BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Tanaman Sirsak *(Anonna Muricata)*

Tanaman sirsak umumnya mencapai tinggi 3–10 meter dengan percabangan yang muncul relatif dekat dari permukaan tanah. Daunnya berbentuk memanjang menyerupai lanset atau oval terbalik dengan ujung yang meruncing pendek. Permukaan adaksial (bagian atas) berwarna hijau tua, sedangkan permukaan abaksial (bagian bawah) tampak hijau lebih muda. Kulit buah sirsak bertekstur berduri lunak; pada fase muda berwarna hijau dengan duri rapat, namun saat buah memasuki fase masak, warnanya berubah agak gelap, durinya melunak, dan jaraknya menjadi lebih renggang. Daging buah berwarna putih dengan banyak biji, sementara bunganya berwarna kuning dan memiliki bentuk kerucut yang tidak beraturan(Mayang, 2021).

Sirsak mampu tumbuh pada berbagai kondisi agroekologi, mulai dari wilayah dataran rendah (sekitar 0 mdpl) hingga ketinggian ±1.200 mdpl. Selain itu, spesies ini menunjukkan toleransi tinggi terhadap beragam tipe tanah—mulai dari tanah subur dengan drainase optimal hingga tanah marginal seperti tanah masam, kering, atau berpasir. Pertumbuhan optimal umumnya terjadi pada tanah dengan kisaran pH 5–7(Mayang, 2021).



Gambar 1. Tanaman Sirsak *(Anonna mucirata)*

Sumber : (Saddoen, 2025)

a. Klasifikasi Daun Sirsak *(Annona muricata)*

Tumbuhan Sirsak dalam sistematika tumbuhan (taksonomi) diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Spermatophyta*
Subdivisi : *Angiospermae*
Kelas : *Dicotyledonae*
Ordo : *Polycarpiceae*
Famili : *Annonaceae*
Genus : *Annona*
Spesies : *Annona muricata L* (Mayang, 2021)

b. Morfologi Daun Sirsak *(Annona muricata)*

Morfologi daun sirsak berbentuk bulat memanjang dengan susunan menyirip, ujung daun meruncing, permukaan mengkilap, dan warnanya bervariasi dari hijau muda hingga hijau tua. Setiap bunga memiliki banyak putik sehingga disebut sebagai bunga berpistil majemuk. Beberapa bunga tersusun dalam lingkaran, sedangkan yang lain membentuk spiral atau tersebar, disusun secara hemisiklis. Mahkota bunga terdiri dari enam sepalum yang tersusun dalam dua lingkaran, berbentuk hampir segitiga, tebal, kaku, berwarna kuning hingga putih kekuningan, dan akan mekar serta terlepas dari dasar bunga saat tua. Bunga biasanya tumbuh dari ketiak daun, cabang, ranting, atau batang dan bersifat sempurna.



Gambar 2. Daun Sirsak *(Anonna mucirata)*
Sumber : (Saddoen, 2025)

c. Kandungan Kimia Senyawa Daun Sirsak *(Annona muricata)*

Kandungan senyawa kimia yang terdapat pada daun sirsak sebagai berikut (Prehatin, 2023):

1. Alkaloid

Alkaloid merupakan senyawa organik berazot yang umumnya menunjukkan aktivitas biologis signifikan. Pada daun sirsak, kelompok senyawa ini diketahui memiliki efek analgesik, antimikroba, serta antikanker. Alkaloid seperti sitosterol, annonine, dan senyawa terkait lainnya berkontribusi terhadap efek farmakologis daun sirsak dengan kemampuan menghambat proliferasi mikroorganisme maupun sel kanker.

2. Tanin

Tanin adalah senyawa fenolik yang bersifat astringen serta memiliki aktivitas antiinflamasi, antibakteri, dan antiseptik. Senyawa ini mampu berikatan dengan protein dan membentuk kompleks yang dapat menonaktifkan enzim mikroba, sehingga efektif dalam mengatasi infeksi serta meredakan peradangan.

3. Saponin

Saponin merupakan senyawa glikosida yang dicirikan oleh kemampuannya membentuk busa ketika dikocok. Saponin berfungsi sebagai agen farmakologis dengan sifat antiinflamasi, antimikroba, dan imunostimulan. Dalam ekstrak daun sirsak, saponin juga mendukung aktivitas antibakteri serta membantu melarutkan senyawa aktif lainnya.

4. Steroid

Steroid adalah senyawa organik bersifat siklik yang umumnya terlibat dalam fungsi hormonal dan memiliki kemampuan farmakologis seperti antiinflamasi dan imunomodulator. Pada daun sirsak, senyawa steroid bertindak sebagai komponen bioaktif yang memperkuat efek terapeutik ekstraknya.

