

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian yang dilakukan oleh Faya Azjka Iftita pada tahun 2016 dengan judul “Uji Efektivitas Rendaman Daun Singkong (*Manihot utilissima*) sebagai Insektisida terhadap Nyamuk *Aedes aegypti* dengan Metode Elektrik Cair”. Tipe penelitian ini adalah eksperimen dengan desain uji acak terkontrol, di mana kelompok perlakuan dibagi menjadi kelompok eksperimen dan kelompok kontrol positif serta negatif. Perlakuan dilakukan dengan cara mengekspos larutan selama 20 menit pada berbagai tingkat konsentrasi, yaitu 18,43%, 31,30%, 39,32%, 63,03%, dan 124,60%, yang menghasilkan persentase kematian nyamuk berturut-turut sebesar 26,25% (LC20), 36,25% (LC40), 46,25% (LC50), 41,25% (LC70), dan 42,5% (LC90). Temuan penelitian menunjukkan bahwa jumlah nyamuk yang mati tidak sepenuhnya sesuai dengan analisis probit dan cenderung menurun pada konsentrasi 63,03% dan 124,60%. Konsentrasi 39,32% menghasilkan tingkat kematian nyamuk tertinggi dibandingkan dua konsentrasi tertinggi lainnya. Pada pengujian tambahan, dari lima variasi konsentrasi ekstrak daun singkong yang diuji, tidak ada yang berhasil mencapai tingkat mortalitas di atas 90%. Konsentrasi tertinggi (124,32% b/v) hanya menyebabkan kematian rata-rata 8 nyamuk, sedangkan konsentrasi 39,32% b/v menyebabkan kematian rata-rata 9 nyamuk. Oleh karena itu, konsentrasi 39,32% dianggap sebagai yang paling efektif karena mampu memberikan hasil yang sejajar dengan konsentrasi tertinggi tetapi dengan efisiensi yang lebih baik.
2. Studi yang dilakukan oleh Haidina Alid dan Sri Mulyati (2021) berjudul “Efektivitas Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyanthum*) dalam Mengendalikan Larva Nyamuk *Aedes sp*”. Penelitian ini merupakan jenis eksperimen yang murni (*true experiment*) dan memakai desain *Posttest Only Control Group Design*. Sampel dalam penelitian ini dibagi menjadi empat kelompok perlakuan (ekstrak daun dengan konsentrasi 2%, 3%, 4%,

dan 5%) serta satu kelompok kontrol negatif. Setiap kelompok perlakuan menggunakan 25 ekor larva nyamuk *Aedes sp*, sehingga total jumlah larva yang digunakan adalah 625 ekor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi 2%, ekstrak daun salam mampu menyebabkan rata-rata kematian 8 ekor larva (33,6%); pada 3%, kematian mencapai 14 ekor (56,6%); pada 4%, sebanyak 19 ekor (79,2%); dan pada 5%, kematian larva mencapai 22 ekor (89,6%). Dengan demikian, hasil penelitian memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun salam yang digunakan, semakin besar pula tingkat mortalitas larva nyamuk *Aedes sp*, menunjukkan adanya hubungan positif antara peningkatan konsentrasi dan efektivitas larvasida.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Arga Sakti Priambodo (2018) berjudul "*Potensi Hasil Destilasi Daun Singkong sebagai Insektisida Nabati terhadap Nyamuk Aedes sp dengan Metode Elektrik Cair*". Jenis penelitian ini merupakan penelitian pra-eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui potensi hasil destilasi daun singkong (*Manihot utilissima*) sebagai insektisida nabati terhadap nyamuk *Aedes sp* menggunakan metode elektrik cair. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dengan variasi konsentrasi larutan hasil destilasi daun singkong sebesar 70%, 80%, 90%, dan 100%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata kematian nyamuk *Aedes sp* pada konsentrasi 70% sebesar 13,67 ekor, 80% sebesar 14,67 ekor, 90% sebesar 17 ekor, dan 100% sebesar 19 ekor. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan hasil destilasi daun singkong yang digunakan, semakin besar pula tingkat mortalitas nyamuk *Aedes sp*, dengan efektivitas tertinggi pada konsentrasi 100%.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Variabel Penelitian	
			Penelitian Terdahulu	Penelitian Sekarang
1	Faya Azjka Iftita	Uji Efektivitas Rendaman Daun Singkong (<i>Manihot utilissima</i>) Sebagai Insektisida Terhadap Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Dengan Metode Elektrik Cair	Menggunakan paparan larutan selama 20 menit dengan berbagai tingkat konsentrasi yaitu 18,43%; 31,30%; 39,32%; 63,03%; dan 124,60%.	Waktu paparan diperpanjang menjadi 2 jam untuk mengetahui efek lebih optimal terhadap mortalitas nyamuk.
2	Haidina Alid dan Sri Mulyati	Efektivitas Ekstrak Daun Salam (<i>Syzygium polyanthum</i>) Sebagai Larvasida Nyamuk <i>Aedes sp.</i>	Menggunakan ekstrak daun salam dengan beberapa variasi konsentrasi untuk mengamati tingkat kematian larva nyamuk <i>Aedes sp.</i>	Menggunakan rebusan daun singkong (<i>Manihot utilissima</i>) untuk menguji efektivitasnya terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .
3	Arga Sakti Priambodo	Potensi Hasil Destilasi Daun Singkong (<i>Manihot utilissima</i>) Sebagai Insektisida Nabati Terhadap Nyamuk <i>Aedes sp.</i> Dengan Metode Elektrik Cair	Menggunakan hasil destilasi daun singkong dengan tingkat konsentrasi 70%, 80%, 90%, dan 100%.	Menggunakan rebusan daun singkong sebagai bahan uji dengan metode elektrik cair terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> .

