

BAB II

Tinjauan tentang Insektisida Nabati, Ekstrak, Daun Peppermint, Rayap Kayu Kering

A. Kajian Teori

Salah satu tahapam dalam proses penelitian yang harus diselesaikan penelitian adalah kajian teori. Kajian teori yang buat ini sesuai dengan topik yang akan dibahas dalam penelitian, yaitu berupa konsep dan definisi sebagai landasan dari penelitian yang dibuat.

1. Insektisida Nabati

Insektisida nabati merupakan bagian dari kelompok pestisida yang berbahan dasar alami, khususnya berasal dari tumbuhan. Secara umum, pestisida adalah senyawa kimia yang digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu seperti serangga, gulma, jamur, maupun hewan lainnya yang merugikan manusia, tanaman, dan hewan ternak. Istilah "insektisida" sendiri merujuk pada bahan kimia yang ditujukan untuk membunuh serangga (Mega et al., 2020, hlm 96). Berbeda dari pestisida sintetis, insektisida nabati memanfaatkan senyawa aktif yang secara alami terdapat dalam tumbuhan. Tanaman tertentu diketahui memiliki sifat antiserangga, baik sebagai racun kontak, racun perut, penolak (repelan), penghambat makan (antifeedant), penghambat pertumbuhan, hingga ovisida (pembunuh telur). Senyawa-senyawa tersebut antara lain berasal dari golongan alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan limonoid (Puri et al., 2021, hlm 265). Selain itu, insektisida alami juga dapat berasal dari mikroorganisme dan organisme laut. Pengembangan insektisida nabati terus dilakukan karena produk ini relatif lebih aman terhadap lingkungan dan organisme non-target, mudah terurai, serta memiliki risiko resistensi yang lebih rendah dibandingkan insektisida sintetis (Wati et al., 2021, hlm 73). Hingga kini, baru sebagian kecil tumbuhan yang dieksplorasi sebagai sumber insektisida, membuka peluang besar untuk penelitian lanjutan.

2. Ekstrak

Ekstrak adalah sediaan yang dapat berupa kering, kental atau cair yang dihasilkan melalui proses penyaringan dari bahan nabati atau jewani dengan metode yang tepat tanpa terpapar sinat matahari secara langsung (Depkes RI, 2008, hlm. 6). Ekstraksi merupakan proses pemisahan suatu zat dari campurannya dengan cara

memindahkan zat terlarut dari satu pelarut ke pelarut lainnya yang tidak dapat bercampur. Tujuan utama dari ekstraksi adalah melarutkan senyawa yang terdapat dalam jaringan tanaman ke dalam pelarut yang digunakan selama proses ekstraksi. Beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan dalam ekstraksi meliputi pemilihan pelarut yang sesuai dengan tingkat kepolaran senyawa yang akan diekstraksi, serta karakteristik kimia dan simplisia. Selain itu, ukuran simplisia sebaiknya diperkecil melalui proses perajangan untuk meningkatkan luas permukaan kontak antara pelarut dan simplisia, namun, ukuran yang terlalu halus harus dihindari karena dapat menyumbat pori-pori saringan, sehingga memperlambat proses ekstraksi (Sari, 2017, hlm. 38).

3. Daun Peppermint (*Mentha piperita* L)

Peppermint (*Mentha piperita* L) adalah tanaman herbal yang sering digunakan dalam aplikasi dari pengobatan hingga pengendalian hama (B.C & Hegde, 2022, hlm 1). Minyak Atsiri yang terkandung dalam daun peppermint, terutama mentol, dan menthone, dikenal memiliki sifat insektisida yang kuat. Mentol yang merupakan komponen utama dalam minyak peppermint, terbukti efektif mengganggu sistem saraf serangga, mengarah pada disorientasi dan kematian (Kalemba & Synowiec, 2020, hlm 19). Selain itu, eucalyptol, komponen lainnya dalam minyak peppermint, juga berfungsi sebagai pengusir hama alami (Singh & Pandey, 2018).

a. Taksonomi

Kingdom : Plantae
 Subkingdom : Tracheobionta
 Super Divisi : Spermatophyta
 Divisi : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Sub Kelas : Asteridae
 Ordo : Lamiales
 Famili : Lamiaceae
 Genus : *Mentha*
 Spesies : *Mentha piperita* L.