5. Flavonoid

Flavonoid merupakan kelompok senyawa fenolik yang dikenal luas karena aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba. Senyawa ini berperan dalam melindungi sel dari kerusakan akibat stres oksidatif dan memiliki potensi sebagai

agen pencegah berbagai penyakit degeneratif, termasuk kanker dan infeksi (Prehatin, 2023)

2. Daun Kemangi *(Ocimum Sanctum)*

Kemangi (Ocimum sanctum) merupakan salah satu jenis basil terbesar di dunia, baik dari segi bentuk maupun produksi minyak esensialnya. Minyak yang dihasilkan tanaman ini banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi serta parfum. Secara morfologi, kemangi memiliki batang tegak yang bercabang dengan tinggi antara 0,6–0,9 meter, dan batang serta cabangnya berwarna hijau atau kadang sedikit keunguan. Ekstrak kemangi juga diketahui memiliki efek sebagai penolak nyamuk, mampu mencegah gigitan nyamuk *Aedes aegypti* hingga 100% selama 1,5 jam dan 70% hingga 3,5 jam, bahkan lebih efektif dibandingkan *Jatropha curcas* dan *Citrus lemon (Suja et al., 2022).*



Gambar 3. Tanaman Kemangi *(Ocimum sanctum)*

Sumber : (Wikipedia, 2025)

a. Klasifikasi Daun Kemangi *(Ocimum sanctum)*

Sistematika daun kemangi diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Tubiflorae

Famili : *Labiatae (Lamiaceae)*

Spesies : *Ocimum sanctum*

b. Morfologi Daun Kemangi *(Ocimum sanctum)*

Daun kemangi merupakan tanaman semak perdu yang cukup lebat dan rimbun. Tanaman ini sangat harum, bercabang banyak dan tumbuh tegak hingga tingginya mencapai 1,5 meter. Spesifikasi tanaman kemangi sebagai berikut(Prehatin, 2023):

1) Akar

Akarnya tunggang. Akar pada tanaman kemangi hutan terdiri dari bulu akar untuk menyerap air dalam tanah dan tudung akar untuk melindungi ujung akar yang akan merambat. Akar tanaman bewarna putih dengan system perakaran tanaman kemangi menyebar ke segala arah.

2) Batang

Batang berkayu, berbentuk segi empat, berbuku-buku dan beralur. Bercabang banyak di bagian atas, berbulu, dan berwarna hijau tua atau hijau keungguan. Batang muda berwarna hijau muda, ungu muda atau ungu tua namun setelah tua berubah menjadi kecoklat-coklatan. Batang mencapai ketinggian 30-150 cm. Pada tiap buku batang dan cabang melekat daun secara berhadap-hadapan.

3) Bunga

Bunga tersusun pada tangkai bunga berbentuk menegak. Jenis bunga hemafrodit, bewarna putih dan berbau wangi. Bunga berbentuk majemuk, diujung terdapat daun pelindung berbentuk elips dengan Panjang 0,5 1 cm. kelopak bunga berbentuk bibir, sisi luar berambut memiliki kelenjar, bewarna hijau ungu, dan Menyusun buah. Mahkota bunga bewarna putih dengan benang sari tersisip didasar mahkota bewarna kuning.

4) Daun

Daunnya tunggal dan berwarna hijau, bersilang, dengan tangkai daun 0,5-2 cm, helaian daun berbentuk elips, ujungnya runcing, berbintik-bintik serupa kelenjar, pangkal tumpul tepi bergerigi, dan daun menyirip. Panjang 14-16 mm, lebar 3-6 mm. tangkai kurang lebih 1 cm.

5) Biji

Biji ukurannya kecil, keras dan berbentuk bulat telur atau bulat panjang dengan diameter 1 mm. Biji muda berwarna putih. setelah tua berwarna coklat atau hitam apabila biji di masukan dalam air akan mengembang.