2.2. Studi Pustaka

2.2.1 Nyamuk *Aedes Aegypti*

a. Gambaran Umum Tentang Nyamuk *Aedes aegypti*

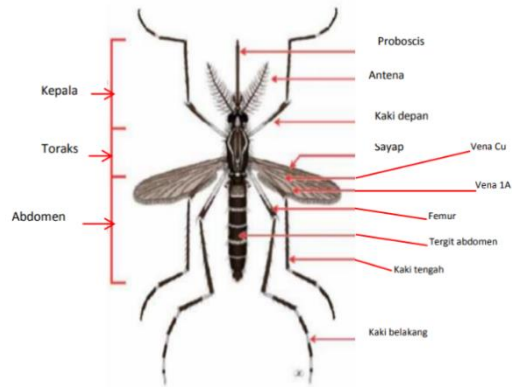
Nyamuk *Aedes aegypti* adalah serangga yang berfungsi sebagai pembawa utama virus dengue yang menyebabkan Demam Berdarah Dengue (DBD). Spesies ini dikenal memiliki kebiasaan menggigit beberapa orang secara bergantian dalam waktu yang singkat, karena sensitivitasnya yang tinggi dan mudah terganggu. Kebiasaan itu memungkinkan *Aedes aegypti* untuk menyebarkan virus dengue kepada banyak orang dalam waktu bersamaan, sehingga tidak jarang ada beberapa kasus DBD di dalam satu rumah. Nyamuk ini dapat ditemukan di hampir seluruh bagian Indonesia, kecuali di tempat yang berada pada ketinggian lebih dari 1000 meter di atas permukaan laut. Penyakit DBD biasanya banyak dijumpai di daerah tropis dan sering menyebabkan kejadian luar biasa (KLB) (Ustiawaty et al., 2020).

Siklus hidup nyamuk terdiri atas empat tahap utama, yaitu telur, larva, pupa, dan dewasa. Fase telur, larva, dan pupa berkembang di lingkungan perairan, sedangkan fase dewasa hidup di udara bebas. Nyamuk biasanya meletakkan telurnya pada tempat-tempat yang berisi air. Setelah beberapa waktu, telur tersebut akan menjadi larva atau jentik yang mengalami empat fase perkembangan (instar 1 hingga instar 4) dan berlangsung sekitar satu minggu. Selanjutnya, jentik akan bermetamorfosis menjadi pupa, yaitu tahap di mana terbentuk sayap sebagai persiapan menuju fase dewasa. Setelah proses ini selesai, nyamuk dewasa keluar dari kepompong dan mulai dapat terbang. Biasanya, nyamuk jantan muncul terlebih dahulu dibandingkan dengan betina dan akan tetap berada di sekitar tempat berkembang biaknya (*breeding places*). Setelah nyamuk betina menetas, jantan akan mengawininya sebelum betina mencari darah. Nyamuk betina yang

sudah melakukan perkawinan akan beristirahat selama satu hingga dua hari sebelum mulai mencari sumber darah untuk proses pematangan telurnya. Setelah perutnya penuh darah, betina kembali beristirahat sambil menunggu telur matang untuk diletakkan kembali.

Larva *Aedes aegypti* memiliki organ pernapasan berbentuk sifon yang berada di bagian ujung perutnya. Sifon tersebut berfungsi membantu proses pengambilan udara dari permukaan air. Pada fase pupa, tubuh *Aedes aegypti* tampak melengkung dengan bagian kepala dan dada yang lebih besar daripada perutnya, sehingga tampilannya mirip dengan tanda koma. Nyamuk dewasa *Aedes aegypti* biasanya memiliki warna cokelat kehitaman dan terdapat bercak putih yang terlihat jelas di tubuh serta kakinya. Spesies ini lebih menyukai tempat istirahat yang gelap, seperti pada gantungan pakaian, dan ketika hinggap posisi kepala serta perutnya tidak sejajar. Aktivitas menggigit biasanya terjadi pada sore hingga malam menjelang gelap. Nyamuk ini memiliki sifat antropofilik, artinya lebih menyukai darah manusia dibandingkan hewan lain, dengan jarak terbang sekitar 100 meter. Siklus hidup *Aedes aegypti* memiliki empat fase metamorfosis yang lengkap, yaitu telur, larva (jentik), pupa (kepompong), dan nyamuk dewasa. *Aedes aegypti* dikenal sebagai penyebar virus arbovirus yang sangat efektif karena keberadaannya yang dekat dengan manusia, baik di dalam maupun di luar rumah. Selain itu, nyamuk ini lebih suka genangan air yang terdapat dalam wadah seperti ember, vas, atau kaleng bekas daripada genangan yang ada di tanah langsung (Hotijah, 2023).

Morfologi dari nyamuk *Aedes aegypti* yang sudah dewasa dapat diuraikan sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Fase dewasa nyamuk *Aedes aegypti* (Hardayanti, 2021)

b. Sistem Klasifikasi Biologis Nyamuk *Aedes aegypti*

Berdasarkan Cahyati dan Suharyo (2006) yang dikutip oleh (Handayani, 2013), posisi taksonomi nyamuk *Aedes aegypti* dalam sistem klasifikasi hewan adalah sebagai berikut:

<i>Kingdom</i>	: <i>Animalia</i>
<i>Phylum</i>	: <i>Arthropoda</i>
<i>Subphylum</i>	: <i>Unimaria</i>
<i>Kelas</i>	: <i>Insecta</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Diptera</i>
<i>Sub-ordo</i>	: <i>Nematocera</i>
<i>Superfamili</i>	: <i>Culicoidea</i>
<i>Famili</i>	: <i>Culicidae</i>
<i>Sub-famili</i>	: <i>Culicinae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Aedes</i>
<i>Spesies</i>	: <i>Aedes aegypti</i>

c. Daur Hidup

Nyamuk *Aedes aegypti*, seperti halnya spesies nyamuk lainnya, mengalami metamorfosis sempurna yang mencakup empat tahap, yaitu telur, larva (jentik), pupa, dan nyamuk dewasa. Tahap telur, larva, dan pupa semuanya berlangsung di lingkungan perairan.