(B.C & Hegde, 2022, hlm 1)

b. Morfologi

Mentha piperita L, tumbuh rimbun dengan tinggi 30-90 cm. batang tegak persegi, bercabang, bagian atas selalu berbentuk segi empat. Daun berlawanan, berbentuk petiolate, ovaleoblong (oblong-langsar), bergerigi dan berwarna hijau tua pada permukaan atas. Bunga keunguan, setiap bunga menunjukkan kelopak bentuk tabung dengan 5 gerigi tajam, berbuku, dan tidak teratur, 4 benang sari pendek, sebuah oval 4-bersel dan stigma terpecah dua (Aziza, dkk, 2013, hlm. 76)



Gambar 2.1 Daun Peppermint

Sumber: <https://images.app.goo.gl/rVoG1EyjtzfefHpm9>

c. Kandungan

Tanaman ini mengandung senyawa volatil yang berperan sebagai antibakteri, antifungi, serta insektisida alami. Komponen utama dalam minyak esensial pada daun peppermint yaitu terpenoid, flavonoid, tannin, dan menthol. Kandungan tersebut memiliki peran penting dalam mekanisme kerja insektisida terhadap serangga sasaran (Ifantri & Rawar, 2023, hlm 9). kandungan flavoid dalam daun mint sebanyak 25,17 mg pada setiap 100 gram daun mint. Daun pepperimint juga memiliki tannin dan juga memiliki unsur vitamin C dan vitamin A.

1) Flavoid

Flavoid adalah kelompok senyawa polifenol yang berperan penting dalam sistem pertahanan tanaman. Flavonoid bekerja sebagai insektisida dengan cara menyerang sistem saraf serangga. Senyawa ini memasuki tubuh serangga melalui spirakel yaitu lubang pernapasan yang terdapat di permukaan tubuh lalu mengganggu fungsi saraf dan menghambat transmisi impuls, yang pada akhirnya menyebabkan kelumpuhan dan kematian serangga. Flavonoid juga diketahui dapat

berfungsi sebagai antifeedant (penghambat makan) dan repelan (penolak), sehingga membantu tanaman menghindari serangan berulang dari serangga herbivora (Boate & Abalis, 2020, hlm 34).

2) Tanin

Tanin adalah senyawa polifenol yang sering ditemukan dalam daun, batang dan akar tanaman. Dalam konteks insektisida nabati, tanin memiliki beberapa mekanisme kerja terhadap serangga (Amaral et al., 2013, hlm 4). Tanin diketahui dapat merusak dinding eksoskeleton serangga, yaitu lapisan pelindung terluar yang sangat vital bagi kelangsungan hidup serangga. Selain itu, tanin menghambat berbagai enzim penting seperti adenosinase dan enzim pencernaan lainnya yang dibutuhkan serangga untuk metabolisme. Efek gabungan dari kerusakan struktural dan gangguan metabolik menyebabkan penurunan fungsi tubuh serangga secara menyeluruh hingga kematian (Abdelgaleil et al., 2024, hlm 33).

3) Terpenoid

Terpenoid dalam peppermint, termasuk golongan monoterpen dan seskuiterpen, juga memiliki aktivitas insektisida yang kuat. Terpenoid bekerja sebagai fumigan dan neurotoksin. Ketika disemprotkan, senyawa ini dapat membentuk lapisan tipis di permukaan tubuh serangga yang menyumbat spirakel dan menyebabkan gangguan pernapasan (asfiksia). Selain itu, terpenoid juga dapat menghambat enzim asetilkolinesterase, yang mengganggu transmisi sinyal saraf dan menyebabkan kejang atau paralisis (Boate & Abalis, 2020, hlm 34)

4) Mentol

Mentol merupakan monoterpenoid utama dalam minyak esensial peppermint yang memiliki sifat insekto toksin dan fumigan yang aktif terhadap berbagai bahan. Senyawa ini bekerja dengan cara mengganggu sistem pernapasan serangga melalui penyumbatan spirakel (lubang pernapasan), yang menyebabkan serangga mengalami asfiksia atau kesulitan bernapas. Selain itu mentol bertindak sebagai neurotoksin yang mengganggu transmisi sinyal saraf, yang berujung pada kelumpuhan dan kematian pada serangga. Senyawa ini juga memiliki efek repelen kuat, yang dapat mengusir serangga dari area yang diberi perlakuan minyak peppermint.