6) Buah

Memiliki buah dengan bentuk kotak berwarna coklat tua. tegak, dan tertekan, ujung berbentuk kait melingkar. Panjang kelopak buah 6-9 mm.

c. Kandungan Senyawa Kimia Daun Kemangi (Ocimum Sanctum)

Kandungan senyawa kimia yang terdapat pada daun kemangi sebagai berikut(Pravitri, 2017):

1) Flavonoid

Flavonoid merupakan senyawa yang banyak terdapat pada tumbuhan hijau yang merupakan senyawa polifenol alam. terbesar terutama dalam bentuk glikosida baik sebagai C- maupun O-glikosida. Senyawa flavonoid umumnya bersifat antoioksidan, zat antioksidan merupakan kemampuan suatu zat yang mudah teroksidasi, sehingga oksigen akan mengoksidasi senyawa antioksidan. Senyawa flovanoid mampu mempengaruhi titer hormon juvenil dalam tubuh *Aedes aegypti* dan akan membuat pengaruh pada perkembangan serangga dari telur menjadi larva. Proses penghambatan terhadap daya tetas telur *Aedes aegypti* diduga terjadi karena masuknya zat aktif flavonoid kedalam telur melalui proses difusi pada bagian permukaan cangkang melalui titik-titik polygonal yang terdapat pada seluruh permukaan telur. Masuknya zat aktif insektisida disebabkan potensial permukaan telur. Masukmya zat aktif insektisida disebabkan oleh potensial insektisida dalam air yang berada di lingkungan luar telur lebih tinggi (hipertonis) dari pada potensial air yang terdapat didalam telur (hipotonis). Masukya zat aktif insektisida ke dalam telur akan menggangu proses metabolisme dan menyebabkan berbagai macam pengaruh terhadap telur.

2) Saponin

Saponin juga merupakan entomotoxicity mekanisme kerja ini terjadi ketika flavonoid telah merusak cangkang telur sehingga nantinya senyawa aktif saponin

akan masuk kedalam telur yang dapat menghambat perkembangan telur menjadi larva dengan cara merusak membran telur dan menyebabkan gangguan perkembangan pada telur *Aedes aegypti* yang berujung pada kegagalan telur menetas menjadi larva.

3) Alkaloid

Alkoloid merupakan golongan senyawa sekunder yang banyak di temukan pada golongan tumbuhan tingkat tinggi yang memiliki susunan struktur dasar berupa basa nitrogen yaitu satu atau dua atom nitrogen, alkoloid biasanya tidak berwarna. Proses penghambatan daya tetas telur *Aedes aegypti* terjadi karena alkoloid yang masuk menyebabkan proses metabolisme telur terganggu. Alkaloid juga memiliki peranan yaitu dapat mendegradasi membran sel telur masuk ke dalam sel telur dan merusak sel telur.

4) Terpenoid

Terpenoid merupakan salah satu golongan senyawa metabolit sekunder yang banyak terkandung dalam tumbuhan memiliki susunan struktur dasar berupa hasa nitrogen yaitu satu atau dua atom nitrogen, terpenoid Senyawa sebagai juvenil hormone yang dapat menghambat perkembangan telur menjadi larva.

5) Tanin

Senyawa tanin merupakan senyawa yang termasuk golongan senyawa flavonoid, Mekanisme kerja senyawa tanin yang terkandung dalam daun kemangi mempunyai aktivitas larvasida dengan cara merusak lapisan luar korion telur sehingga proses pembelahan sel telur akan terhambat dan telur tidak akan menetas menjadi larva.

6) Minyak Atsiri

Minyak atsiri mempunyai potensi sebagai larvasida dan hormone juvenil yang menghambat perkembang biakan larva/jentik nyamuk Aedes aegypti. Minyak atsiri merupakan senyawa yang dapat berperan dalam proses penghambatan perubahan telur menjadi larva/jentik.

3. Nyamuk Aedes Aegypti

Aedes aegypti adalah spesies nyamuk yang berperan sebagai vektor virus *dengue*, penyebab penyakit demam berdarah. Jangkauan penyebaran nyamuk dan

jentiknya sangat luas, mencakup hampir seluruh wilayah tropis di dunia. Sebagai vektor utama (primary vector) virus *dengue*, *Aedes aegypti* memegang peranan penting dalam mempertahankan rantai penularan *dengue* baik di lingkungan pedesaan maupun perkotaan (Nurwahidah et al., 2024)