Umumnya, telur akan menetas menjadi larva dalam waktu sekitar ± 2 hari setelah direndam dalam air. Fase larva berlangsung selama 6–8 hari, sedangkan fase pupa atau kepompong memakan waktu sekitar 2–4 hari. Dengan demikian, total waktu dari telur hingga munculnya nyamuk dewasa berkisar antara 9–10 hari. Nyamuk betina dapat memiliki umur hidup hingga 2–3 bulan (Nurbaya *et al.*, 2022).

1) Telur

Telur dari nyamuk *Aedes aegypti* memiliki warna hitam dan bentuk oval, dengan ukuran sekitar $\pm 0,80$ mm. Biasanya, telur ini mengapung secara individual di permukaan air yang jernih atau menempel pada sisi wadah penampungan air. Dalam kondisi kering, telur tersebut dapat bertahan selama kurang lebih ± 6 bulan. Nyamuk *Aedes aegypti* cenderung bertelur di wadah buatan yang dekat dengan aktivitas manusia. Setelah diletakkan pada wadah, telur membutuhkan lingkungan yang lembap selama sekitar 48 jam agar dapat menetas. Selama musim panas, ketika durasi siang lebih panjang, persentase penetasan telur biasanya lebih tinggi jika terendam dalam air. Sebaliknya, jika durasi siang lebih pendek, jumlah telur yang menetas cenderung lebih sedikit.

2) Larva/jentik

Larva nyamuk *Aedes aegypti* memiliki ciri yang mencolok dengan siphon yang pendek, besar, dan berwarna gelap. Tubuh larva tampak ramping dan aktif, serta menunjukkan kecenderungan fototaksis negatif, sehingga ketika beristirahat larva membentuk sudut yang hampir tegak terhadap permukaan air. Untuk mendapatkan oksigen, larva secara berkala naik ke permukaan air setiap kira-kira 1 hingga 2 menit. Proses perkembangan larva nyamuk *Aedes aegypti* berlangsung antara 6 hingga 8 hari.

3) Pupa

Pupa nyamuk *Aedes aegypti* memiliki bentuk mirip koma, dengan ukuran yang lebih besar tetapi lebih ramping dibandingkan larvanya. Jika dibandingkan dengan pupa dari jenis nyamuk lain, pupa *Aedes aegypti* termasuk yang lebih kecil. Di bagian dorsal dada terdapat alat pernapasan yang berbentuk seperti terompet, sedangkan pada ruas perut kedelapan, terdapat sepasang alat pengayuh yang panjang dan berbulu yang berfungsi untuk melakukan gerakan berenang. Dalam tahap ini, pupa bergerak dengan terbatas dan tidak mengonsumsi makanan, serta saat beristirahat, posisinya sejajar dengan permukaan air.

d. Dewasa

Nyamuk dewasa merupakan tahap terakhir dalam siklus hidup nyamuk setelah melewati fase telur, larva, dan pupa. Pada tahap ini, nyamuk telah berkembang sempurna dan siap melakukan aktivitas seperti mencari makan, bereproduksi, dan menyebarkan penyakit. Tubuh nyamuk dewasa terdiri dari tiga bagian utama: kepala, dada, dan perut. Kepala dilengkapi sepasang antena, mata majemuk, dan probosis untuk mengisap cairan. Dada memiliki tiga pasang kaki dan sepasang sayap yang memungkinkan nyamuk bergerak. Perut berfungsi untuk pencernaan dan reproduksi. Ukuran dan warna tubuh nyamuk bervariasi tergantung spesies. Misalnya, *Aedes aegypti* berwarna hitam dengan bercak putih, sedangkan *Culex quinquefasciatus* berwarna cokelat pucat. Aktivitas nyamuk dewasa juga berbeda antar spesies; *Aedes aegypti* aktif menggigit pada pagi dan sore hari, sedangkan *Culex sp.* lebih aktif malam hari. Habitat nyamuk dewasa bervariasi; beberapa spesies lebih suka berada di dalam rumah (endofilik), sementara yang lain sering ditemukan di luar rumah (eksotik). Setelah kawin, nyamuk betina membutuhkan darah untuk perkembangan telur. Sumber darah dapat berasal dari manusia atau hewan, tergantung preferensi spesies. Betina kemudian

mencari tempat yang sesuai, seperti genangan air bersih di wadah buatan manusia (*Aedes aegypti*), untuk meletakkan telur. Siklus hidup dari telur hingga nyamuk dewasa berlangsung sekitar 7–14 hari, tergantung kondisi lingkungan seperti suhu dan ketersediaan air. Nyamuk dewasa, khususnya betina, berperan sebagai vektor dalam penyebaran berbagai penyakit. *Aedes aegypti* dikenal sebagai vektor utama virus dengue, chikungunya, dan Zika, sementara *Culex quinquefasciatus* dapat menularkan virus West Nile dan filariasis. Kemampuan nyamuk menyebarkan penyakit dipengaruhi oleh faktor seperti umur, frekuensi menggigit, dan interaksi dengan manusia atau hewan yang terinfeksi. Selain itu, nyamuk dewasa juga memiliki peran ekologis sebagai pemangsa dan sumber makanan bagi predator seperti burung dan kelelawar (Wikipedia, 2025).