4. Rayap kayu kering

Rayap kayu kring (*Cryptotermes cynocephalus ligh*) hidup di kayu kering yang mati dan berkembang biak di dalam kayu kering tanpa memerlukan kontak langsung dengan tanah. Rayap ini bisa di temukan di bangunan rumah dan furnitur seperti meja, kursi dan perabotan yang terbuat dari kayu.

Taksonomi

Kingdom : Aimalia

SubFilum : Mandibulata

Filum : Arthapoda

Kelas : Insekta

Ordo : Blattodea

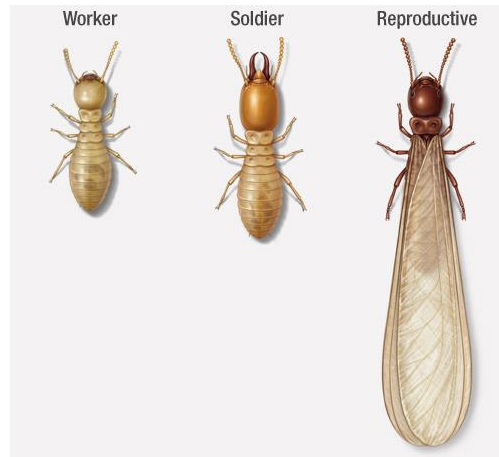
Famili : Kalotermitidae

Genus : Cryptotermes

Spesies : *Cryptotermes cynocephalus Light.* (NCBI, 2024)

a. Morfologi rayap kayu

Tubuh rayap kayu kering ini terdiri dari tiga bagian tubuh Yang di sebut tagmata, yaitu tagmata kepala, thorax (dada) dan abdomen (perut). bagian tubuh rayap di tutupi oleh kutikula yang menebal (sklerotisasi). Dibagian kepala terdapat mata, antena, labrum, labium, mandible, maksila dan bagian lainnya, dibagian dada terdapat tungkai dan sayap, dan dibagian badan terdapat sagmen dan pada ujung badan terdapat lubang pembuangan. Koloni rayap kayu kering sendiri terbagi menjadi tiga kasta utana yaitu rayap prajurit, rayap pekerja, dan rayap reproduktif. pada kasta reproduktif dan pekerja, kapsul kepalabentuk oval atau bulat, sedangkan pada kasta prajurit biasanya memanjang dan ukurannya lebih besar. Kasata prajurit adalah kasta yang memiliki ciri khas pada setiap spesies dengan spesies lainnya. kasata prajurit memiliki karakteristik pada bagian bawah berwarna coklat gelap kemerah-merahan, berbentuk kapsul dengan sedikit kerutan.



Gambar 2.2 Rayap Kayu Kering
Sumber: <https://images.app.goo.gl/dQG92NpEsPpCAkyY8>

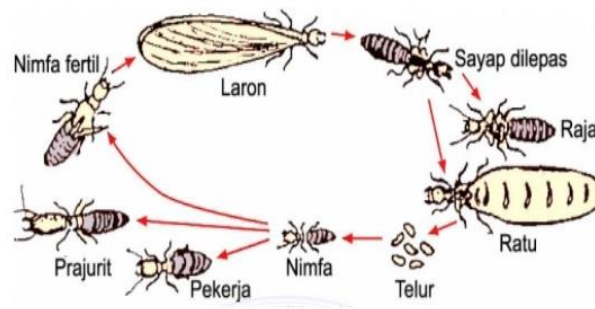
b. Siklus Hidup rayap

Rayap kayu kering memiliki perbedaan utama dengan rayap tanah, yaitu dalam hal tempat hidupnya. Rayap kayu kering sepenuhnya membangun dan tinggal dalam struktur kayu tanpa harus bersentuhan langsung dengan tanah. Meskipun demikian, mereka tetap dapat mencukupi kebutuhan kelembapannya melalui kandungan air yang terdapat dalam kayu yang dikonsumsi, maupun dari hasil proses metabolisme internal mereka.