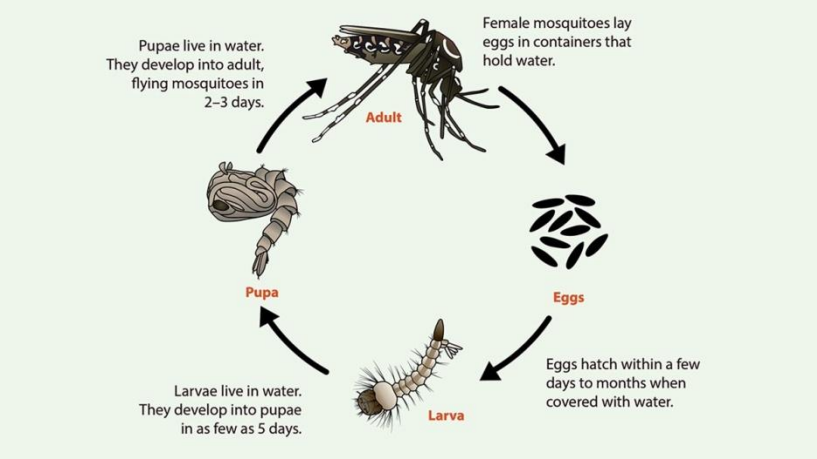
a. Klasifikasi Nyamuk *Aedes aegypti*

Urutan klasifikasi dari nyamuk *Aedes aegypti* adalah sebagai berikut :

Kingdom	*: Animalia*
Phylum	*: Arthropoda*
Sub Phylum	*: Mandibulata*
Kelas	*: Insecta*
Sub Kelas	*: Pterygota Ordo*
Diptera Sub Ordo	*: Nematocera*
Famili	*: Culicidae*
Sub family	*: Culicinae*
Genus	*: Aedes*
Sub Genus	*: Ategomia*
Species	*: Aedes aegypti*

b. Siklus Hidup Nyamuk *Aedes aegypti*

Berikut merupakan siklus hidup nyamuk *aedes aegypti*:



Gambar 4. Fase Pertumbuhan Nyamuk *Aedes aegypti*

Sumber : (CDC, 2024)

Siklus hidup *Aedes aegypti* berlangsung melalui proses metamorfosis sempurna (holometabola), yang terdiri atas tahap telur, larva (jentik), pupa, dan imago atau dewasa. Tahap larva dan pupa memerlukan keberadaan air untuk dapat bertahan hidup, sementara telur mampu bertahan dalam jangka waktu lama tanpa air, asalkan tetap berada pada kondisi lingkungan yang lembab.

1) Telur

Telur *Aedes aegypti* memiliki bentuk elips atau oval memanjang dengan warna hitam dan ukuran sekitar 0,5–0,8 mm. Permukaannya bercorak poligonal, tidak memiliki struktur penampung, serta diletakkan secara terpisah pada benda yang mengapung atau pada dinding bagian dalam tempat penampungan air (TPA) yang bersinggungan langsung dengan permukaan air. Berdasarkan laporan, sekitar 85% telur yang diletakkan akan menempel pada dinding TPA, sedangkan sekitar 15% lainnya jatuh ke permukaan air.



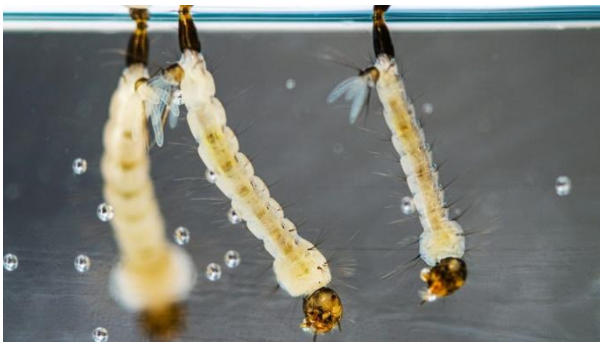
Gambar 5. Telur *Aedes aegypti*

Sumber : (CDC, 2024)

2) Larva

Larva *Aedes aegypti* memiliki tubuh memanjang tanpa kaki dan dilengkapi bulu-bulu sederhana yang tersusun secara simetris bilateral. Pada tahap pertumbuhan dan perkembangannya, larva mengalami empat kali pergantian kulit (edysis), sehingga dikenal sebagai larva instar I, II, III, dan IV secara berurutan. Larva instar I berukuran sangat kecil, berwarna transparan, panjang 1–2 mm, dengan duri (spinae) pada bagian dada (thorax) yang belum tampak jelas, serta corong pernapasan (siphon) yang belum berwarna gelap. Pada instar II, ukuran tubuh bertambah menjadi sekitar 2,5–3,9 mm, duri pada thorax masih belum tegas, namun siphon sudah tampak

berwarna hitam. Larva instar IV menunjukkan struktur anatomi yang telah berkembang sempurna, sehingga bagian tubuhnya dapat dibedakan dengan jelas menjadi kepala (cephalo), dada (thorax), dan perut (abdomen)(Handiny et al., 2020).