2.2.2 Pengendalian

Dalam PERMENKES RI No. 374/MENKES/PER/III/2010, pengendalian vektor dijelaskan sebagai semua aktivitas atau langkah yang bertujuan untuk:

- a. Mengurangi jumlah populasi vektor sampai serendah mungkin agar keberadaannya tidak lagi menjadi ancaman penularan penyakit yang disebabkan oleh vektor di suatu area.
- b. Mengurangi interaksi dengan vektor agar penyebaran penyakit yang dibawa oleh vektor dapat dihindari. Strategi ini memanfaatkan Pengendalian Vektor Terpadu (PVT), yang merupakan gabungan dari berbagai cara pengendalian vektor yang diaplikasikan berdasarkan prinsip keamanan, rasionalitas, efektivitas, serta dengan memperhatikan kelestarian dan keberlanjutan hasil yang dicapai (Khairiyati, Laily et al., 2021).

1) Pengendalian Kimiawi

Selama 30–40 tahun terakhir, pengendalian vektor umumnya dilakukan dengan metode kimia menggunakan insektisida. Meskipun metode ini terbukti cukup efektif, intervensi yang tidak berkesinambungan karena masalah politik menyebabkan

munculnya resistensi pada vektor terhadap insektisida. Selain itu, insektisida persisten, seperti DDT, menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan jenis insektisida baru yang mudah terurai dan lebih aman. Pengendalian kimia juga semakin mahal karena pertumbuhan penduduk yang cepat menciptakan kebutuhan lahan tambahan untuk permukiman, pertanian, dan aktivitas lain, sehingga memunculkan banyak tempat berkembang biak nyamuk baru, terutama di kawasan kumuh, persawahan, area pembuangan sampah, dan saluran drainase (Khairiyati, Laily et al., 2021).

2) Pengendalian Biologi

Pengendalian secara biologis adalah metode yang memanfaatkan agen hayati untuk menekan populasi nyamuk vektor. Beberapa agen biologis yang telah terbukti efektif dalam mengendalikan larva nyamuk meliputi bakteri tertentu, predator alami seperti ikan pemakan jentik, larva nyamuk dari genus *Toxorhynchites*, serta larva capung dan *Cyclops* (Copepoda).

3) Pengendalian Rekayasa

Pengendalian yang dilakukan melalui rekayasa pada dasarnya bertujuan untuk mengurangi jumlah tempat bersarang nyamuk dengan cara mengelola lingkungan melalui perubahan dan penyesuaian. Perubahan yang dilakukan bersifat sementara dan dimaksudkan agar lingkungan tidak mendukung keberlangsungan hidup vektor, contohnya dengan mengatur tinggi permukaan air atau membuat saluran air supaya salinitas dapat dikendalikan. Sementara itu, penyesuaian berfungsi secara permanen dan dilakukan untuk memperbaiki kondisi lingkungan, seperti mengeringkan atau menimbun genangan air, memperbaiki tempat pembuangan sampah sementara maupun permanen, serta membangun dan merawat saluran drainase. Secara keseluruhan, pengelolaan lingkungan ini lebih berorientasi pada jangka panjang jika dibandingkan dengan

pengendalian menggunakan bahan kimia, meskipun memerlukan investasi awal yang signifikan. Oleh karena itu, di negara berkembang, metode pengendalian vektor secara rekayasa sering tertinggal. Saat ini, pengendalian vektor sebaiknya dijalankan sebagai bagian dari program terpadu dalam semua proyek pembangunan, mengingat pembangunan dapat menimbulkan sarang nyamuk. Dengan demikian, proyek pembangunan tidak hanya bertujuan meningkatkan kesejahteraan masyarakat atau mencegah penyakit tertentu (misalnya diare melalui penyediaan air bersih), tetapi juga harus memperhatikan risiko munculnya penyakit baru yang dibawa vektor, seperti genangan air buangan atau bak mandi yang menjadi tempat berkembang biak nyamuk *Aedes* penyebab DBD (Khairiyati, Laily et al., 2021).

2.2.3 Insektisida

Insektisida merupakan senyawa kimia berbahaya yang dibuat untuk membasmi berbagai macam serangga. Sebagai alat untuk mengatasi hama, insektisida berfungsi untuk mengurangi jumlah serangga dengan cara membunuh mereka atau menghalangi perilaku yang bisa merugikan atau merusak (Putriansyah et al., 2023).

Dalam pengendalian vektor penyakit, terdapat dua kategori utama insektisida, yaitu insektisida kontak (non-residual) dan insektisida residu. Insektisida kontak berfungsi secara langsung ketika mengenai serangga pada saat digunakan. Cara aplikasi kontak umumnya berupa penyemprotan udara (space spray) yang bisa dilakukan melalui pengkabutan panas (thermal fogging), pengkabutan dingin (cold fogging), atau sistem ultra low volume (ULV). Beberapa jenis formulasi yang sering dipakai untuk aplikasi kontak termasuk emulsifiable concentrate (EC), microemulsion (ME), emulsion (EW), ULV, serta insektisida siap pakai seperti aerosol (AE), lilin bakar anti-nyamuk (MC), liquid vaporizer (LV), mat vaporizer (MV), dan asap. Sementara itu, insektisida yang memiliki efek jangka panjang digunakan pada

permukaan suatu tempat untuk memastikan bahwa serangga yang berjalan melewati atau mendarat di area tersebut akan terpapar dan mati. Jenis formulasi insektisida yang biasanya digunakan meliputi bubuk yang dapat dicampur dengan air (WP), granula yang dapat terdispersi dalam air (WG), konsentrat suspensi (SC), suspensi kapsul (CS), dan debu (DP) (Khairiyati, Laily et al., 2021).

a. Jenis-jenis Insektisida

1) Insektisida Sintetik

Insektisida sintetis merupakan jenis insektisida yang dibuat dari bahan kimia buatan. Beberapa contoh senyawa kimia yang sering digunakan dalam insektisida sintetis antara lain Diethyltoluamide (DEET), organofosfat, piretroid, karbamat, dan organoklorin (D. Anggraini et al., 2022).

a) Organofosfat

Organofosfat (OP) merupakan insektisida yang termasuk paling toksik dibandingkan jenis pestisida lainnya dan dapat menyebabkan keracunan pada manusia. Bahkan dalam jumlah yang sangat kecil, organofosfat dapat menimbulkan kematian, meskipun dosis tertentu dibutuhkan untuk menyebabkan kematian pada orang dewasa. Senyawa ini bekerja dengan menghambat aktivitas enzim pseodokolinesterase dalam plasma dan kolinesterase pada sel darah merah serta pada sinaps saraf. Organofosfat adalah insektisida yang mengandung fosfat dalam struktur kimianya. Penemuan awal insektisida ini terjadi pada masa Perang Dunia II sebagai bagian dari penelitian senyawa “gas saraf”. Salah satu contoh yang banyak digunakan adalah Malathion, termasuk dalam program pengendalian serangga. Di Indonesia, pestisida organofosfat banyak dipakai oleh petani dan dapat masuk ke tubuh melalui saluran pernapasan, pencernaan, maupun kulit yang tidak terlindungi. Organofosfat memengaruhi sistem saraf

dengan cara menghambat kerja enzim kolinesterase, enzim penting yang bertugas menghantarkan impuls sepanjang serabut saraf (Mustaqima, 2020).

b) Sintetik piretroid

Piretroid adalah insektisida yang berasal dari senyawa alami pada bunga krisan, yang dikenal dengan nama piretrin. Insektisida ini bersifat non-persisten dan mudah terurai ketika terkena cahaya. Piretid sintetis dianggap sebagai insektisida yang relatif aman untuk digunakan, termasuk dalam makanan. Beberapa jenis piretroid sintetis yang paling umum digunakan antara lain cypermethrin dan permethrin. (*I. Anggraini et al., 2023*).

c) Karbamat

Pestisida dari golongan karbamat bekerja dengan mekanisme serupa, yaitu dengan mengikat enzim asetilkolinesterase sebagai inhibitor. Hal ini menyebabkan peningkatan aktivitas saraf simpatik, yang memanifestasikan diri melalui percepatan denyut jantung dan vasokonstriksi pembuluh darah sistemik, sehingga dapat memengaruhi peningkatan tekanan darah (*Rosita & Mayaserly, 2023*).

d) Organoklorin

Paparan insektisida organoklorin dapat menimbulkan efek jangka panjang, baik subkronis maupun kronis. Salah satu dampaknya adalah perubahan kadar Thyroid Stimulating Hormone (TSH). Insektisida ini, yang mengandung ion klor, bekerja secara kompetitif terhadap ion yodium yang berperan dalam pembentukan hormon tiroid. Organoklorin bersifat persisten, mudah terakumulasi di lingkungan, serta bersifat toksik bagi manusia dan makhluk hidup lain. Senyawa ini stabil, tidak

reaktif, larut baik dalam lemak, dan sulit terdegradasi. Paparan dalam jangka panjang dapat memengaruhi fungsi hati, sistem endokrin, perkembangan motorik dan mental, sistem kekebalan dan saraf, serta meningkatkan risiko gangguan pada payudara, jantung, kanker prostat, leher rahim, dan saluran pencernaan.

2) Insektisida Nabati

Untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, pengendalian hama kini diarahkan pada metode yang lebih ramah lingkungan, salah satunya dengan memanfaatkan tanaman sebagai bahan pengendali hama, yang dikenal dengan insektisida nabati atau insektisida botani. Beberapa tanaman memiliki senyawa alami yang efektif untuk mengusir atau membunuh nyamuk, salah satunya adalah daun singkong (Asikin & Lestari, 2021).

3) Insektisida Non-Nabati

Insektisida berbahan kimia non-nabati masih banyak digunakan karena efektifitasnya. Petani sayuran biasanya memakai insektisida dengan berbagai merek dagang dan fungsi, karena kelompok OPT yang paling banyak menyerang tanaman, terutama sayuran, adalah serangga. Penggunaan insektisida kimia ini populer karena mudah didapat di pasaran, cepat membasmi hama, dan cara aplikasinya sederhana. Umumnya, insektisida kimia mengandung zat aktif yang bersifat toksik bagi serangga.

4) Bioinsektisida

Bioinsektisida adalah bahan alami yang bersifat racun dan mampu memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, perilaku, reproduksi, kesehatan, hormon, serta aktivitas makan serangga, bahkan dapat menyebabkan kemandulan atau bertindak sebagai pemikat dan pengusir. Pemanfaatan bahan yang berasal dari tumbuhan ini dapat dijadikan alternatif

pengganti insektisida sintetis, yang sering disebut sebagai insektisida nabati atau bioinsektisida. Alternatif ini penting karena residu insektisida sintetis tidak hanya berdampak negatif pada kesehatan, tetapi juga dapat merugikan perdagangan, misalnya ditolaknya produk pertanian yang diekspor.

2.2.4. Tanaman Singkong (*Manihot Utilissima*)

a. Pengertian Singkong

Singkong (*Manihot utilissima*) merupakan salah satu tanaman yang tersebar luas di Indonesia dan telah dibudidayakan di berbagai negara di dunia. Tanaman ini bersifat tahunan dan tumbuh baik di wilayah tropis karena kemampuannya beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, meskipun sensitif terhadap suhu rendah. Singkong memiliki adaptasi yang luas, sehingga dapat ditanam sepanjang tahun dengan risiko kegagalan yang relatif rendah. Tanaman ini dapat tumbuh di hampir semua jenis tanah yang cukup gembur, namun pertumbuhannya kurang optimal pada tanah yang terlalu basah.

b. Klasifikasi Tanaman Singkong

Ubi kayu atau singkong (*Manihot utilissima*) merupakan salah satu sumber makanan pokok bagi penduduk di berbagai belahan dunia. Selain dijadikan sebagai bahan pangan utama, singkong juga dimanfaatkan sebagai bahan baku industri dan pakan ternak. Tanaman ini termasuk dalam famili Euphorbiaceae atau suku jarak-jarakan (Jurni, 2020). Secara umum, klasifikasi singkong dapat dijelaskan sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Spermatophyta*
Subdivisi : *Angiospermae*
Kelas : *Dicotyledoneae*
Ordo : *Euphorbiales*
Famili : *Euphorbiaceae*

Genus : *Manihot*

Spesies : *Manihot utilissima*

Tanaman singkong memiliki daun berwarna hijau dengan tulang daun yang menjari dan tangkai daun pendek sepanjang 3–5 cm. Batangnya berbentuk bulat dengan diameter 2,5–4 cm dan tinggi tanaman dapat mencapai 1–4 meter. Warna batang umumnya hijau, namun seiring bertambahnya usia, batang dapat berubah menjadi putih keputihan, hijau kekuningan, atau coklat kekuningan. Akar singkong berkembang membesar membentuk umbi dengan panjang sekitar 50–80 cm. Bagian tengah umbi terdapat sumbu yang berfungsi menyalurkan hasil fotosintesis dari daun ke akar/umbi. Umbi tersusun dari tiga lapisan: kulit luar berwarna coklat, kulit dalam berwarna putih kekuningan, dan lapisan daging berwarna putih atau putih kekuningan. Di antara kulit luar dan kulit dalam terdapat jaringan kambium, yang memungkinkan umbi bertambah besar (Jurni, 2020).

c. Kandungan Zat Aktif Daun Singkong (*Manihot utilissima*)

Daun singkong (*Manihot utilissima*) mengandung berbagai senyawa kimia yang bermanfaat bagi gizi dan kesehatan. Komponen kimia yang terdapat pada daun singkong meliputi flavonoid, saponin, alkaloid, dan tanin. Selain itu, daun ini juga kaya protein, vitamin A, vitamin C, serta mineral seperti kalsium dan zat besi, sehingga menjadikannya sayuran yang bernutrisi dan bermanfaat bagi kesehatan.

1) Flavonoid

Flavonoid merupakan kelompok senyawa alami yang memiliki struktur fenolik dan banyak ditemukan pada tumbuhan. Saat ini, minat terhadap potensi terapeutik tanaman obat meningkat, khususnya terkait gugus fenol seperti flavonoid. Senyawa ini telah dikonsumsi manusia sejak lama dan memiliki beragam kemampuan biologis yang mendukung kesehatan serta menurunkan risiko berbagai penyakit.

Khususnya, flavonoid telah diteliti secara luas terkait efek antihipertensinya, di mana senyawa flavanol dapat mengurangi stres oksidatif, menghambat aktivitas enzim pengubah angiotensin, meningkatkan relaksasi endotel pembuluh darah, serta mengatur sinyal sel dan ekspresi gen. Flavonoid terdapat di seluruh tumbuhan hijau sehingga dapat ditemukan pada berbagai ekstrak tanaman. Dalam penggunaannya sebagai insektisida, flavonoid berperan dalam mengusir nyamuk dengan mengganggu indera penciuman mereka, menghambat pernapasan larva, serta mengurangi aktivitas makan nyamuk, sehingga bertindak sebagai racun bagi organisme tersebut (Napiah et al., 2022). Penelitian menunjukkan bahwa kandungan flavonoid pada daun singkong bervariasi, tergantung pada varietas dan metode analisis yang digunakan. Sebuah studi yang dipublikasikan di *Jurnal Farmasi Higea* melaporkan bahwa kadar flavonoid total pada daun singkong mencapai 4,987%, dihitung dalam bentuk rutin, salah satu jenis flavonoid utama yang terdapat pada daun singkong (Azizah et al., 2020). Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun singkong mengandung flavonoid dan saponin yang memiliki aktivitas sebagai larvasida terhadap larva *Aedes aegypti*. Meskipun konsentrasi spesifik flavonoid yang diperlukan untuk membunuh nyamuk tidak disebutkan secara eksplisit, senyawa-senyawa tersebut diduga berperan dalam meningkatkan tingkat kematian larva (Ervina, 2014).

2) Saponin

Saponin adalah senyawa metabolit sekunder yang terdapat di berbagai bagian tanaman, termasuk buah, biji, daun, batang, akar, dan umbi, dengan kandungan lebih tinggi pada tanaman muda dibandingkan tanaman tua. Senyawa ini bersifat beracun bagi hewan berdarah dingin, namun relatif aman bagi manusia karena tidak terserap melalui saluran pencernaan.

Toksisitas saponin dapat berkurang dalam 2–3 hari di dalam air dan menurun bila digunakan dalam larutan garam dengan kadar rendah. Saponin juga dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam biosintesis obat kortikosteroid karena strukturnya mirip dengan vitamin D, glikosida jantung, dan kortison. Mekanisme kerja saponin sebagai antijamur adalah dengan menurunkan kadar sterol pada membran sel, sehingga permeabilitas meningkat, sel membengkak, pecah, dan akhirnya mati. Selain itu, saponin memengaruhi sistem saraf nyamuk dengan menurunkan kemampuan mereka untuk bergerak dan mencari makan. Senyawa ini dapat merusak membran sel, menyebabkan kematian berbagai organisme termasuk nyamuk, sehingga efektif sebagai larvasida. Saponin juga berperan sebagai repelen dengan mengganggu indera penciuman nyamuk dewasa, sehingga menjauhi area yang mengandung senyawa ini (Napiah et al., 2022). Sebuah penelitian menilai efektivitas rendaman daun singkong sebagai insektisida terhadap nyamuk dewasa *Aedes aegypti* menggunakan metode elektrik cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi 39,32% (berat/volume) mampu menimbulkan kematian rata-rata nyamuk sebesar 46,25%. Studi lain melaporkan bahwa penggunaan bubuk daun singkong dengan konsentrasi 5% efektif menyebabkan kematian larva *Aedes aegypti*. Efektivitas tersebut diduga berasal dari kandungan flavonoid dan saponin pada daun singkong, yang berfungsi sebagai insektisida hayati (Lestari et al., 2017).

