

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Teori

2.1.1 Demam Berdarah Dengue

Demam Berdarah Dengue (DBD), yang secara terminologi juga dikenal sebagai dengue hemorrhagic fever (DHF), merupakan penyakit infeksius yang disebabkan oleh virus dengue (DENV). Virus ini ditransmisikan kepada manusia melalui gigitan nyamuk dari genus *Aedes*, dengan spesies *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* bertindak sebagai vektor utama dalam penularannya. Secara etiologi, DENV diklasifikasikan ke dalam famili Flaviviridae dan genus Flavivirus, merupakan virus ribonucleic acid (RNA) untai tunggal yang memiliki empat serotipe antigenik berbeda, yaitu DENV-1, DENV-2, DENV-3, dan DENV-4 (Tansil *et al.*, 2021).

Penyebaran penyakit DBD seringkali diperparah oleh infeksi silang atau infeksi berulang dengan serotipe virus yang berbeda, yang dapat meningkatkan potensi keparahan manifestasi klinis. Gejala klinis DBD bervariasi, namun umumnya ditandai dengan demam tinggi mendadak. Gejala lain termasuk nyeri otot dan sendi yang parah (breakbone fever), ruam kulit, trombositopenia (penurunan jumlah trombosit), dan berbagai bentuk perdarahan (Nurawaliah & Musdalifah, 2023).

Demam Berdarah Dengue (DBD) telah ditetapkan sebagai penyakit endemik nasional di Indonesia, yang secara konsisten menunjukkan tren

peningkatan kasus dan perluasan penyebaran di berbagai wilayah. Berdasarkan data komprehensif dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, periode Januari hingga Juni 2025 mencatatkan angka insidensi sebanyak 89.845 kasus dengan 391 kematian. Meskipun angka ini mengindikasikan adanya penurunan jika dibandingkan dengan periode yang sama pada tahun 2024 dan awal tahun 2025, situasi ini tetap memerlukan perhatian serius (Ficky Ramadhan, 2025).

Secara nasional, kasus DBD menunjukkan eskalasi, terutama di daerah padat penduduk seperti DKI Jakarta, Jawa Timur, dan Provinsi Bali, di mana lonjakan kasus signifikan seringkali bertepatan dengan intensitas musim hujan. Secara spesifik, Provinsi Bali mengalami tekanan yang signifikan dengan pencatatan 9.704 kasus dan 14 kematian sejak awal tahun 2025, dengan Kabupaten Badung menjadi wilayah dengan beban kasus tertinggi, mencapai 1.922 kasus, yang berkorelasi erat dengan peningkatan populasi vektor nyamuk saat musim hujan (Muliantari, 2025).

Meskipun demikian, tren penurunan angka kematian nasional mencerminkan adanya keberhasilan dalam peningkatan manajemen kasus klinis dan kesadaran masyarakat terkait penanganan dini. Dalam menghadapi tantangan ini, Pemerintah Indonesia telah menginisiasi Rancangan Strategi Nasional (RAN) Dengue 2026-2030 dengan visi ambisius untuk mencapai target zero death dengue melalui implementasi strategi pencegahan dan kontrol vektor yang berkelanjutan (Tri Rini, 2025).

Upaya pencegahan yang direkomendasikan dan diterapkan di Bali, serta wilayah lain, berfokus pada langkah 3M plus yakni Menguras, Menutup, dan

Mendaur Ulang tempat penampungan air yang diperkuat dengan kontrol vektor terpadu, termasuk penggunaan agen hayati seperti ikan pemakan jentik, penanaman tanaman pengusir nyamuk, serta inisiatif kebersihan lingkungan secara kolektif. Dengan mempertimbangkan urgensi dan target jangka panjang nasional, intervensi pencegahan dan pengendalian DBD perlu diperkuat secara sistematis dan terintegrasi (Wasliah, 2025).

2.1.2 Nyamuk *Aedes Aegypti*

Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan spesies yang berperan sebagai vektor utama dalam penularan virus dengue, yaitu virus penyebab penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Berdasarkan klasifikasi taksonomi, spesies ini termasuk ke dalam Kingdom Animalia, Filum Arthropoda, Kelas Insecta, Ordo Diptera, Famili Culicidae, Genus *Aedes*, dan Spesies *Aedes aegypti*. Secara morfologis, nyamuk ini memiliki karakteristik tubuh berwarna hitam dengan pola garis-garis putih pada bagian toraks dan kaki, sehingga sering dikenal sebagai *mosquito with white stripes* (Yahya, 2024).

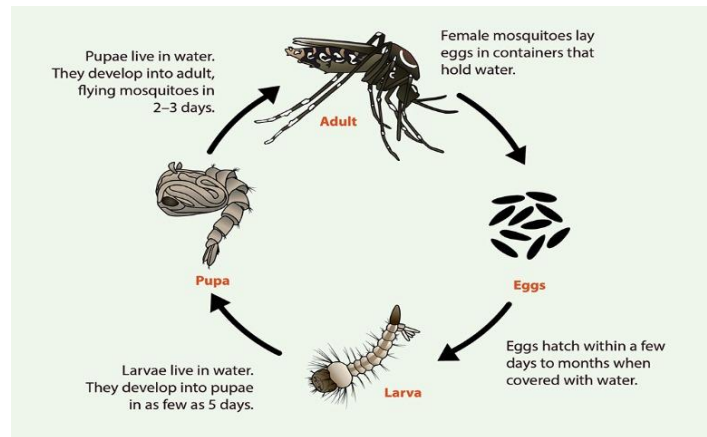
Siklus hidup *Aedes aegypti* berlangsung melalui empat fase metamorfosis sempurna, yaitu telur, larva, pupa, dan nyamuk dewasa. Tahap awal dimulai dari telur yang diletakkan oleh nyamuk betina pada dinding wadah yang berisi air bersih, seperti bak mandi, vas bunga, maupun kaleng bekas. Telur *Aedes aegypti* berukuran sangat kecil, berwarna hitam, dan mampu bertahan dalam kondisi kering selama beberapa bulan. Apabila kembali terendam air, telur tersebut akan menetas menjadi larva dalam waktu sekitar 1–2 hari (Repelita, 2024).

Tahap kedua adalah larva, yang merupakan fase paling aktif dalam siklus hidup nyamuk ini. Larva hidup di air yang tenang dan bersih, terutama di wadah buatan manusia. Larva bergerak aktif di permukaan air untuk mencari makanan berupa mikroorganisme, alga, dan bahan organik halus yang ada di air. Secara bentuk, larva memiliki tubuh memanjang dengan tiga bagian utama, yaitu kepala, toraks, dan abdomen. Kepala berbentuk bulat dan memiliki antena serta alat mulut untuk menyaring makanan. Toraks lebih lebar dan tidak beruas, sedangkan abdomen terdiri dari sembilan ruas yang fleksibel. Pada bagian belakang terdapat alat pernapasan berbentuk tabung kecil yang disebut siphon, yang digunakan untuk mengambil oksigen dari permukaan air (Asih *et al.*, 2021).

Tahap ketiga adalah pupa, yaitu fase transisi antara larva dan nyamuk dewasa. Pada tahap ini, pupa tidak makan, tetapi masih aktif bergerak di air. Pupa *Aedes aegypti* memiliki bentuk menyerupai koma dan akan mengapung di permukaan air sambil bernapas melalui dua tabung kecil di bagian punggung. Proses metamorfosis dalam pupa berlangsung selama 2-3 hari hingga akhirnya berubah menjadi nyamuk dewasa (Repelita, 2024).

Tahap terakhir adalah nyamuk dewasa, yaitu fase di mana nyamuk telah memiliki sayap dan dapat terbang. Nyamuk jantan biasanya memakan nektar bunga, sedangkan nyamuk betina membutuhkan darah manusia untuk perkembangan telur. Umur nyamuk dewasa berkisar antara 2–4 minggu tergantung kondisi lingkungan. Dalam satu siklus hidup yang berlangsung 7–10 hari, satu ekor nyamuk betina dapat menghasilkan ratusan telur, sehingga pengendalian pada tahap

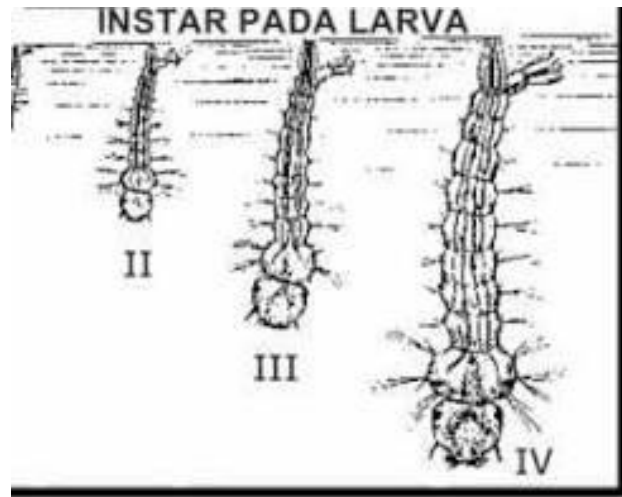
larva menjadi sangat penting untuk memutus siklus perkembangbiakan (basuki, 2024).



Gambar 2. 1 Siklus Kehidupan Nyamuk *Aedes Aegypti*
Sumber: (CDC, 2016)

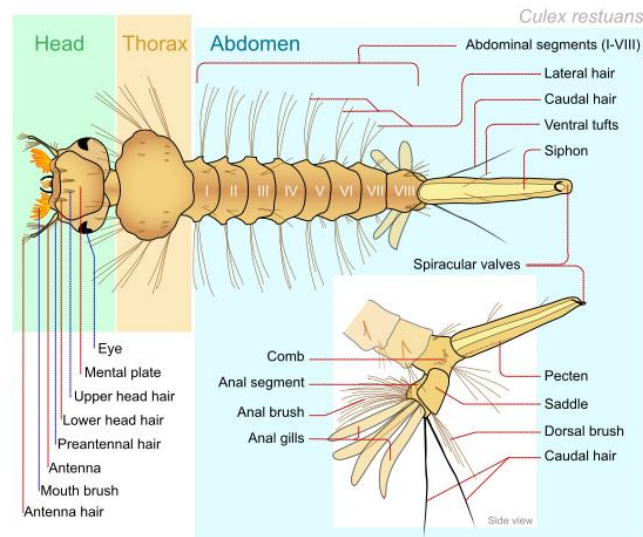
2.1.3 Larva Nyamuk *Aedes aegypti*

Larva *Aedes aegypti* merupakan tahap pertumbuhan setelah telur menetas dan menjadi fase paling aktif dalam siklus hidup nyamuk. Pada fase ini, larva sepenuhnya hidup di air dan berperan penting dalam kelangsungan populasi nyamuk. Larva akan mengalami empat tingkatan pertumbuhan yang disebut instar I, II, III, dan IV, di mana setiap instar ditandai dengan proses pergantian kulit (molting) untuk memungkinkan pertumbuhan tubuh yang lebih besar. Proses ini terjadi dalam rentang waktu sekitar 1–2 hari per instar, tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu, pH air, kadar oksigen terlarut, intensitas cahaya, serta ketersediaan bahan organik sebagai sumber makanan. Larva instar I berukuran sangat kecil, berwarna transparan, dan masih sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan, sedangkan larva instar IV memiliki ukuran lebih besar dengan warna lebih gelap dan aktivitas gerak yang tinggi sebelum akhirnya berubah menjadi pupa (Hasyim *et al.*, 2025).



Gambar 2. 2 Perkembangan Instar Pada Larva
sumber: Refai,(2012)

Secara morfologis, larva *Aedes aegypti* memiliki bentuk tubuh memanjang dan tersegmentasi dengan kepala yang jelas, dada (toraks) yang membesar, serta abdomen yang terdiri atas sembilan ruas. Pada bagian posterior abdomen terdapat alat pernapasan berupa siphon, yang memungkinkan larva bernapas di permukaan air. Tidak berambut palma, comb scale 1 baris, rambut antena sedikit, sifon pendek gemuk, rambut sifon satu kelompok, memiliki pecten, mouth brush ada/sedikit, ketika beristirahat membentuk sudut, gigi sisir berduri lateral dan gigi sisir pada segmen ke-8 berbentuk seperti mahkota, mempunyai pelana yang terbuka Larva umumnya menggantung terbalik di bawah permukaan air, dengan posisi kepala menghadap ke bawah untuk mencari makanan berupa mikroorganisme, detritus, dan partikel organik yang terlarut. Selain itu, pada tahap akhir instar, larva menunjukkan ciri khas berupa duri halus dan rambut sensorik di bagian perut yang berfungsi mendeteksi getaran air, sehingga mampu merespons perubahan di lingkungan sekitar (Kurniawan, 2019).



Gambar 2. 3 Bagian Tubuh Larva
Sumber: Refai,(2012)

Dalam ekosistem perairan, larva *Aedes aegypti* memiliki peran ekologis penting sebagai komponen rantai makanan yang membantu menjaga keseimbangan biologis. Larva berperan sebagai pemakan mikroorganisme dan bahan organik yang membusuk, sehingga turut berkontribusi dalam proses dekomposisi dan menjaga kualitas air. Namun demikian, fase larva juga merupakan titik paling strategis dalam upaya pengendalian populasi nyamuk, karena pada tahap ini larva hidup menetap di air, tidak dapat berpindah tempat, dan sangat bergantung pada kondisi lingkungan tempatnya berkembang biak. Hal tersebut menjadikan fase larva sebagai target utama dalam program pengendalian vektor penyakit seperti DBD (Saleh.Muh, 2024).

Ketika dilakukan pembasmian menggunakan larvasida, bagian tubuh yang pertama kali terpengaruh adalah lapisan pelindung luar tubuh larva, yang berfungsi menjaga keseimbangan cairan tubuh, melindungi jaringan internal, serta menjadi penghalang masuknya zat berbahaya dari lingkungan. Senyawa aktif seperti

flavonoid, saponin, tanin, atau alkaloid yang terdapat dalam bahan alami dapat merusak struktur pelindung luar tubuh larva seperti kepala, toraks, dan abdomen dengan melarutkan lapisan lilin di permukaannya. Kerusakan ini menyebabkan hilangnya kemampuan larva untuk mempertahankan cairan tubuh (dehidrasi osmotik) dan mengganggu proses fisiologis vital seperti respirasi dan metabolisme energi. Selain itu, senyawa aktif juga dapat masuk melalui alat mulut larva, menghambat aktivitas enzim pencernaan, serta merusak sistem pernapasan, yang pada akhirnya menyebabkan larva tidak dapat tumbuh normal, gagal bermetamorfosis, atau mati (Rizki, 2022).

2.1.4 Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes Aegypti*

Mortalitas larva nyamuk merupakan tingkat kematian yang terjadi selama fase akuatik, yaitu sejak telur menetas hingga menjelang fase pupa. Fase ini dianggap sebagai titik paling rentan dan kritis dalam siklus hidup nyamuk, sehingga menjadi target utama dalam program pengendalian vektor penyakit seperti Demam Berdarah Dengue (DBD) dan malaria. Kematian larva dapat disebabkan oleh berbagai faktor alami, antara lain kondisi fisik air (suhu ekstrem, pH tidak sesuai, kekurangan oksigen), keterbatasan sumber makanan, dan adanya predator akuatik. Selain itu, kondisi tempat perkembangbiakan seperti wadah air yang kotor atau kering juga dapat meningkatkan angka kematian larva (ZALMA, 2024).

Intervensi manusia dalam upaya meningkatkan mortalitas larva dapat dilakukan melalui tiga pendekatan utama, yaitu pengendalian kimiawi, biologi, dan nabati. Larvasida kimiawi seperti abate bekerja cepat sebagai racun saraf, namun penggunaannya jangka panjang dapat menimbulkan resistensi dan dampak

ekologis. Sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan, dikembangkan larvasida biologis berbasis *Bacillus Thuringiensis Israelensis* (BTI), yang menghasilkan toksin perusak saluran pencernaan larva. Sementara itu, larvasida nabati memanfaatkan senyawa bioaktif dari tumbuhan, seperti flavonoid, saponin, dan alkaloid, yang dapat bertindak sebagai racun perut maupun racun kontak. Senyawa-senyawa ini bekerja dengan cara mengganggu integritas bagian tubuh luar dari larva seperti kepala, toraks dan abdomen, menghambat aktivitas enzim pencernaan, dan menyebabkan kerusakan fisiologis yang ditandai dengan perubahan warna, perlambatan gerak, hingga kematian larva (Melita *et al.*, 2022).

Tingkat mortalitas larva memiliki implikasi besar terhadap upaya pengendalian penyakit, karena keberhasilan membunuh larva secara langsung menurunkan populasi nyamuk dewasa sebagai vektor penular. Parameter yang umum digunakan untuk mengukur efektivitas larvasida adalah *Lethal Concentration 50* (LC₅₀) dan *Lethal Time 50* (LT₅₀), yang menunjukkan konsentrasi atau waktu yang menyebabkan kematian 50% populasi larva uji. Oleh karena itu, peningkatan mortalitas larva melalui kombinasi pendekatan sanitasi lingkungan (PSN) dan penggunaan agen larvasida alami yang efektif merupakan strategi preventif yang efisien untuk memutus rantai penularan penyakit berbasis vektor (Anisa & Setyaningsih, 2021).

2.1.5 Perubahan Morfologi Larva Nyamuk *Aedes Aegypti*

Perubahan morfologi larva nyamuk merupakan salah satu indikator yang menggambarkan adanya gangguan fisiologis akibat faktor lingkungan atau paparan bahan toksik. Larva *Aedes aegypti* memiliki tubuh memanjang dengan tiga bagian

utama: kepala, toraks, dan abdomen. Kepala berfungsi untuk mencari makanan, toraks menjadi pusat pergerakan, sedangkan abdomen berperan dalam pernapasan dan ekskresi (Windyaraini *et al.*, 2020).

Ketika terjadi gangguan dari luar, misalnya oleh kondisi air yang ekstrem atau zat toksik tertentu, struktur morfologi larva dapat mengalami perubahan. Perubahan yang umum diamati antara lain perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap atau pucat, penyusutan atau pembengkakan bagian toraks dan abdomen, rusaknya siphon, serta permukaan tubuh yang tampak kusam. Selain itu, larva dapat menunjukkan gerakan yang lambat, tidak teratur, hingga kehilangan kemampuan mengapung di permukaan air (Wulansari, 2022).

Secara biologis, perubahan morfologi sering berhubungan dengan kerusakan jaringan epidermis atau gangguan proses pergantian kulit (molting). Kegagalan molting dapat menghambat metamorfosis ke tahap pupa dan akhirnya menyebabkan kematian. Oleh karena itu, pengamatan morfologi tidak hanya penting untuk mengidentifikasi kondisi fisiologis larva, tetapi juga menjadi acuan dalam menilai efek toksik suatu bahan terhadap sistem integumen dan organ tubuh larva *Aedes aegypti* (Hasyim *et al.*, 2025).

2.1.6 Efektivitas Larvasida

Senyawa aktif dalam kulit pisang raja memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai biolarvasida alami yang aman dan ramah lingkungan. Potensi ini menjadi semakin penting karena upaya pengendalian vektor *Aedes aegypti* saat ini masih banyak bergantung pada penggunaan insektisida kimia sintetis. Pengendalian tersebut umumnya dilakukan untuk membunuh nyamuk dewasa

melalui pengasapan (fogging) maupun memutus siklus hidupnya pada fase larva dengan larvasida. Fase larva yang hidup di air genangan merupakan target yang paling strategis, karena larva tidak dapat berpindah tempat dan seluruh aktivitas hidupnya berlangsung di media air. Penggunaan larvasida pada tahap ini bertujuan menghentikan perkembangan larva menjadi nyamuk dewasa, sehingga mampu memutus rantai penularan penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) sejak dini (Handayani, 2023).

Larvasida bekerja dengan menargetkan bagian-bagian vital tubuh larva, seperti bagian tubuh (kepala, toraks dan abdomen), sistem pencernaan, sistem saraf, serta proses fisiologis penting seperti molting atau pergantian kulit. Zat aktif yang terkandung dalam larvasida dapat menyebabkan gangguan metabolik, kerusakan jaringan integumen, hingga kegagalan respirasi yang berujung pada kematian larva. Oleh karena itu, pengendalian pada fase larva dinilai lebih efektif dan berkelanjutan dibandingkan dengan pengasapan nyamuk dewasa yang hanya memberikan efek sementara (Julia, 2018).

Namun, penggunaan larvasida kimia sintetis seperti abate dalam jangka panjang telah menimbulkan berbagai permasalahan serius. Salah satu dampak utama adalah munculnya resistensi atau kekebalan pada populasi nyamuk, yang menyebabkan efektivitas pengendalian menurun dari waktu ke waktu. Selain itu, paparan bahan kimia secara terus-menerus dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan organisme non-target, termasuk manusia, karena sifat toksiknya yang persisten di ekosistem perairan (Ariesta, 2020). Kondisi ini menunjukkan

bahwa ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis tidak lagi berkelanjutan dan perlu segera digantikan dengan alternatif pengendalian berbasis alam.

Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, penelitian mulai beralih pada pemanfaatan bahan alam yang mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, dan fenol. Senyawa-senyawa ini telah terbukti memiliki mekanisme kerja larvasida yang kompleks dan bervariasi. Flavonoid bekerja dengan merusak bagian luar tubuh larva dan menghambat enzim respirasi, tanin mengganggu sistem pencernaan larva, saponin berfungsi menurunkan tegangan permukaan sel sehingga menyebabkan kebocoran cairan tubuh, sedangkan alkaloid dan fenol berperan sebagai racun saraf yang menyebabkan kelumpuhan hingga kematian (Naadiya *et al.*, 2024).

Efektivitas biolarvasida alami seperti ekstrak kulit pisang raja sangat bergantung pada konsentrasi ekstrak, durasi paparan, serta jenis pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi. Kombinasi kandungan fitokimia di dalamnya memberikan efek sinergis yang mampu meningkatkan mortalitas larva *Aedes aegypti* tanpa menimbulkan dampak berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Dengan demikian, pengembangan larvasida berbasis kulit pisang raja merupakan langkah strategis dalam mendukung pengendalian vektor yang lebih aman, ekonomis, dan berkelanjutan di masa mendatang (Larasati, *et al.* 2024)

2.1.7 Ekstrak Kulit Pisang Raja (*Musa Paradisiaca* var. *Raja*)

Salah satu sumber daya alam lokal yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan biolarvasida adalah pisang. Pisang merupakan tanaman penting yang termasuk dalam *Famili Musaceae*, dan banyak

dibudidayakan di berbagai daerah di Indonesia karena nilai ekonomi dan gizinya yang tinggi. Selain pisang raja (*Musa Paradisiaca* var. *Raja*) varietas lain seperti pisang ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*), pisang kepok, dan pisang tanduk juga diketahui mengandung berbagai senyawa aktif (fitokimia) dalam kulitnya, termasuk flavonoid dan tanin, yang berpotensi sebagai insektisida alami. Beberapa studi terdahulu telah menguji berbagai jenis pisang dan bagiannya, seperti penelitian yang menggunakan pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) yang menunjukkan efek mortalitas terhadap larva *Aedes aegypti* (Khoiriyah *et al.*, 2025)

Meskipun potensi larvasida dapat ditemukan pada varietas pisang lainnya, penelitian ini secara spesifik berfokus pada pisang raja (*Musa Paradisiaca* var. *Raja*) Pemilihan pisang raja didasarkan pada dua alasan utama yaitu kandungan fitokimia yang dominan dan masalah limbah organik yang signifikan. Pisang raja merupakan varietas pisang yang umum digunakan untuk konsumsi maupun diolah menjadi makanan. Secara khusus di wilayah seperti Bali, penggunaan pisang raja dalam upacara adat dan sesajen (banten) serta sering dijadikan bahan utama makanan ringan seperti pisang goreng yang dapat menghasilkan volume sampah kulit pisang yang melimpah dan kurang termanfaatkan (Isna & Lukmanasari, 2024)

Pemilihan kulit pisang raja untuk penelitian ini didukung oleh pertimbangan ilmiah dan ekologis yang komprehensif. Secara ilmiah, kulit pisang raja diketahui mengandung berbagai senyawa aktif seperti flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, dan fenol. Secara ekologis, pemanfaatan limbah ini sebagai biolarvasida tidak hanya memberikan solusi berkelanjutan bagi pengendalian vektor, tetapi juga menawarkan nilai tambah ekonomi dan lingkungan, serta berkontribusi terhadap

upaya pengelolaan lingkungan yang lebih efektif dan mengurangi limbah.(Olii *et al.*, 2024)

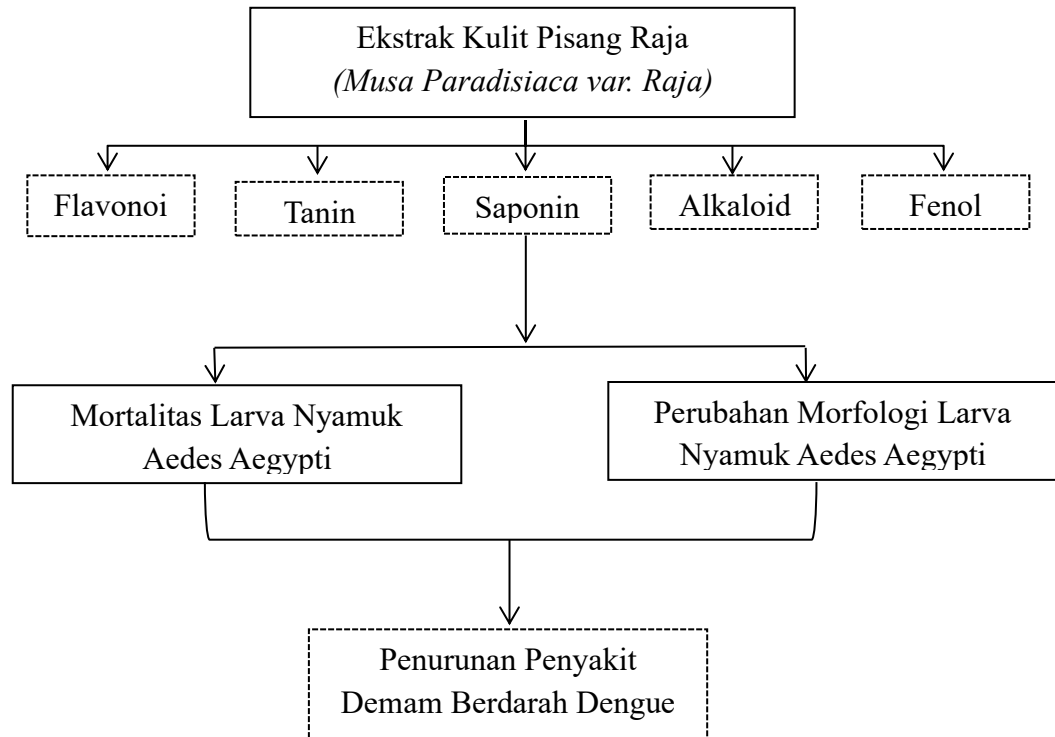
Kandungan senyawa aktif dalam kulit pisang raja memiliki peran ganda sebagai larvasida:

1. Flavonoid: Merupakan komponen dominan yang memiliki peran besar dalam aktivitas insektisida. Flavonoid bekerja dengan menghambat pertumbuhan larva nyamuk, mengganggu sistem pencernaan dan metabolisme energi, serta merusak integumen atau lapisan pelindung tubuh larva (eksoskeleton). Selain itu, flavonoid juga mampu menghambat kerja enzim pernapasan, menyebabkan gangguan respirasi dan akhirnya berujung pada kematian larva (Wulansari, 2022).
2. Tanin: Senyawa ini dapat berikatan dengan protein, yang berpotensi mengganggu proses molting dan merusak dinding usus larva, sehingga menghambat penyerapan nutrisi (Akbar *et al.*, 2023).
3. Saponin: Saponin merupakan glikosida yang memiliki sifat surfaktan alami (menurunkan tegangan permukaan). Senyawa ini bekerja dengan cara: Merusak membran sel larva dan meningkatkan permeabilitasnya, menyebabkan kebocoran isi sel, menghambat aktivitas enzim pencernaan serta mengganggu metabolisme energi, menurunkan nafsu makan larva karena rasa pahit dan iritasi pada sistem pencernaan. Akibatnya, larva mengalami gangguan fisiologis, kehilangan cairan tubuh, dan akhirnya mati (Wulansari, 2022).

4. Alkaloid: Alkaloid adalah senyawa basa yang memiliki efek neurotoksik pada serangga. Mekanisme kerjanya meliputi, menghambat enzim asetilkolinesterase yang berperan dalam penghantaran impuls saraf, menyebabkan gangguan koordinasi gerak dan kejang pada larva, bertindak sebagai racun perut dan racun kontak yang merusak jaringan saraf pusat. Efek kumulatif alkaloid ini dapat menyebabkan kelumpuhan hingga kematian pada larva *Aedes aegypti* (Akbar *et al.*, 2023).
5. Fenol: Merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam kulit pisang raja dan berperan sebagai larvasida. Senyawa ini bekerja dengan mendenaturasi protein serta merusak membran sel larva, sehingga mengganggu proses metabolisme dan respirasi. Gangguan tersebut menyebabkan kerusakan jaringan, menurunkan aktivitas larva *Aedes aegypti*, dan pada akhirnya mengakibatkan kematian larva. (Kumara *et al.*, 2021).

Kombinasi dari kelima senyawa bioaktif tersebut menghasilkan efek sinergis yang memperkuat kemampuan larvasida alami pada ekstrak kulit pisang raja. Secara ekologis, pemanfaatan limbah kulit pisang raja tidak hanya berpotensi menekan populasi larva nyamuk *Aedes aegypti*, tetapi juga membantu mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan nilai guna limbah organik (Olii *et al.*, 2024). Dengan demikian, ekstrak kulit pisang raja (*Musa paradisiaca* var. *Raja*) memiliki prospek besar untuk dikembangkan sebagai biolarvasida nabati yang aman, efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dalam mendukung pengendalian vektor penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD).

2.2 Kerangka Konsep



Gambar 2. 4 Kerangka Konsep

Variabel diteliti :

Variabel tidak diteliti :