Gambar 6. Larva *Aedes aegypti*

Sumber : (CDC, 2024)

3) Pupa

Pupa *Aedes aegypti* memiliki tubuh melengkung dengan bagian kepala-dada (cephalothorax) yang berukuran lebih besar dibandingkan bagian perut, sehingga menyerupai bentuk tanda koma. Pada bagian dorsal thorax terdapat struktur pernapasan berbentuk seperti terompet. Selain itu, pada ruas perut kedelapan terdapat sepasang alat penggerak yang berfungsi membantu pupa berenang.



Gambar 7. Pupa *Aedes aegypti*

Sumber : (CDC, 2024)

4) Nyamuk Dewasa

Nyamuk *Aedes aegypti* dewasa terdiri atas tiga bagian utama, yaitu kepala (caput), dada (thorax), dan perut (abdomen). Warna tubuhnya dominan hitam dengan bercak serta garis-garis putih, yang paling jelas terlihat pada bagian kakinya.



Gambar 8. Nyamuk *Aedes aegypti*

Sumber : (Kemenkes, 2022)

c. Bionomik Nyamuk *Aedes aegypti*

1). Morfologi

Nyamuk *Aedes aegypti* berukuran kecil, sekitar 5–10 mm. Tubuhnya berwarna hitam dengan pola garis putih keperakan pada bagian punggung, sehingga dikenal sebagai *Black White Mosquito* atau *Tiger Mosquito*. Nyamuk betinanya memiliki probosis yang panjang dan halus untuk mengisap darah.

Bagian-bagian tubuh nyamuk Aedes aegypti (Chahaya et al., 2024):

a) Kepala

Pada bagian kepala terdapat mata, probosis, dan antena. Matanya berwarna hitam dan berbentuk menyerupai kacang almond. Probosis berfungsi untuk mengisap darah, sedangkan antena digunakan untuk mengenali bau serta suhu tubuh manusia.

b) Dada

Dada nyamuk terdiri atas tiga segmen: prototoraks, mesotoraks, dan metatoraks. Pada prototoraks terdapat sepasang sayap dan antena, mesotoraks membawa sepasang sayap dan kaki depan, sementara metatoraks memuat sepasang kaki belakang.

c) Perut

Perut nyamuk tersusun dari sepuluh segmen. Segmen pertama hingga ketujuh berisi organ pencernaan, segmen kedelapan merupakan tempat organ reproduksi betina, dan segmen kesembilan serta kesepuluh berisi organ reproduksi jantan.

2) Tempat Perindukan

Nyamuk *Aedes aegypti* berkembang biak pada wadah berisi air bersih yang tidak bersentuhan dengan tanah dan tidak terkena sinar matahari langsung. Lokasi perindukannya biasanya berada di sekitar rumah, tidak memiliki kontak langsung dengan tanah, serta berjarak kurang dari 500 meter dari area tempat tinggal manusia. Tempat-tempat yang dapat menjadi lokasi berkembang biak *Aedes aegypti* meliputi:

a) Wadah penyimpanan air untuk kebutuhan harian, seperti bak mandi, ember, drum, dan tangki air.
b) Wadah penampungan air alami, seperti genangan air hujan, lubang pada batang pohon, pelepah daun, tempurung kelapa, atau potongan bambu.
c) Wadah penampungan air buatan, seperti ban bekas, botol plastik, pot tanaman, dan kaleng bekas.

Nyamuk *Aedes aegypti* lebih menyukai air yang tergenang dibandingkan air yang mengalir. Mereka juga cenderung memilih tempat yang banyak menyediakan area berlindung, seperti semak, dedaunan, atau tumpukan sampah. Kondisi tersebut sangat ideal bagi mereka untuk meletakkan telur dan melanjutkan siklus hidupnya. Telur diletakkan dalam susunan menyerupai rakit dan melekat pada dinding wadah melalui lapisan lengket yang dihasilkan oleh nyamuk betina. Telur-telur ini dapat bertahan meski dalam keadaan kering, lalu akan menetas ketika kembali terendam air. Setelah menetas, telur berkembang menjadi larva dan hidup di dalam air. Larva *Aedes aegypti* memiliki tubuh bersegmen dengan kepala yang relatif besar. Mereka memakan partikel organik dalam air dan tumbuh hingga akhirnya berubah menjadi pupa. Pada tahap pupa, nyamuk tidak makan dan tetap berada di air, mempersiapkan diri menjadi nyamuk dewasa.Nyamuk betina dewasa membutuhkan darah manusia atau hewan sebagai sumber protein untuk pembentukan telurnya, sedangkan nyamuk jantan hanya memakan nektar atau sari bunga. Tahap dewasa inilah yang berperan dalam penularan penyakit, sebab nyamuk dapat menggigit seseorang yang terinfeksi virus *dengue* dan kemudian menyebarkannya kepada orang lain (Chahaya et al., 2024)

