

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis. Indonesia memiliki kondisi lingkungan yang ditandai oleh tingkat kelembaban yang tinggi (sekitar 70,90%), suhu hangat, serta kandungan bahan organik yang melimpah di dalam tanah. Faktor-faktor tersebut menciptakan lingkungan yang ideal untuk kehidupan berbagai organisme, termasuk rayap, yang merupakan salah satu organisme hama utama di wilayah tropis (Desyanti *et al.*, 2023; Duquesne & Fournier, 2024). Rayap memiliki peran ekologi yang penting di wilayah tropis dan mampu membentuk koloni dalam jumlah sangat besar, rayap termasuk yang paling melimpah dibandingkan dengan serangga lainnya (Lwin & Wyun, 2019). Namun, rayap merupakan salah satu hama perusak kayu yang paling merusak dan merugikan di seluruh dunia. Kerusakan yang ditimbulkan oleh hama rayap tidak hanya terbatas pada bangunan sederhana dan infrastruktur, tetapi juga pada tanaman perkebunan dan hutan (Krishna *et al.*, 2013). Kini ancaman telah meluas hingga ke struktur bangunan yang lebih kompleks dan modern.

Kerugian ekonomi yang ditimbulkan oleh serangan rayap sangat besar, baik dalam hal biaya perbaikan maupun kehilangan nilai aset. Di Indonesia, pada tahun 1995 kerugian ekonomi akibat rayap diperkirakan mencapai Rp1,67 triliun pertahun (Rahayu *et al.*, 2024). Pada tahun 2015 Asosiasi Perusahaan Pengendalian Hama Indonesia (ASPPHAMI) menaksir bahwa rata-rata biaya kerugian akibat rayap pada bangunan tempat tinggal di Indonesia mencapai Rp8,7 triliun pertahun (Arianana *et al.*, 2019). Sementara itu, secara global hama rayap menyebabkan dampak ekonomi diperkirakan lebih dari US\$40 miliar pada tahun 2018 (Chin *et al.*, 2021).

Dari sekitar 2.500 species rayap yang teridentifikasi di dunia, 20 species di antaranya ditemukan di Indonesia sebagai hama kayu, pohon hutan, dan tanaman pertanian (Desyanti *et al.*, 2023). Salah satu species rayap di Indonesia dengan distribusi luas yang dilaporkan menjadi hama adalah rayap tanah jenis *Macrotermes gilvus*, rayap ini banyak menyerang perkebunan, bangunan, dan perumahan (Subekti & Fadhila, 2023). Rayap umumnya menyerang batang dan akar tanaman,

bagian yang kaya akan selulosa, menyebabkan pertumbuhannya terhambat (Anjelina *et al.*, 2024). Rayap tanah umumnya mengonsumsi kayu sebanyak 2-3% dari berat tubuhnya perhari, dengan jumlah koloni di daerah subtropis berkisar 60.000 hingga 350.000 ekor pekerja. Rayap tanah *M. gilvus* mengonsumsi kayu pinus rata-rata 8,2 mg/hari dalam uji tunggal selama lima hari, dan menyebabkan penurunan bobot kayu hingga 57,95% dalam uji makan ganda selama tiga bulan (Subekti, 2012; Desyanti *et al.*, 2023).

Seiring dengan ketersediaan kayu berkualitas tinggi dari hutan alam yang semakin terbatas, maka kayu dengan tingkat keawetan rendah mulai dimanfaatkan sebagai alternatif (Syahril *et al.*, 2022). Dalam penelitian ini, digunakan lima jenis kayu, yaitu pinus, suren, mindi, mahoni, dan karet. Kayu tersebut termasuk dalam kelompok jenis kayu yang memiliki nilai ekonomis dan banyak diminati namun memiliki kelas awet yang rendah sehingga tidak dapat digunakan dalam masa waktu yang lama (Pandit *et al.*, 2011; Syahril *et al.*, 2022). Kelima jenis kayu tersebut dipilih sebagai sampel uji preferensi karena umum dimanfaatkan sebagai bahan bangunan maupun furnitur, mudah diperoleh di pasaran, serta memiliki karakteristik fisik dan kandungan kimia yang bervariasi. Keberagaman tersebut memungkinkan terjadinya perbedaan tingkat ketertarikan rayap terhadap masing-masing jenis kayu, sehingga relevan untuk digunakan dalam pengujian preferensi makan rayap tanah *M. gilvus*.