Menjelang musim hujan, tepatnya pada awal musim semi setiap tahun, sebagian individu rayap semu (pseudergate) dalam koloni dewasa mengalami pergantian kulit dan berkembang menjadi bentuk bersayap (alate). Individu alate ini kemudian keluar dari sarang untuk melakukan penerbangan kawin, yang umumnya terjadi antara bulan April hingga Juni, meskipun dapat pula terjadi sepanjang tahun tergantung kondisi lingkungan .

Setelah terbang, alate akan melepaskan sayapnya dan berubah menjadi dealate. Pasangan jantan dan betina kemudian akan membentuk pasangan dan melakukan perilaku yang dikenal sebagai tandeming, yaitu saat jantan mengikuti betina dengan tujuan mencari tempat yang sesuai untuk memulai koloni baru. Tempat yang dicari biasanya berupa celah, retakan, atau lubang kecil pada permukaan kayu. Di lokasi tersebut, pasangan rayap akan menggali ruang kecil yang berfungsi sebagai tempat kawin dan sarang awal. Setelah proses perkawinan, betina akan mulai bertelur.

Butuh waktu sekitar dua hingga tiga tahun sejak pembentukan koloni untuk mulai menghasilkan kasta prajurit. Sedangkan rayap bersayap (alate) baru muncul setelah koloni mencapai kematangan, sekitar usia lima tahun. Setelah itu, alate akan terus dihasilkan secara berkala selama masa hidup koloni, yang bahkan bisa bertahan lebih dari sepuluh tahun. (Gordon et al., 2021, hlm 2).



Gambar 2.3 Siklus Hidup Rayap

Sumber: <https://images.app.goo.gl/bV5WLiL1sjA4w2bE7>

B. Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu adalah kajian atau studi yang telah dilakukan sebelumnya oleh penelitian lain. Penelitian terdahulu berisikan penelitian-penelitian yang relevan, yang nantinya akan berfungsi sebagai acuan dalam melakukan penelitian.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Judul	Tahun	Metode	Hasil Penelitian
Uji Ekstrak Daun Peppermint (<i>Mentha piperita L</i>) sebagai Insektisida terhadap Kecoa Amerika (<i>Periplaneta americana</i>)	2021	Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan 96 ekor kecoa Amerika, dibagi dalam 4 perlakuan dengan konsentrasi ekstrak peppermint 5%, 10%, 20% dan 30%, serta kontrol positif (insektisida sintetis) dan kontrol	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi 20% dan 30% ekstrak daun peppermint memiliki tingkat efektivitas tertinggi dalam membunuh kecoa, dengan angka mortalitas mencapai lebih dari 70% dalam 60

		negatif (aquades). Pengamatan dilakukan setiap 10 menit selama 60 menit. Analisis menggunakan uji sperman Rank dan One Way ANOVA.	menit pengamatan, kematian serangga akibat kandungan senyawa aktif seperti flavonoid dan alkaloid, yang mengganggu sistem saraf dan metabolisme hama.
Efektivitas Minyak Atsiri Peppermint (<i>Mentha piperita</i>) dan Pala (<i>Myristica fragrans</i>) terhadap Mortalitas Hama Penyimpanan <i>Tribolium castaneum</i>	2024	Penelitian ini menguji efektivitas minyak atsiri peppermint (<i>Mentha piperita</i>) dan pala (<i>Myristica fragrans</i>) terhadap mortalitas <i>Tribolium castaneum</i> menggunakan teknik pengasapan dalam cawan petri. Minyak atsiri dilarutkan dalam aseton dengan konsentrasi 1%–5%, lalu diaplikasikan pada kertas saring. Serangga uji dibiarkan terpapar selama 72 jam, kemudian tingkat mortalitas dihitung berdasarkan jumlah serangga yang mati.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak atsiri peppermint lebih efektif dalam menyebabkan mortalitas <i>Tribolium castaneum</i> dibandingkan dengan minyak atsiri pala. Pada konsentrasi 5%, minyak atsiri peppermint mencapai tingkat mortalitas tertinggi sebesar 90%, sedangkan minyak atsiri pala hanya mencapai 48%. Dengan demikian, minyak atsiri peppermint terbukti lebih ampuh dalam mengendalikan hama <i>Tribolium castaneum</i> dibandingkan dengan minyak atsiri pala.
Efektifitas Sediaan Spray Ekstrak Etanol Daun Mint (<i>Mentha piperita</i> L.) sebagai Anti Nyamuk Alami	2024	Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan psray berbasis ekstrak etanol daun peppermint dalam tiga konstruksi	Hasil penelitian menunjukkan bahwa spray dengan 5%, 10% dan 15% mampu mencegah nyamuk hinggap secara signifikan dibanding

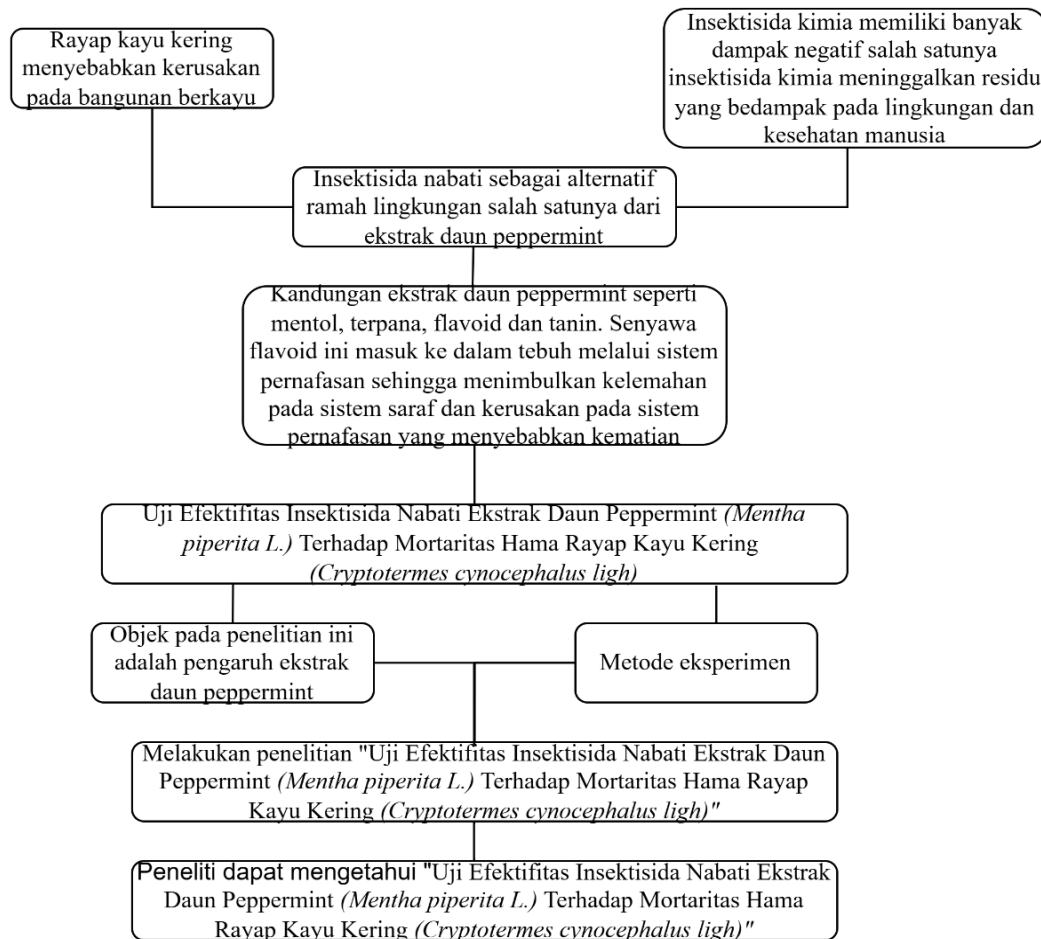
		berbeda (5%, 10%, 15%). Uji dilakuka pada kandang uji berbasis 20 ekor nyamuk, dengan pengamatan 15 menit. Analisis statistik menggunakan One Way ANOVA	dengan kontrol, membuktikan bahwa peppermint memiliki sipat repllent alami terhadap serangga.
--	--	--	---

Berdasarkan tiga penelitan terdahulu, ekstrak daun peppermint (*Mentha piperita L*) terbukti memiliki efektifitas sebagai insektisida nabati terhadap berbagai jenis hama, seperti kumbang tepung merah, nyamuk, dan kecoa amerika. Namun penelitian ini memiliki kebaruan karena berfokus pada hama rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus ligh*), yang memiliki karakteristik biologis berbeda dari hama lain yang telah di teliti sebelumnya.

C. Kerangka Berfikir

Rayap kayu kering diketahui dapat menyebabkan kerusakan serius pada bangunan yang berbahan dasar kayu. Untuk mengatasi hama ini, penggunaan insektisida menjadi salah satu solusi yang umum diterapkan. Namun, insektisida kimia memiliki banyak dampak negatif, salah satunya adalah meninggalkan residu berbahaya yang berdampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan, insektisida nabati mulai dilirik, salah satunya adalah yang berasal dari ekstrak daun peppermint (*Mentha piperita L.*). Daun peppermint mengandung senyawa-senyawa aktif seperti mentol, terpana, flavonoid, dan tanin. Flavonoid diketahui dapat masuk ke dalam tubuh serangga melalui sistem pernapasan dan menyebabkan kelemahan pada sistem saraf serta kerusakan sistem pernapasan, yang pada akhirnya mengakibatkan kematian serangga. Penelitian ini dilakukan dengan judul "Uji Efektivitas Insektisida Nabati Ekstrak Daun Peppermint (*Mentha piperita L.*) Terhadap Mortalitas Hama Rayap Kayu Kering (*Cryptotermes cynocephalus Light*)". Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ekstrak daun peppermint terhadap kematian rayap kayu kering dengan menggunakan metode eksperimen. Melalui penelitian ini,

diharapkan peneliti dapat memahami efektivitas dari penggunaan insektisida nabati berbahan dasar daun peppermint terhadap rayap kayu kering, sehingga bisa menjadi solusi alami dan aman dalam pengendalian hama tersebut.



Gambar 1 Kerangka Berpikir

D. Asumsi dan Hipotesis

1. Asumsi

Kandungan senyawa yang terkandung pada daun peppermint yaitu tanin, flavonoid, terpana dan menthol dapat mengendalikan populasi hama rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus ligh*).

2. Hipotesis

H0 : Tidak adanya efektifitas insektisida nabati ekstrak daun peppermint (*Mentha piperita L*) terhadap mortalitas hama rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus ligh*).

H1 : Adanya efektifitas insektisida nabati ekstrak daun peppermint (*Mentha piperita L*) terhadap mortalitas hama rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus ligh*).

E. Analisis Pembelajaran

Penelitian mengenai pemanfaatan tanaman sebagai insektisida nabati sangat relevan untuk dikenalkan kepada peserta didik tingkat SMA, khususnya pada kelas XI Fase F dalam Kurikulum Merdeka. Melalui pendekatan pembelajaran berbasis proyek (Project Based Learning), siswa tidak hanya memahami konsep teoretis mengenai keanekaragaman hayati, ekosistem, dan bioteknologi, tetapi juga berlatih menerapkannya dalam kehidupan nyata melalui pembuatan insektisida nabati dari tanaman lokal seperti daun peppermint.

Pembelajaran ini mendukung penguatan profil Pelajar Pancasila, terutama dalam aspek gotong royong, kemandirian, dan kreativitas. Selain itu, pembelajaran ini mengasah keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan berdasarkan isu-isu lokal (pencemaran lingkungan dan ketergantungan pada pestisida kimia).

Modul ini dapat diintegrasikan ke dalam materi perubahan dan pelestarian lingkungan hidup, di mana peserta didik diajak untuk menganalisis hubungan antara keanekaragaman hayati dan bioteknologi serta mengembangkan solusi berbasis lingkungan seperti penggunaan insektisida nabati yang ramah lingkungan.

1. Keluasan dan Kedalaman Materi

Materi dalam modul ajar ini memiliki keluasan dan kedalaman yang sangat sesuai dengan tuntutan Fase F kelas XI dalam Kurikulum Merdeka. Pembelajaran mencakup integrasi antara keanekaragaman hayati, ekosistem, dan bioteknologi ramah lingkungan, dengan fokus pada penerapan tanaman sebagai insektisida nabati. Materi tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga aplikatif, memungkinkan peserta didik untuk memahami hubungan antar komponen ekosistem serta dampak dari aktivitas manusia terhadap keseimbangan lingkungan.

2. Karakteristik dan Kedalaman Materi

Pembelajaran yang disajikan dalam modul ini tidak hanya berfokus pada pencapaian aspek kognitif, tetapi juga menekankan pada perubahan perilaku peserta didik sebagai hasil dari proses belajar yang bermakna. Dengan memahami pentingnya keanekaragaman hayati, fungsi ekosistem, serta dampak negatif dari penggunaan pestisida kimia, peserta didik diharapkan tumbuh menjadi individu yang lebih peduli terhadap lingkungan.

Melalui kegiatan observasi, praktik pembuatan insektisida nabati, dan refleksi hasil proyek, peserta didik diajak untuk bersikap kritis terhadap isu pencemaran serta mendorong mereka untuk menerapkan solusi sederhana yang ramah lingkungan. Proses ini membantu membentuk sikap tanggung jawab terhadap alam sekitar, mendorong kreativitas dalam memecahkan masalah, serta menumbuhkan kebiasaan berpikir ilmiah dan kolaboratif.

Dengan demikian, pembelajaran tidak berhenti pada pemahaman konsep, tetapi mendorong peserta didik untuk menginternalisasi nilai-nilai kepedulian lingkungan dan mengubah pola pikir serta tindakan mereka dalam kehidupan sehari-hari.

3. Perubahan Perilaku Hasil Belajar

Hasil belajar dari materi keanekaragaman hayati, ekosistem, dan penerapan bioteknologi ramah lingkungan melalui proyek pembuatan insektisida nabati diharapkan mampu mendorong perubahan perilaku peserta didik ke arah yang lebih peduli terhadap lingkungan. Pemahaman terhadap dampak negatif penggunaan pestisida kimia dan pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem akan membentuk kesadaran baru dalam diri siswa tentang pentingnya peran mereka dalam menjaga kelestarian lingkungan hidup.

Melalui keterlibatan aktif dalam kegiatan proyek, peserta didik tidak hanya memperoleh pengalaman langsung yang bermakna, tetapi juga termotivasi untuk mengambil langkah-langkah kecil dalam kehidupan sehari-hari, seperti mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya, memanfaatkan tanaman lokal sebagai solusi ekologis, serta lebih bertanggung jawab dalam menjaga kebersihan dan keberlanjutan lingkungan sekitar.

Pemahaman yang mendalam ini diharapkan tidak hanya berhenti pada ranah pribadi, tetapi juga mendorong peserta didik menjadi agen perubahan di lingkungannya. Mereka dapat membagikan pengetahuan yang diperoleh kepada keluarga, teman, dan masyarakat luas, serta menjadi teladan dalam menerapkan perilaku ramah lingkungan secara konsisten. Dengan demikian, pembelajaran menjadi sarana transformasi karakter yang nyata dan berkelanjutan.

4. Bahan dan Media Pembelajaran

Bahan dan media pembelajaran yang digunakan dalam materi ini dirancang agar mampu mendukung pengalaman belajar yang interaktif, kontekstual, dan aplikatif. Pemanfaatan berbagai sumber belajar seperti video edukatif, artikel ilmiah, dan modul mengenai pencemaran lingkungan serta pembuatan pestisida nabati memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengakses informasi secara mandiri maupun berkelompok.

Dalam kegiatan proyek, peserta didik diarahkan untuk memanfaatkan bahan-bahan alami yang mudah ditemukan di sekitar mereka, seperti daun peppermint, sirsak, bawang putih, atau daun neem, sebagai bahan dasar insektisida nabati. Bahan-bahan tersebut tidak hanya aman dan ramah lingkungan, tetapi juga mendukung prinsip bioteknologi sederhana yang berkelanjutan.

Penggunaan media pembelajaran seperti demonstrasi langsung, panduan praktikum berbasis e-LKPD, dan pemanfaatan teknologi digital seperti video YouTube, Google Form, serta Quizizz membantu menyajikan informasi dengan cara yang lebih menarik dan mudah dipahami. Melalui proses eksperimen dan praktik lapangan, peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mendapatkan pengalaman belajar yang relevan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga mendorong mereka untuk lebih aktif dan terlibat dalam menjaga kelestarian lingkungan.

5. Strategi Pembelajaran

Strategi pembelajaran yang diterapkan dalam modul ini mengacu pada pendekatan berbasis proyek (Project-Based Learning) yang berpusat pada keterlibatan aktif peserta didik sepanjang proses pembelajaran. Strategi ini diawali

dengan pengenalan konsep melalui diskusi kelas dan penggunaan media interaktif seperti video atau presentasi visual, sehingga siswa mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai isu perubahan dan pencemaran lingkungan, serta pentingnya alternatif solusi ramah lingkungan seperti pestisida nabati.

Peserta didik kemudian diarahkan untuk bekerja dalam kelompok kecil guna mengeksplorasi potensi tanaman lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar insektisida nabati, seperti daun peppermint, sirsak, atau neem. Setiap kelompok merancang proyek pembuatan pestisida secara mandiri, mulai dari perencanaan, pengumpulan bahan, proses pembuatan, hingga pengujian efektivitasnya. Guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing dan memantau jalannya kegiatan, sekaligus memberikan arahan ketika peserta didik menghadapi kendala atau membutuhkan klarifikasi.

Selama proses berlangsung, peserta didik terdorong untuk mendokumentasikan seluruh tahapan kegiatan dalam bentuk laporan atau presentasi sebagai bentuk pertanggungjawaban ilmiah. Pembelajaran juga diperkaya dengan sesi refleksi yang memungkinkan siswa mengevaluasi pengalaman mereka, mengidentifikasi tantangan, dan menyadari dampak ekologis dari pilihan yang mereka buat.

Pendekatan ini memberikan pengalaman belajar yang menyeluruh, tidak hanya memperkuat pemahaman konseptual tetapi juga mengembangkan keterampilan kolaborasi, komunikasi, pemecahan masalah, serta meningkatkan kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan secara nyata.

6. Sistem Evaluasi

Sistem evaluasi dalam pembelajaran ini dirancang untuk menilai capaian belajar peserta didik secara holistik, mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap. Evaluasi pengetahuan dilakukan melalui tes tertulis, kuis singkat, serta pertanyaan-pertanyaan pemantik yang diberikan selama diskusi untuk mengukur pemahaman konsep dasar mengenai keanekaragaman hayati, ekosistem, dan pencemaran lingkungan.

Aspek keterampilan dievaluasi melalui observasi langsung saat peserta didik melaksanakan proyek pembuatan pestisida nabati, dengan fokus pada kemampuan praktis, ketelitian dalam mengikuti prosedur, kolaborasi dalam kelompok, serta kualitas produk yang dihasilkan. Guru juga menilai efektivitas insektisida yang dibuat, berdasarkan pengamatan terhadap hasil aplikasinya pada hama target.

Selain itu, proses kerja tim dinilai menggunakan rubrik yang mencakup kontribusi individu dalam kelompok, kemampuan menyelesaikan masalah secara bersama-sama, serta kreativitas dalam merancang proyek. Dokumentasi dan presentasi hasil proyek menjadi komponen penting dalam evaluasi, di mana siswa menunjukkan pemahaman mereka melalui laporan tertulis dan kemampuan menyampaikan hasil kerja secara jelas dan sistematis di hadapan kelas.

Untuk mengukur pemahaman kontekstual dan reflektif, siswa diminta menuliskan pengalaman pribadi, tantangan yang dihadapi, serta wawasan baru yang mereka peroleh selama mengikuti proyek. Pendekatan evaluasi ini memastikan bahwa peserta didik tidak hanya memahami materi secara teoretis, tetapi juga mampu menginternalisasi nilai-nilai kepedulian lingkungan dan menerapkannya dalam tindakan nyata yang berdampak positif.