3) Tempat Istirahat

Nyamuk Aedes aegypti, khususnya individu betina, membutuhkan lokasi istirahat yang optimal untuk mempertahankan kelangsungan hidup serta melanjutkan siklus biologisnya. Tempat-tempat ini berfungsi sebagai area perlindungan, pemulihan energi, dan sarana untuk menghindari faktor lingkungan yang merugikan, termasuk keberadaan predator. Adapun beberapa lokasi istirahat yang umum digunakan oleh *Aedes aegypti* antara lain:

a) Ruang dalam (*indoor*)

Nyamuk *Aedes aegypti* sering ditemukan beristirahat di dalam bangunan, terutama pada ruang-ruang yang gelap dan memiliki kelembapan tinggi, seperti kamar tidur, kamar mandi, dan ruang bawah tanah. Individu nyamuk biasanya bersembunyi di balik perabot rumah tangga, di dalam lemari, serta pada sudut-sudut ruangan yang minim pencahayaan.

b) Ruang luar (*outdoor*)

Di luar ruangan, nyamuk ini memilih tempat yang memberikan perlindungan dari paparan sinar matahari langsung, misalnya di balik vegetasi, tumpukan kayu, atau barang-barang yang tidak terpakai.

Karakteristik utama lokasi istirahat *Aedes aegypti* meliputi:

a) Area dengan intensitas cahaya rendah

Tempat yang gelap dipilih nyamuk untuk menghindari predator alami, seperti capung, ikan, dan amfibi.

b) Area dengan kelembapan tinggi

Nyamuk membutuhkan kondisi lembap untuk mempertahankan keseimbangan kelembapan tubuh. Kemampuan bertahan hidupnya menurun dalam kondisi kering, menjadikan spesies ini sangat sensitif terhadap tingkat kelembapan lingkungan.

c) Area yang terlindung dari sinar matahari langsung

Lokasi yang teduh membantu nyamuk terhindar dari dehidrasi dan menjaga stabilitas fisiologis tubuhnya.

Keberadaan tempat istirahat ini memiliki implikasi penting dalam epidemiologi demam berdarah *dengue* (DBD). Ketika nyamuk beristirahat di dalam atau di sekitar permukiman, peluangnya untuk kembali menggigit manusia

meningkat, sehingga memperbesar potensi penularan virus *dengue*. Oleh karena itu, identifikasi dan pengelolaan tempat istirahat *Aedes aegypti* sangat penting dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit (Chahaya et al., 2024)

4) Kebiasaan Menggigit

Nyamuk *Aedes aegypti* dewasa umumnya melakukan aktivitas menggigit pada pagi dan sore hari, dengan puncak aktivitas terjadi sekitar pukul 10.00 pada pagi hari dan antara pukul 16.00–17.00 pada sore hari. Dalam setiap siklus gonotropiknya, nyamuk betina dapat mengambil darah berkali-kali, sehingga meningkatkan perannya sebagai vektor yang sangat efisien dalam penularan demam berdarah *dengue* (DBD).

Nyamuk betina *Aedes aegypti* tergolong organisme hematofag, yaitu hewan yang memperoleh nutrisi dari darah. Meskipun dapat mengisap darah berbagai hewan berdarah panas, spesies ini memiliki preferensi yang kuat terhadap manusia (bersifat antropofilik) untuk memenuhi kebutuhan protein yang diperlukan dalam proses pematangan telur dan oviposisi. Perilaku ini membedakannya dari nyamuk jantan yang hanya mengonsumsi nektar dan sari bunga.

Nyamuk betina *Aedes aegypti* cenderung menggigit pada area kulit yang tipis, seperti pergelangan kaki, pergelangan tangan, serta bagian sekitar wajah. Pada area tersebut, pembuluh darah lebih dekat dengan permukaan kulit sehingga lebih mudah diakses oleh probosis nyamuk. Kondisi ini meningkatkan risiko individu untuk mengalami gigitan nyamuk vektor dan berpotensi terpapar virus *dengue* (Chahaya et al., 2024)

5) Jarak Terbang

Nyamuk betina *Aedes aegypti* mampu menempuh jarak terbang hingga sekitar 400 meter, meskipun rata-rata jarak yang ditempuh berkisar antara 50–100 meter. Secara umum, spesies ini memiliki kemampuan jelajah yang relatif terbatas dibandingkan dengan beberapa jenis nyamuk lainnya, dengan estimasi jarak terbang sepanjang 100–200 meter selama masa hidupnya. Walaupun demikian, jarak terbang yang tidak terlalu jauh ini tetap memungkinkan *Aedes aegypti* berperan sebagai vektor utama demam berdarah *dengue* (DBD). Hal ini disebabkan oleh kecenderungan nyamuk untuk mencari sumber darah pada manusia atau hewan yang

berada di sekitar lokasi perindukan. Dengan demikian, jarak terbang yang terbatas pun sudah cukup untuk mencapai individu yang rentan dan berpotensi terinfeksi. Beberapa faktor yang memengaruhi jarak terbang *Aedes aegypti* antara lain:

a) Usia nyamuk

Nyamuk yang berusia lebih tua umumnya memiliki kemampuan terbang yang lebih jauh dibandingkan yang berumur lebih muda.

b) Suhu udara

Aktivitas terbang *Aedes aegypti* meningkat pada kondisi suhu hangat. Spesies ini dapat bertahan hidup pada kisaran suhu 20°C–30°C, dengan suhu optimal berada pada rentang 25°C–27°C.

c) Angin

Kondisi angin dapat membantu memperluas jangkauan terbang nyamuk, sehingga meningkatkan potensi penyebaran virus *dengue*. Semakin jauh jarak terbang nyamuk, semakin besar pula kemungkinan terjadinya penularan DBD pada populasi manusia (Chahaya et al., 2024)

4. Pengendalian Nyamuk Aedes aegypti

Pengendalian *Aedes aegypti* merupakan upaya yang sangat krusial karena spesies ini menjadi vektor utama berbagai penyakit penting, seperti zika, chikungunya, dan demam berdarah *dengue* (DBD). Berbagai strategi pengendalian dapat diterapkan untuk menekan populasi nyamuk serta mencegah transmisi penyakit DBD. Pendekatan tersebut mencakup beragam metode yang dirancang untuk mengurangi keberadaan vektor dan meminimalkan risiko penularan.(Chahaya et al., 2024)

a. Pengendalian Fisik

Metode pengendalian fisik merupakan pendekatan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam menekan populasi *Aedes aegypti*, karena tidak melibatkan penggunaan bahan kimia maupun insektisida. Pendekatan ini dilakukan dengan memanfaatkan tindakan-tindakan fisik yang efektif dalam mengurangi peluang nyamuk untuk berkembang biak maupun bertahan hidup. Beberapa strategi pengendalian fisik terhadap vektor DBD antara lain (Chahaya et al., 2024):

1) Eliminasi tempat perindukan nyamuk

Salah satu tindakan utama dalam pengendalian fisik adalah menghilangkan wadah yang berpotensi menjadi lokasi peletakan telur dan perkembangan larva, seperti ember, pot tanaman, bak mandi, serta berbagai wadah yang memungkinkan terjadinya genangan air. Dengan meniadakan tempat-tempat tersebut, telur nyamuk tidak memiliki media untuk menetas sehingga siklus hidupnya dapat terputus.

2) Perbaikan sistem penyimpanan air

Pengelolaan air yang baik, termasuk memastikan bahwa tangki penyimpanan air, wadah penampung air hujan, dan sejenisnya tertutup rapat, merupakan langkah penting dalam mencegah terbentuknya genangan. Penutupan yang baik akan menghalangi nyamuk betina untuk bertelur pada wadah tersebut.

3) Pemanfaatan larvivora

Pengendalian alami dapat dilakukan dengan memasukkan organisme pemakan larva ke lokasi perindukan. Ikan seperti manvis (*Pterophyllum altum*) dan cupang hias (*Betta splendens crown tail*) telah diketahui mampu menekan populasi larva *Aedes aegypti*. Selain itu, serangga seperti capung juga berperan sebagai predator karena larvanya dapat memangsa jentik nyamuk.

4) Penggunaan perangkap nyamuk

Perangkap sederhana dapat dimanfaatkan untuk mengurangi keberadaan nyamuk dewasa. Sebagaimana dijelaskan dalam penelitian Muin et al. (2021), botol plastik bekas yang berisi fermentasi larutan gula dapat menarik nyamuk apabila ditempatkan pada area gelap seperti di bawah tempat tidur atau sudut ruangan.

5) Pemanfaatan perangkat pengusir nyamuk

Alat-alat seperti kipas angin dan lampu pengusir nyamuk dapat membantu mengurangi kepadatan nyamuk di dalam ruangan. Meskipun tidak secara langsung menurunkan populasi nyamuk, perangkat ini berkontribusi dalam menekan aktivitas nyamuk sehingga risiko kontak dengan manusia menjadi lebih rendah.

b. Pengendalian Biologi

Dalam upaya mencegah penyakit yang ditularkan oleh *Aedes aegypti*, penggunaan larvasida alami menjadi metode pengendalian yang semakin diutamakan.

Larvasida alami bekerja tanpa memanfaatkan bahan kimia sintetis, melainkan menggunakan senyawa yang bersumber dari tumbuhan. Keunggulan utama larvasida berbahan nabati adalah sifatnya yang lebih aman bagi manusia dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Penelitian yang dilakukan oleh Maulana et al. (2021) menunjukkan bahwa larvasida alami memiliki efektivitas tinggi, aman digunakan, dan mampu memberikan efek yang bertahan lama dan tidak meninggalkan residu berbahaya yang berpotensi mencemari air maupun lingkungan sekitar.

Dari berbagai studi tersebut, jelas bahwa banyak penelitian telah dikembangkan untuk mengidentifikasi tanaman yang memiliki potensi kuat sebagai larvasida alami. Namun demikian, penggunaan larvasida berbahan alam juga menghadapi kendala, terutama terkait ketersediaan bahan baku. Oleh sebab itu, penelitian terus dilakukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan larvasida alami dalam mengendalikan populasi *Aedes aegypti*. Eksplorasi secara berkelanjutan terhadap agen larvasida alami diharapkan dapat menekan risiko penularan penyakit yang ditularkan melalui vektor DBD, meningkatkan keamanan lingkungan, serta menghasilkan solusi pengendalian yang efektif dan berkelanjutan dalam jangka panjang (Chahaya et al., 2024)

c.Pengendalian Kimia

Salah satu pendekatan yang telah diterapkan secara luas untuk mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan oleh *Aedes aegypti* adalah penggunaan larvasida kimia untuk menekan populasi nyamuk. Namun, pemanfaatan larvasida kimia perlu dilakukan secara selektif dan berhati-hati, karena penggunaan yang tidak tepat berpotensi menimbulkan efek negatif terhadap kesehatan manusia serta lingkungan. Penggunaan larvasida kimia secara dapat menyebabkan kontaminasi pada sumber air, termasuk air minum (L. Ernawati et al., 2022). Oleh karena itu, strategi pengendalian nyamuk yang efektif sebaiknya mengombinasikan penggunaan larvasida kimia dengan metode lain, seperti eliminasi tempat-tempat perkembangbiakan nyamuk serta peningkatan edukasi dan kesadaran masyarakat. Integrasi pendekatan tersebut diyakini dapat meningkatkan efektivitas pengendalian populasi *Aedes aegypti*.

Beberapa contoh larvasida kimia yang umum digunakan antara lain (Chahaya et al., 2024):

1) Temephos

Temephos merupakan senyawa kimia yang umum digunakan dalam bentuk granul untuk mengendalikan larva *Aedes aegypti*. Temephos menunjukkan efektivitas dalam menghentikan perkembangan larva di perairan dan memiliki dampak lingkungan yang relatif minimal bila diterapkan sesuai prosedur. Namun, penggunaan temephos secara berulang berpotensi menimbulkan resistensi pada populasi *Aedes aegypti*, sehingga efektivitasnya dapat menurun dalam jangka waktu yang panjang

2) Methoprene

Methoprene merupakan larvasida kimia yang digunakan untuk mengendalikan larva *Aedes aegypti* dengan mekanisme kerja berupa penghambatan proses perkembangan larva, sehingga larva tidak dapat mengalami metamorfosis menjadi nyamuk dewasa.

3) Bacillus thuringiensis israelensis (BTI)

Bacillus thuringiensis israelensis (BTI) merupakan agen pengendali hayati yang digunakan untuk mengontrol larva nyamuk. BTI berfungsi sebagai produsen toksin yang mampu membunuh larva nyamuk, sekaligus tetap aman bagi manusia dan hewan.

5. Demam Berdarah *Dengue* (Dbd)

a. Definisi

Demam Berdarah *Dengue* (DBD) merupakan penyakit akut yang termasuk dalam kategori penyakit yang ditularkan oleh vektor (*vector-borne disease*), yang penularannya terjadi melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* yang membawa virus *dengue* (DENV). Penyakit ini umumnya ditemukan di wilayah beriklim tropis dan subtropis (Chahaya et al., 2024)

b. Faktor Risiko

Beberapa faktor risiko yang dapat memengaruhi terjadinya penyakit demam berdarah di antaranya:

1) Usia

Semua kelompok usia berisiko terhadap infeksi Demam Berdarah *Dengue* (DBD). