan barang yang mengandung selulosa lainnya dapat menjadi sasaran rayap. Di Indonesia kecenderungan serangan rayap / pengerat kayu semakin tinggi pada bangunan gedung, bukan hanya yang berfungsi sebagai hunian tetapi juga pada bangunan gedung bertingkat untuk fungsi usaha seperti rumah sakit, perkantoran, apartemen, hotel dan pusat perbelanjaan.

Keberadaan rayap dalam kesehatan lingkungan tidak bisa dianggap sebagai isu kecil. Selain menyebabkan kerusakan material, rayap tanah dapat membawa jamur patogen seperti *Aspergillus sp.* dan *Penicillium sp.*, yang dapat berkembang di area lembap akibat aktivitas koloni (Christy *et al.*, 2023). Lingkungan yang rusak, lembap, dan kaya selulosa merupakan bagian dari faktor risiko penyakit berbasis lingkungan, sehingga pengendalian rayap memiliki urgensi yang sangat tinggi dalam konteks sanitasi. Koloni rayap tanah dapat berkembang hingga ribuan individu dalam waktu satu tahun apabila mendapatkan kondisi lingkungan yang optimal (Irawan, 2023). Selain

itu, koloninya dapat meluas secara horizontal melalui terowongan tanah (mud tubes) yang sulit dideteksi tanpa inspeksi menyeluruh. Rayap kayu kering juga memiliki mekanisme infestasi yang lebih tersembunyi karena hidup sepenuhnya di dalam kayu tanpa kontak dengan tanah (Nike *et al.*, 2025). Hal ini menyebabkan kerusakan sering kali baru terdeteksi setelah mencapai tingkat parah.

Dalam era pembangunan modern, pengendalian rayap menjadi komponen penting untuk menjaga keberlanjutan bangunan, efisiensi ekonomi masyarakat, dan keamanan lingkungan (Savitri, Martini and Yuliawati, 2020). Penggunaan teknologi pengendalian terbaru, seperti *baiting system* dan agen hayati, semakin banyak diterapkan seiring meningkatnya kesadaran akan risiko penggunaan pestisida kimia terhadap lingkungan. Oleh karena itu, makalah ini bertujuan untuk membahas tentang jenis rayap sebagai vektor, klasifikasi dan morfologinya, metode pengendalian fisik, kimia, dan biologi, kelebihan dan kekurangan metode tersebut, aplikasi di lapangan, serta rekomendasi dalam pengendalian vektor termit yang efektif dan berkelanjutan.

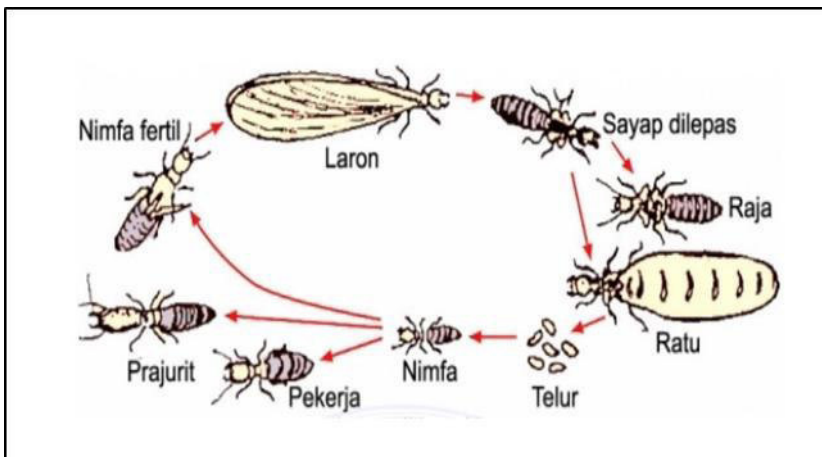
B. PERILAKU DAN SIKLUS HIDUP RAYAP

Rayap memiliki beberapa perilaku, seperti trophallaxis yang merupakan tindakan memberi makan anggota kasta lainnya, serta kanibalisme yaitu memakan anggota koloni yang lemah. Perilaku kanibalisme pada rayap berguna untuk menekan penggunaan energi dan membantu menjaga keseimbangan kehidupan dalam koloni. Salah satu sifat khas lain dari rayap adalah menjauhi cahaya. Namun, sifat ini tidak terjadi pada kasta reproduktif saat sedang swarming, yaitu penerbangan untuk mencari pasangan dan melakukan proses berusaha menghasilkan keturunan. Rayap memiliki empat tahap perkembangan yaitu telur, larva, nimfa, dan tahap dewasa atau imago.

Nimfa melewati beberapa tahap instar hingga tumbuh menjadi imago. Pembentukan kasta rayap seperti pekerja, prajurit, atau laron dimulai pada tahap instar tertentu yang dibawa oleh feromon dasar dari ratu. Koloni rayap didirikan oleh sepasang laron dan menghasilkan telur (Ayu *et al.*, 2023). Awalnya, telur hanya berkembang menjadi kasta

pekerja dan prajurit hingga koloni berkembang dengan baik, yaitu ketika jumlah anggota koloni mencapai titik maksimum, lalu koloni menghasilkan laron seperti pada rayap *Cubitermes fungifaber*. Siklus hidup rayap sangat bergantung pada kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan ketersediaan makanan.

Telur biasanya menetas dalam beberapa minggu dan larva akan tumbuh dengan cepat ketika nutrisi di dalam koloni mencukupi (Ayu *et al.*, 2023). Pada setiap pergantian instar, nimfa mengalami pergantian kulit untuk mendukung pertumbuhan tubuhnya. Kasta pekerja berperan penting dalam merawat telur serta memberi makan seluruh anggota koloni sehingga keberlangsungan siklus hidup tetap terjaga. Pada akhirnya, ketika koloni mencapai kematangan, siklus ini akan berulang kembali melalui produksi laron yang akan membentuk koloni baru.



Gambar 1. Siklus Hidup Rayap

<https://ditjenbun.pertanian.go.id/pengelolaan-rayap-coptotermes-curvignathus-pada-perkebunan-kelapa-sawit/>

C. IDENTIFIKASI JENIS RAYAP

Jenis terdapat dua famili dan dua spesies yaitu famili Termitidae jenis rayap *Macrotermes gilvus* (71%) dan famili Rhinotermitidae jenis rayap *Coptotermes curvignathus* (29%). Rayap *Macrotermes gilvus*

Hagen juga merupakan hama penting pada berbagai tanaman perkebunan khususnya pada perkebunan kelapa dan kelapa sawit, namun serangan tidak sampai menimbulkan kematian pada tanaman inang *M. GiIvus* termasuk ke dalam famili Termitidae yang dikenal sebagai rayap tingkat tinggi. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Gus Kara Lantera spesies rayap tanah yang dikenal sebagai spesies terpenting sebagai perusak kayu dan bangunan di Indonesia yaitu *Coptotermes curvignathus*. Keberadaan rayap ini patut diwaspadai karena sangat besar potensi ancamannya terhadap bangunan gedung di sekitar habitatnya (Savitri, Martini and Yuliawati, 2020). Dampak kerusakan dan kemampuannya dalam menyerang bangunan yang lebih tinggi dibandingkan dengan rayap tanah lainnya. Serangga ini mampu beradaptasi dalam berbagai kondisi lingkungan yang diciptakan manusia di dalam bangunan gedung. Oleh karena itu, serangan rayap dari spesies ini perlu diwaspadai dengan melakukan inspeksi secara rutin pada bangunan atau properti lainnya

D. JENIS VEKTOR (KLASIFIKASI DAN MORFOLOGI)

Secara taksonomi, rayap sebelumnya termasuk dalam ordo Isoptera, namun hasil kajian filogenetik terbaru menunjukkan bahwa rayap memiliki hubungan yang sangat dekat dengan kecoak keluarga Cryptocercidae. Oleh karena itu, banyak literatur modern mengelompokkan rayap sebagai bagian dari ordo Blattodea. Klasifikasi umum rayap adalah sebagai berikut:

Tingkatan Klasifikasi	Keterangan
Kingdom	Animalia
Phylum	Arthropoda
Class	Insecta
Order	Blattodea
Family	<i>Termitidae</i>
Genus	<i>Coptotermes, Macrotermes, Cryptotermes</i>
Species Umum	<i>Coptotermes curvignathus, Macrotermes gilvus, Cryptotermes cynocephalus</i>

1. Di Indonesia, beberapa genus yang umum ditemui meliputi :

a. *Coptotermes*

Genus ini adalah rayap tanah yang paling merusak struktur bangunan di Indonesia, membangun koloni besar di bawah tanah. Mereka merusak kayu dari dalam dan mengeluarkan cairan lengket berwarna putih sebagai pertahanan.

b. *Macrotermes*

Dikenal sebagai rayap pembuat gundukan, mereka membangun sarang besar dan menonjol di permukaan tanah, terutama di area terbuka seperti perkebunan. Rayap ini memiliki hubungan simbiosis dengan jamur dan berperan penting dalam ekosistem tanah.

c. *Nasutitermes*

Mereka mudah dikenali dari prajuritnya yang berkepala seperti hidung panjang (nasute) yang berfungsi menyemprotkan zat kimia pertahanan. Rayap ini umumnya membuat sarang berbentuk bulat di atas pohon atau tiang kayu, dan kurang merusak struktur inti bangunan dibandingkan *Coptotermes*.

d. *Cryptotermes*

Ini adalah perwakilan utama dari rayap kayu kering (drywood termites) yang hidup sepenuhnya di dalam kayu yang diserang, tanpa perlu kontak dengan tanah. Mereka meninggalkan kotoran berbentuk pelet kecil sebagai tanda infestasi.

e. *Kaloterme*s

Genus ini juga termasuk rayap kayu kering (Famili Kalotermitidae) yang biasanya menyerang kayu dengan kandungan air sedikit lebih tinggi atau kayu yang lapuk. Koloninya relatif kecil dan berkembang sangat lambat.

2. Jenis rayap dikelompokkan menjadi :

a. Rayap tanah (*Subterranean Termites*)

Paling merusak, hidup di tanah dan membuat terowongan.

Contoh: *Coptotermes curvignathus*.

b. Rayap kayu kering (*Drywood Termites*)

Hidup dalam kayu kering, tidak membutuhkan kontak tanah.

Contoh: *Cryptotermes domesticus*.

- c. Rayap kayu basah (*Dampwood Termites*)

Hidup pada kayu lembap atau busuk.

E. MORFOLOGI RAYAP

Setiap koloni rayap terdiri dari tiga kasta : pekerja, prajurit, dan reproduktif. Pekerja bertanggung jawab terhadap hampir seluruh aktivitas kolonial, termasuk pencarian makan, membangun sarang, dan perawatan telur(Rafli, Madusari and Soesatrijo, 2020). Prajurit memiliki kepala besar dengan mandibel kuat sebagai pertahanan koloni. Sementara itu, kasta reproduktif memiliki sayap panjang dan berfungsi membentuk koloni baru. Metode pengendalian antara lain :

1. Metode fisik

Meliputi pemasangan penghalang (*physical barrier*), kontrol kelembapan, dan heat treatment. *Physical barrier* menggunakan pasir khusus atau jaring stainless steel yang dipasang di bawah fondasi untuk mencegah rayap masuk ke struktur bangunan(Savitri, Martini and Yuliawati, 2020). *Heat treatment* merupakan metode yang semakin populer karena mampu mematikan rayap kayu kering tanpa menggunakan bahan kimia, namun memerlukan teknologi dan operator yang terlatih(Wibowo, 2022).

2. Pengendalian kimia

Merupakan metode yang paling banyak digunakan dan terbukti efektif dalam membasmi koloni rayap. Termitisida modern seperti fipronil dan imidacloprid bekerja sebagai non-repellent, sehingga rayap tidak menyadari keberadaan racun dan menyebarkannya ke koloni(Wahjono, 2024). Metode lain adalah baiting system yang menggunakan senyawa penghambat pertumbuhan seperti noviflumuron atau chlorfluazuron. Sistem ini aman untuk lingkungan karena dosis racun sangat rendah(Wahjono, 2024).

3. Pengendalian biologi

Pengendalian ini menitikberatkan pada penggunaan agen hayati seperti jamur *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana*, yang mampu menginfeksi rayap melalui kutikula dan menyebar ke seluruh koloni melalui kontak sosial (Awasthi *et al.*, 2024). Nematoda entomopatogen seperti *Steinernema* dan *Heterorhabditis* juga menjadi alternatif ramah lingkungan, meskipun efektivitasnya sangat dipengaruhi kelembapan tanah.

F. APLIKASI DI LAPANGAN

Aplikasi pengendalian rayap di lapangan merupakan rangkaian kegiatan terstruktur yang bertujuan memutus siklus kehidupan rayap, menghilangkan koloni yang aktif, dan mencegah infestasi ulang pada bangunan maupun lahan. Proses ini tidak hanya berfokus pada pemberian bahan pengendali, tetapi mencakup inspeksi menyeluruh, evaluasi kondisi lingkungan, identifikasi spesies, pemilihan metode pengendalian yang sesuai, serta monitoring jangka panjang. Keberhasilan pengendalian rayap sangat dipengaruhi oleh kualitas inspeksi awal serta kemampuan teknis dalam memahami perilaku dan ekologi rayap (Deka *et al.*, 2021).

1. Tahap Inspeksi Lapangan

Tahap pertama pengendalian rayap adalah inspeksi menyeluruh terhadap area yang dicurigai terinfestasi. Inspeksi bertujuan mengidentifikasi spesies rayap, menentukan lokasi aktivitas koloni, serta menilai tingkat kerusakan struktural. Teknisi biasanya memeriksa beberapa indikator utama, seperti:

a. Kelembapan Bangunan

Kelembapan tinggi merupakan faktor yang sangat disukai rayap, terutama rayap tanah. Oleh karena itu, inspeksi dilakukan menggunakan moisture meter untuk mengukur tingkat kelembapan pada dinding, lantai, atau area yang berdekatan dengan sumber air. Ruangan seperti kamar mandi, dapur, dan area bawah tangga termasuk titik rawan.

b. Identifikasi Jalur Rayap (Mud Tubes)

Rayap tanah membangun terowongan tanah atau mud

tubes untuk melindungi tubuhnya saat bergerak menuju sumber makanan. Keberadaan mud tubes menjadi tanda pasti bahwa koloni rayap tanah sedang aktif. Jalur ini biasanya ditemukan pada dinding, pondasi, tiang kayu, atau celah-celah bangunan.

c. Deteksi Kerusakan Struktur

Pemeriksaan visual dilakukan dengan mengetuk permukaan kayu untuk mendeteksi suara kopong yang menandakan serangan rayap kayu kering. Selain itu, bagian struktural seperti rangka atap, kusen jendela, dan pintu menjadi fokus utama karena sering diserang tanpa terlihat dari luar.

d. Penggunaan Teknologi Deteksi Modern

- 1) Thermal Imaging Camera: membantu mendeteksi area panas tidak normal akibat aktivitas koloni.
- 2) Acoustic Detector: menangkap suara mengunyah rayap.
- 3) Fiber-Optic Endoscope: digunakan untuk melihat bagian dalam dinding tanpa merusaknya.

Penggunaan alat deteksi modern meningkatkan akurasi inspeksi hingga 80%, sehingga mencegah kesalahan penanganan.

2. Tahap Penerapan Metode Pengendalian

Setelah inspeksi lengkap, teknisi memilih metode pengendalian yang sesuai dengan jenis rayap, lokasi infestasi, dan kondisi lingkungan. Secara umum, terdapat tiga pendekatan utama:

a. Bangunan Lama (Existing Building)

1) Injeksi Termitisida

Injeksi termitisida dilakukan dengan mengebor lantai atau pondasi secara berkala kemudian menyuntikkan larutan termitisida ke dalam tanah atau struktur. Metode ini bertujuan menciptakan penghalang kimia yang menghalangi rayap masuk

kembali. Termitisida modern seperti fipronil dan imidacloprid bersifat non-repellent, sehingga rayap yang terpapar tidak menyadari keberadaan racun dan menyebarkannya ke koloni.

2) Pemasangan Bait Station

Sistem umpan (baiting system) merupakan metode yang semakin populer karena minim kerusakan struktural dan aman bagi lingkungan. Stasiun umpan ditempatkan di area tanah sekitar bangunan. Rayap pekerja yang menemukan umpan akan membawanya kembali ke koloni, sehingga seluruh koloni perlahan mati akibat racun pertumbuhan seperti noviflumuron atau chlorfluazuron. Sistem ini sangat efektif untuk koloni besar dan sulit dijangkau.

3) Perbaikan Struktur dan Eliminasi Kelembapan

Perbaikan kebocoran pipa, pemasangan ventilasi tambahan, dan penanganan area lembap wajib dilakukan untuk mencegah infestasi ulang. Rayap sangat menyukai kondisi lembap, sehingga pengendalian lingkungan merupakan bagian penting dari proses.

b. Bangunan Baru (*Pre-Construction Termite Control*)

Pengendalian rayap pada bangunan baru bertujuan mencegah infestasi sebelum bangunan digunakan. Metode ini meliputi :

1) Perlakuan Tanah (*Soil Treatment*)

Tanah dasar bangunan disemprot termitisida sebelum pengecoran pondasi. Penghalang kimia ini mencegah rayap tanah masuk dari bawah struktur.

2) Pemasangan Physical Barrier

Fisik penghalang berupa jaring baja tahan karat atau pasir bergradasi digunakan sebagai penghalang mekanis. Teknologi ini sangat efektif karena tidak

melibatkan bahan kimia dan dapat bertahan puluhan tahun.

3) Pelapisan Kayu dengan Bahan Anti-Rayap

Kayu struktural diperlakukan dengan borate untuk memberikan perlindungan jangka panjang dari rayap kayu kering.

c. Perkebunan dan Lahan Non-Bangunan

Pengendalian di perkebunan sering menggunakan pendekatan hayati untuk mengurangi dampak pada flora dan fauna sekitar.

1. Aplikasi Jamur Entomopatogen

Metarhizium anisopliae dan Beauveria bassiana disemprotkan pada permukaan tanah atau pangkal tanaman. Rayap yang terpapar akan terinfeksi dalam 3–7 hari.

2. Modifikasi Habitat

Meliputi penebangan sisa batang pohon, memperbaiki drainase, dan mengurangi area dengan kayu membusuk.

3. Pengendalian Vegetasi

Mengurangi semak-semak yang menjadi jembatan alami rayap menuju tanaman utama. Pendekatan hayati dapat menurunkan populasi rayap di lahan pertanian hingga 70% tanpa efek negatif terhadap tanah atau mikroorganisme menguntungkan(Ayu *et al.*, 2023).

G. KELEBIHAN DAN KEKURANGAN

Tabel 1. Kelebihan dan Kekurangan Jenis MetodePengendalian Termit

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Fisik	Aman, jangka Panjang	Mahal
Kimia	Cepat dan Kuat	Resiko residu
Biologi	Ramah Lingkungan	Lambat

Pengendalian rayap pada dasarnya dapat dilakukan melalui tiga pendekatan utama, yaitu metode fisik, metode kimia, dan metode biologi.

Masing-masing metode memiliki karakteristik yang berbeda dan dipilih berdasarkan jenis infestasi, kondisi lingkungan, lokasi bangunan, serta analisis risiko terhadap manusia maupun ekosistem.

1. Metode Fisik

Metode fisik merupakan pendekatan yang dilakukan tanpa penggunaan bahan kimia, melainkan melalui perubahan struktur, pemasangan penghalang (barrier), atau rekayasa lingkungan. Kelebihan utama dari metode fisik adalah sifatnya yang sangat aman bagi manusia, hewan peliharaan, dan lingkungan. Karena tidak menggunakan bahan kimia, metode ini tidak menghasilkan residu berbahaya yang dapat mencemari tanah atau air tanah(Deka *et al.*, 2021).

Selain itu, metode fisik seperti pemasangan *stainless steel mesh*, pasir bergradasi khusus, atau sheet anti-rayap pada pondasi bangunan dapat memberikan perlindungan jangka panjang yang dapat bertahan selama puluhan tahun. Metode fisik juga sangat efektif sebagai strategi pencegahan pada bangunan baru, karena pemasangan penghalang dapat menghentikan rayap tanah sebelum masuk ke struktur bangunan. Hal ini menjadikan metode fisik sebagai salah satu pilihan paling ideal dalam konstruksi modern yang berorientasi pada keberlanjutan(Savitri, Martini and Yuliawati, 2020).

Selain itu, teknik fisik seperti perbaikan drainase dan pengurangan kelembapan mampu mengurangi faktor-faktor risiko infestasi tanpa memerlukan bahan berbahaya. Pendekatan ini meningkatkan kualitas sanitasi bangunan secara keseluruhan dan dapat mengurangi tempat berkembangnya jamur atau mikroorganisme lain. Meskipun aman, metode fisik memiliki beberapa kekurangan. Pertama, biaya awal yang cukup tinggi, terutama jika diterapkan pada bangunan baru yang membutuhkan pemasangan penghalang secara menyeluruh pada. Metode fisik juga sering tidak praktis bila diterapkan pada bangunan lama karena memerlukan pembongkaran sebagian struktur atau wilayah pondasi untuk pemasangan sistem penghalang.

Selain itu, metode fisik tidak efektif untuk mengatasi infestasi yang sudah terjadi di dalam bangunan. Jika rayap sudah berada di dalam dinding atau struktur kayu, penghalang fisik tidak dapat membantu

sehingga memerlukan pendekatan lain seperti injeksi kimia atau *baiting system*. Pada beberapa kasus, modifikasi lingkungan seperti perbaikan saluran air atau ventilasi tidak cukup untuk menurunkan populasi rayap secara signifikan bila sarang sudah terbentuk lama.

2. Metode Kimia

Metode kimia adalah penggunaan termitisida atau racun rayap sebagai cara pengendalian utama. Ini termasuk liquid soil treatment, injeksi termitisida, maupun baiting system kimia. Metode kimia memiliki keunggulan terbesar yaitu efektivitas dan kecepatan, terutama dalam kondisi infestasi berat atau kolonisasi yang sudah merusak bangunan (Savitri, Martini and Yuliawati, 2020). Termitisida modern seperti fipronil, imidacloprid, dan chlorpyrifos dapat membentuk penghalang kimia pada tanah atau struktur, sehingga rayap yang melewatinya akan mati atau membawa racun kembali ke koloni.

Penggunaan non-repellent termitisida seperti fipronil memungkinkan rayap tidak menyadari keberadaan racun. Artinya, rayap tetap beraktivitas seperti biasa dan menyebarkan racun ke seluruh anggota koloni melalui kontak sosial, sehingga memicu efek domino yang sangat efektif dalam menurunkan populasi (Wahjono, 2024). Selain itu, metode kimia seperti baiting system sangat aman bagi lingkungan dan penghuni karena menggunakan dosis racun yang rendah. Umpan dirancang agar hanya dikonsumsi rayap pekerja, sehingga risiko paparan ke manusia atau hewan sangat minimal.

Metode ini juga tidak memerlukan pengeboran berlebihan seperti injeksi cairan, sehingga tidak merusak bangunan. Kelemahan utama penggunaan bahan kimia adalah potensi pencemaran lingkungan, terutama jika termitisida diterapkan tidak sesuai label atau dosis. Beberapa bahan aktif dapat mencemari tanah atau air tanah, terutama pada daerah dengan sistem resapan terbuka (Rafli, Madusari and Soesatrijo, 2020).

Selain risiko lingkungan, metode kimia memerlukan operator profesional yang bersertifikat untuk memastikan penggunaannya aman. Bila diterapkan oleh orang tanpa pelatihan, dapat terjadi kesalahan dosis yang membahayakan kesehatan penghuni. Selain itu, penggunaan

berulang dapat menyebabkan resistensi pada beberapa spesies rayap, meskipun kasus ini masih jarang dilaporkan dibandingkan serangga lain. Metode kimia juga memiliki biaya variatif — termitisida yang efektif dan aman cenderung mahal, begitu pula bait station yang memerlukan monitoring berkala.

3. Metode Biologi

Metode biologi menggunakan organisme hidup seperti jamur entomopatogen, nematoda entomopatogen, atau bakteri pengendali. Kelebihan utama metode biologi adalah keamanannya terhadap lingkungan, karena tidak meninggalkan residu beracun dan tidak mencemari tanah atau air (Awasthi *et al.*, 2024). Agen hayati seperti *Metarhizium anisopliae* bekerja secara alami dengan menginfeksi rayap melalui kutikula, menyebar dari individu ke individu, dan dapat menurunkan populasi tanpa menimbulkan kerusakan struktural atau residu kimia.

Pendekatan biologis juga sangat ideal untuk penggunaan pada area sensitif seperti perkebunan, kawasan konservasi, dan area dekat sumber air, di mana penggunaan termitisida kimia dilarang atau dibatasi. Metode ini mendukung prinsip Integrated Termite Management (ITM) karena aman sebagai komponen jangka panjang dalam menjaga ekosistem tetap sehat. Namun, metode biologi memiliki kelemahan utama yaitu efektivitas yang lambat dibandingkan termitisida kimia (Wahjono, 2024). Agen hayati membutuhkan kondisi lingkungan tertentu kelembapan, suhu, dan pH tanah sangat mempengaruhi keberhasilan infeksi jamur atau nematoda. Bila kondisi tidak mendukung, agen hayati dapat mati sebelum menginfeksi rayap.

Selain itu, metode biologi sering memerlukan aplikasi berulang dalam jangka waktu tertentu agar populasi rayap dapat ditekan secara signifikan. Proses infeksi dan penyebaran dalam koloni juga tidak secepat penyebaran racun kimia yang non-repellent (Wahjono, 2024). Beberapa agen hayati juga memiliki masa simpan terbatas dan membutuhkan penanganan khusus agar tetap aktif, yang bisa menjadi tantangan logistik dalam penerapan lapangan.

H. KESIMPULAN

Pengendalian vektor termit merupakan kebutuhan mendesak yang berkaitan langsung dengan perlindungan bangunan, keamanan ekonomi, dan keberlanjutan lingkungan. Dari hasil kajian yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa rayap memiliki struktur sosial yang kompleks dan kemampuan adaptasi tinggi, sehingga serangannya sering kali tidak terdeteksi sejak dini. Klasifikasi dan morfologi rayap menunjukkan bahwa kelompok *Isoptera* ini terdiri atas beberapa kasta yang bekerja secara sinergis dalam memperluas koloni dan mencari sumber makanan. Perkembangan teknologi pengendalian lima tahun terakhir telah memberikan opsi pengendalian yang beragam, mulai dari metode fisik seperti barrier pasir dan modifikasi struktur bangunan, metode kimia dengan penggunaan termitisida modern yang berdaya residu panjang, hingga metode biologi berbasis agen hayati yang lebih ramah lingkungan.

Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Pengendalian fisik dinilai aman bagi manusia dan lingkungan tetapi membutuhkan biaya konstruksi tinggi. Metode kimia memberikan hasil cepat dan efektif, namun berpotensi menimbulkan resistensi dan kontaminasi lingkungan bila tidak diaplikasikan sesuai regulasi. Metode biologi merupakan pilihan berkelanjutan, meskipun efektivitasnya sering tergantung pada kondisi lingkungan seperti kelembapan dan suhu. Aplikasi di lapangan menunjukkan bahwa pendekatan terpadu (Integrated Termite Management/ITM) adalah strategi terbaik, yakni dengan menggabungkan monitoring, manajemen lingkungan, serta penggunaan bahan kimia atau biologi secara terukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Awasthi, I. *et al.* (2024) ‘Biological Control Strategies for Termite Management Management’. doi: 10.20944/preprints202403.1842.v1.
- Ayu, F. *et al.* (2023) ‘Identifikasi Spesies Rayap Di Perkebunan Karet Desa Naga Beralih Kec. Kampar Utara, Kampar’, pp. 1–8.
- Christy, E. O. *et al.* (2023) ‘Kehadiran Rayap dan Tanda-Tanda Infestasinya pada Bangunan Rumah Di Kawasan “ Kebun Karet ” Gundaling, Tamiang Layang, Barito Timur, Kalimantan Tengah (The Presence of Termite And Their Signs of Infestation on House Buildings in The Gundaling “Rubber Garden” Area, Tamiang Layang, East Barito, Central Kalimantan)’, 18(1), pp. 169–180.
- Deka, B. *et al.* (2021) ‘Potential of the entomopathogenic fungus , *Metarhizium anisopliae* s . l . in controlling (Holmgren) (Blattodea : Termitidae) infesting tea crop’, *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. doi: 10.1186/s41938-021-00477-4.
- Irawan, D. W. P. (2023) ‘Pengendalian Vektor Dan Binatang Pengganggu Pengendalian Vektor Dan Binatang Pengganggu Di Rumah Sakit’, (6).
- Nike, T. *et al.* (2025) ‘Inovasi Pengendalian Rayap Kayu Kering (*Cryptotermes* spp.): Pengujian Multiaspek Biopestisida Nabati Berbasis Ecoenzyme Terhadap Mortalitas, Repelensi, dan Perlindungan Substrat Innovation’, 8(September), pp. 642–657.
- Rafli, M. A., Madusari, S. and Soesatrijo, J. (2020) ‘Komparasi Efektivitas Metode Pengendalian Rayap *Macrotermes gilvus* Di Perkebunan Kelapa Sawit’, 5(2).
- Savitri, A., Martini and Yulawati, S. (2020) ‘Keanekaragaman Jenis Rayap Tanah dan Dampak Serangan Pada Bangunan Rumah di Perumahan Kawasan Mijen Kota Semarang’, 4.
- Wahjono, T. E. (2024) ‘Pathogen Biopesticide Producer As An Effective Environmentally Friendly Alternative And And’, 24(1), pp. 97–112.
- Wibowo (2022) ‘Pengendalian Rayap’.