Simbiosis rayap *M. gilvus* dengan bakteri usus menghasilkan senyawa seperti β -aryl ether (β -O-4), β -1, phenylcoumarane, dan biphenyl yang mampu mendegradasi lignin hingga 60-95% (Subekti, 2012). Rayap juga menghasilkan berbagai zat antimikroba, seperti asam fenilasetat, yang menghambat pertumbuhan patogen berbahaya, sehingga melindungi sarang mereka dari ancaman mikroba (Nakashima *et al.*, 2024). Hal ini membuat pengendalian rayap menjadi sangat sulit dilakukan karena sulit untuk mencapai semua individu dalam koloni.

Penggunaan insektisida berbahan kimia yang termasuk Polutan Organik Persisten (POP) dari senyawa organik hidrokarbon berklorin atau organoklorin, serta termisida komersial seperti Imidacloropid, Fipronil, Chlorantraniliprole, Chlorpyrifos, dan Bifenthrin, sering digunakan untuk mengontrol serangan rayap (Hutama *et al.*, 2015; Eka, 2021; Subekti *et al.*, 2024). Namun, penggunaan

pestisida kimia secara terus-menerus akan menyebabkan munculnya populasi yang resisten terhadap pestisida dan dapat membahayakan organisme non-target, serta memiliki efek berbahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (Pathak *et al.*, 2022; Sharma *et al.*, 2023). Meningkatnya penggunaan insektisida organofosfat dan piretroid telah menyebabkan resistensi pada berbagai populasi serangga (Andika & Martono, 2022). Hal ini berkaitan dengan adaptasi yang memungkinkan rayap bertahan dari paparan bahan kimia tersebut.

Salah satu alternatif pengendalian rayap yang lebih ramah lingkungan, efektif, dan menjanjikan adalah penggunaan agen pengendali biologis atau agen biokontrol (Subekti *et al.*, 2024). Jenis agen biokontrol yang efektif dan telah banyak diproduksi serta tersedia secara komersial untuk mengendalikan hama rayap adalah dengan menggunakan mikroorganisme alami berbasis jamur entomopatogen (Sharma *et al.*, 2023; Spescha *et al.*, 2023). Jamur entomopatogen adalah jamur atau konidia jamur yang bersifat patogen terhadap serangga. Jamur entomopatogen dapat menginfeksi rayap dan menyebabkan kematian melalui sistem pencernaan dan pernapasan, utamanya melalui lapisan permukaan luar (Altinok *et al.*, 2019).

Metode pengendalian rayap tanah dapat diterapkan menggunakan aplikasi jamur entomopatogen. Species jamur entomopatogen yang umum digunakan adalah dari genus *Metarhizium* dan *Beauveria* terutama dari species *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* (Sharma *et al.*, 2023; Spescha *et al.*, 2023; Hassan *et al.*, 2024). Jamur entomopatogen *Metarhizium* sp. dan *Beauveria* sp. telah banyak diteliti sebagai agen biokontrol. Dua jamur tersebut merupakan species utama jamur entomopatogen, memiliki jangkauan inang yang luas, mencakup lebih dari 1000 species serangga dan lebih dari 50 familia serangga (Jaber & Ownley, 2018). *Metarhizium* sp. melakukan aktivitas larvasida dengan menghasilkan senyawa destruxins (Rafli *et al.*, 2021), senyawa tersebut berperan dalam menembus sistem pertahanan serangga inang (Sinha *et al.*, 2016). Sementara itu, *Beauveria* sp. menghasilkan berbagai metabolit sekunder seperti beauvericin, bassianolide, dan bauverisin yang berperan sebagai insektisida dan antitoksik (Jaber & Ownley, 2018; Sharma *et al.*, 2023).

Beberapa studi terbaru menyebutkan bahwa inokulasi jamur *Metarhizium* sp. dan *Beauveria* sp. pada konsentrasi 1×10^5 hingga 1×10^9 konidia/ml mampu

menyebabkan kematian pada rayap setelah 3 – 21 hari, menunjukkan potensi yang baik dalam mengendalikan rayap dengan tingkat mortalitas mencapai 100% (Ambele *et al.*, 2020; Hassan *et al.*, 2024). Kedua jamur entomopatogen tersebut merupakan patogen spesifik terhadap rayap dan paling sering digunakan dalam mengendalikan hama serangga.

Jamur entomopatogen biasanya berasal dari isolat lokal yang virulen, jamur ini dapat diperoleh baik dari inang serangga target maupun dari rizosfer, tanah berfungsi sebagai habitat (reservoir) alami bagi beragam mikroorganisme patogen serangga (Nuraida & Hasyim, 2009). Pada penelitian ini, jamur entomopatogen yang digunakan berasal dari dua sumber isolat. *Metarhizium* sp. dan *Beauveria* sp. diperoleh dari hasil subkultur laboratorium, yang sebelumnya diisolasi dari serangga terinfeksi. Sementara itu, *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. diisolasi dari tanah rizosfer bebas pestisida dengan metode umpan menggunakan Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*). *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. digunakan karena merupakan jamur isolat lokal yang sering dijumpai serta memiliki potensi sebagai jamur entomopatogen terhadap rayap (Lisa *et al.*, 2023; Nicoletti *et al.*, 2023).

Untuk mengevaluasi efektivitas berbagai jenis jamur entomopatogen dalam mengendalikan rayap tanah, dilakukan uji termisida guna mengetahui potensi dan virulensi masing-masing isolat. Selain itu, uji transmisi horizontal juga penting untuk dilakukan. Transmisi horizontal merupakan proses penularan infeksi dari serangga terinfeksi ke serangga sehat melalui spora yang ditransfer lewat kontak langsung (Yanuar, 2014), uji ini juga dapat mengamati infeksi mikosis untuk memahami dampak infeksi pada tubuh rayap yang terinfeksi. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengangkat judul “Virulensi Jamur *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aspergillus*, dan *Penicillium* sebagai Entomopatogen terhadap Rayap Tanah (*Macrotermes Gilvus* Hagen)” untuk menganalisis efektivitas masing-masing jamur berdasarkan tingkat mortalitas rayap dan penyusutan berat kayu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimana virulensi jamur entomopatogen *Metarhizium* sp., *Beauveria* sp., *Aspergillus* sp., dan *Penicillium* sp. dapat berpengaruh terhadap pengendalian rayap tanah (*Macrotermes gilvus* Hagen)?”

1.3 Pertanyaan Penelitian

- 1) Bagaimana virulensi tertinggi dan terendah jamur entomopatogen *Metarhizium* sp., *Beauveria* sp., *Aspergillus* sp., dan *Penicillium* sp. dalam mengendalikan rayap tanah (*Macrotermes gilvus*)?
- 2) Berapa konsentrasi inokulum yang paling optimal dalam mengendalikan rayap tanah (*Macrotermes gilvus*)?
- 3) Bagaimana penyebaran infeksi mikosis jamur entomopatogen pada koloni rayap tanah (*Macrotermes gilvus*) melalui transmisi horizontal?

1.4 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan dari penelitian ini:

- 1) Memperoleh informasi virulensi jamur entomopatogen *Metarhizium* sp., *Beauveria* sp., *Aspergillus* sp., dan *Penicillium* sp. dalam mengendalikan rayap tanah (*Macrotermes gilvus*) dari potensi yang tertinggi ke terendah.
- 2) Mengetahui konsentrasi inokulum yang paling optimal dalam mengendalikan rayap tanah (*Macrotermes gilvus*).
- 3) Mengetahui mekanisme penyebaran infeksi mikosis jamur entomopatogen pada koloni rayap tanah (*Macrotermes gilvus*) melalui transmisi horizontal.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penelitian ini dibatasi pada penggunaan empat isolat jamur, yaitu *Metarhizium* sp. dan *Beauveria* sp. yang diperoleh dari subkultur laboratorium, serta *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dari hasil isolasi dari tanah rizosfer.
- 2) Penelitian ini menggunakan konsentrasi inokulum tertentu dan pada kondisi laboratorium yang terkontrol.
- 3) Pengujian hanya dilakukan pada species rayap tanah (*Macrotermes gilvus* Hagen) kasta prajurit dan kasta pekerja.
- 4) Jenis kayu yang digunakan sebagai sampel uji preferensi adalah kayu pinus, mahoni, karet, mindi, dan suren.
- 5) Uji virulensi ditentukan melalui pengukuran tingkat mortalitas rayap dan penyusutan berat sampel kayu. Pengamatan infeksi mikosis secara morfologis diamati menggunakan mikroskop.

1.6 Manfaat Penelitian

Berikut manfaat penelitian dari penelitian ini:

1) Bagi Peneliti (Diri Sendiri)

Penelitian ini memberikan pemahaman dan keterampilan ilmiah dalam merancang dan melaksanakan uji virulensi agen biokontrol terhadap rayap, sekaligus memperluas pengetahuan mengenai aplikasi jamur entomopatogen sebagai agen biokontrol. Selain itu, penelitian ini juga melatih kemampuan dalam melakukan formulasi umpan hayati yang potensial dikembangkan lebih lanjut secara komersial.

2) Bagi Masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pengendalian hama rayap yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan bagi petani, pemilik rumah, dan pembuat kebijakan sehingga mengurangi kerugian ekonomi yang ditimbulkan oleh kerusakan rayap, serta mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida kimia terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

3) Bagi Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar referensi ilmiah bagi studi lanjutan yang berkaitan dengan formulasi umpan rayap berbasis jamur entomopatogen, serta dijadikan acuan inovasi teknologi pengendalian hama berbasis bioteknologi dan ekologi terapan.

1.7 Struktur Organisasi Skripsi

Penulisan skripsi ini disusun secara sistematis dengan mengacu pada Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Universitas Pendidikan Indonesia guna memudahkan dalam menjelaskan fokus kajian serta alur berpikir penelitian. Secara umum, skripsi ini terdiri atas lima bab utama sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang yang mendasari pentingnya penelitian mengenai pengendalian rayap tanah *Macrotermes gilvus* secara hayati menggunakan jamur entomopatogen. Bab ini juga memuat rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, batasan ruang lingkup

penelitian, serta manfaat teoritis dan praktis yang diharapkan dari hasil penelitian.

2. BAB II RAYAP DAN BIOKONTROL JAMUR ENTOMOPATOGEN

Bab ini berisi kajian teori yang mendasari pelaksanaan penelitian, meliputi karakteristik biologi rayap, perilaku makan, mekanisme pencernaan, hingga strategi pertahanan terhadap patogen. Juga dibahas teori mengenai hama dan pengendaliannya, serta agen biokontrol berupa jamur entomopatogen seperti *Metarhizium* sp., *Beauveria* sp., *Aspergillus* sp., dan *Penicillium* sp., serta penelitian terdahulu yang relevan.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Menjabarkan metode eksperimen yang digunakan, termasuk jenis dan desain penelitian, lokasi dan waktu penelitian, populasi serta sampel yang digunakan. Bab ini juga memuat prosedur penelitian secara rinci, mulai dari persiapan hingga aplikasi perlakuan, teknik pengumpulan data, analisis statistik, serta diagram alur penelitian untuk memperjelas tahapan kegiatan.

4. BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan temuan penelitian secara terstruktur dalam bentuk tabel, grafik, dan gambar. Hasil mencakup identifikasi isolat jamur, preferensi kayu oleh rayap, uji mortalitas dan penyusutan berat kayu, transmisi horizontal, pengamatan infeksi mikosis, hingga pengamatan faktor abiotik. Setiap temuan dibahas secara mendalam dan dikaitkan dengan teori atau hasil penelitian sebelumnya untuk memperkuat interpretasi.

5. BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI

Menampilkan simpulan utama dari penelitian sebagai jawaban atas rumusan masalah, implikasi dari hasil yang diperoleh terhadap pengendalian rayap secara biologi, serta rekomendasi untuk penelitian lanjutan dan pengembangan teknologi pengendalian berbasis jamur entomopatogen.