3) Triterpenoid

Terpenoid merupakan turunan yang terbentuk melalui proses dehidrogenasi dan oksidasi dari senyawa terpen. Terpen sendiri adalah kelompok hidrokarbon yang sebagian besar diproduksi oleh tumbuhan dan beberapa hewan, seperti serangga, dengan rumus molekul $(C_5H_8)_n$. Terpenoid juga dikenal sebagai

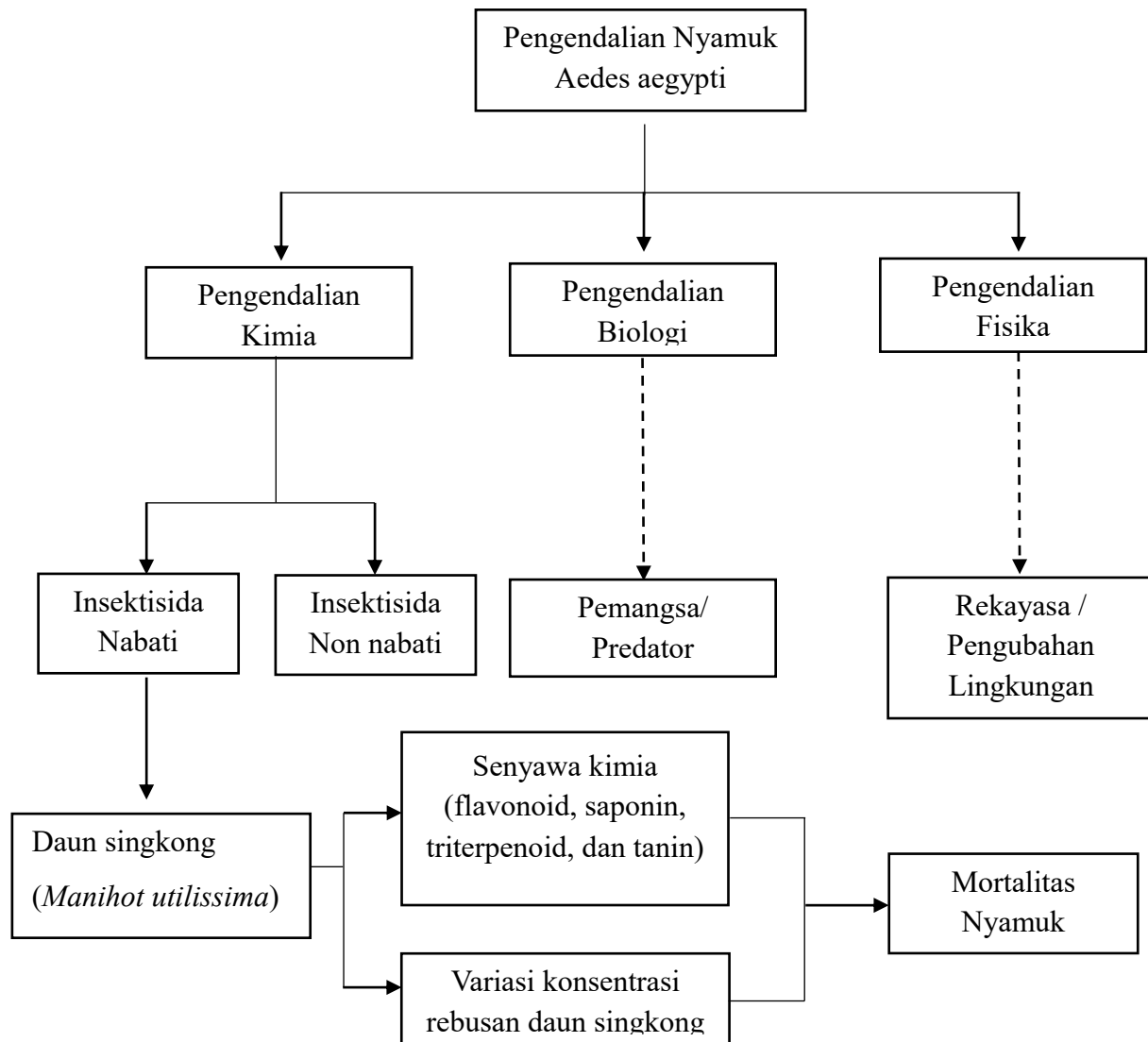
isoprenoid karena kerangka karbonnya serupa dengan senyawa isoprena. Secara kimia, terpenoid terdiri dari unit isoprena yang bisa berbentuk rantai terbuka atau siklik, dan dapat memiliki ikatan rangkap, gugus hidroksil, gugus karbonil, atau gugus fungsional lainnya. Salah satu turunannya adalah triterpenoid, yang tersusun dari enam unit isoprena (C_5) dan berasal dari hidrokarbon C_{30} asiklik, seperti skualena. Senyawa triterpenoid menunjukkan berbagai aktivitas farmakologi penting, antara lain sifat antivirus, antibakteri, antiinflamasi, kemampuan menghambat sintesis kolesterol, serta efek antikanker (Balafif et al., 2013). Sebuah penelitian menilai efektivitas rendaman daun singkong sebagai insektisida terhadap nyamuk *Aedes aegypti* dewasa menggunakan metode elektrik cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendaman daun singkong pada konsentrasi 39,32% (berat/volume) mampu menyebabkan kematian nyamuk rata-rata sebesar 46,25%. Namun, penelitian ini tidak secara spesifik menilai kontribusi triterpenoid terhadap efektivitas tersebut, karena daun singkong juga mengandung senyawa lain, seperti flavonoid dan saponin, yang turut berperan dalam aktivitas insektisidanya (Iftita, 2016). Meskipun triterpenoid telah berhasil diidentifikasi dalam daun singkong, peran spesifiknya serta konsentrasi efektifnya untuk membunuh nyamuk dewasa belum diketahui secara pasti. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk mengisolasi dan menilai peran triterpenoid dalam aktivitas insektisida terhadap nyamuk dewasa.

4) Tanin

Tanin merupakan senyawa yang dihasilkan dari proses metabolik sekunder dengan berat molekul melebihi 400, termasuk dalam kelompok senyawa fenolik yang sulit untuk dipisahkan dan membentuk kristal, serta dapat mengendapkan protein dari larutannya. Sebagai polifenol alami, tanin

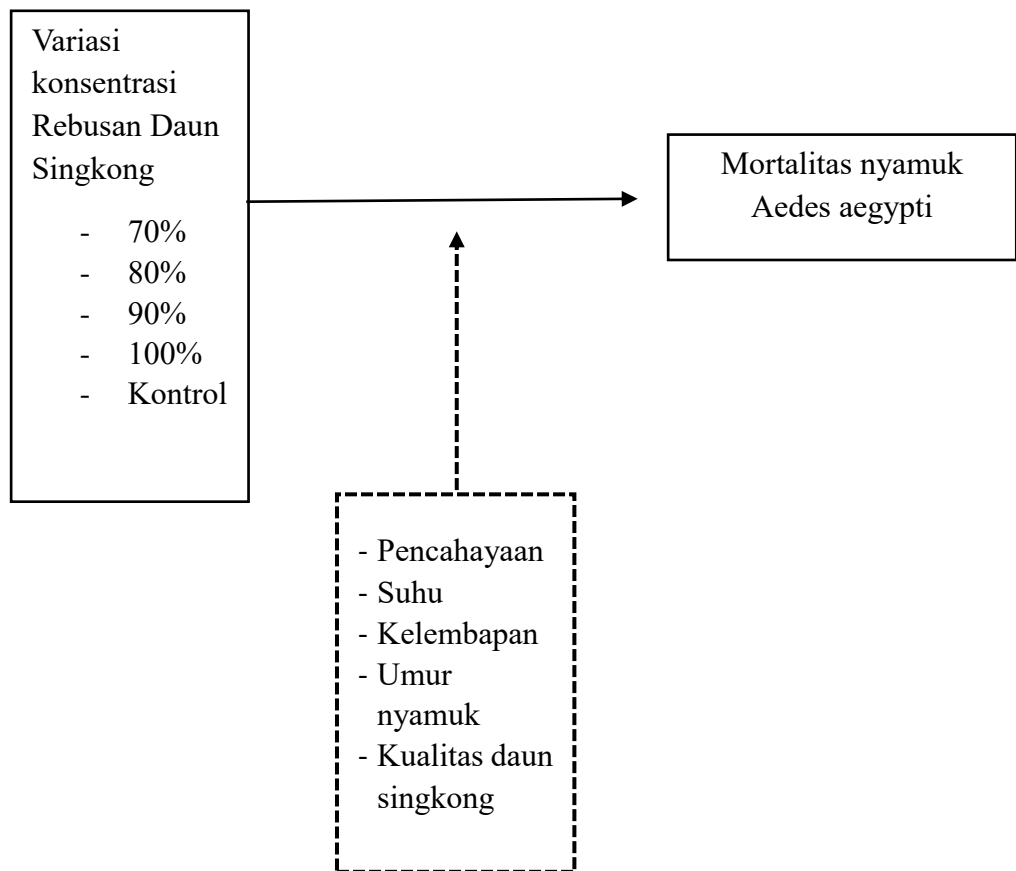
memberikan berbagai keuntungan seperti kemampuan untuk mengatasi diare, sifat antibakteri, dan juga memiliki efek antioksidan. Tanin dibedakan menjadi dua kategori, yaitu tanin yang terkondensasi (katekat) dan tanin yang terhidrolisis (galat). Senyawa ini dapat membunuh nyamuk dengan mengganggu sistem pencernaan atau metabolisme mereka. Tanin bersifat antimikroba dan memiliki toksisitas tertentu yang dapat merusak jaringan atau sel larva maupun nyamuk dewasa, sehingga menghambat pertumbuhan atau menimbulkan kematian. Selain itu, tanin juga dapat menghalangi proses makan atau menurunkan kemampuan nyamuk menyerap nutrisi, sehingga memengaruhi siklus hidupnya. Secara umum, tanin adalah polifenol yang mampu membentuk kompleks dengan protein, menghasilkan kopolimer yang tidak larut dalam air (Safitri et al., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa daun singkong (*Manihot esculenta*) mengandung tanin dengan kadar yang berbeda-beda tergantung pada varietas dan metode analisis. Salah satu studi melaporkan bahwa kandungan tanin dalam daun singkong mencapai 1,77% (Fibryansah et al., 2022). Selain itu, penelitian lain menyebutkan bahwa daun singkong kering mengandung tanin terkondensi sekitar 4,0% dari bahan kering. Perbedaan kadar ini kemungkinan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk metode pengolahan dan kondisi pertumbuhan tanaman.

2.3. Kerangka Teori



Gambar 2. 2 Kerangka Teori

2.4. Kerangka Konsep



Gambar 2. 3 *Kerangka Konsep*

Keterangan :

—————> : Diteliti

- - - - -> : Tidak diteliti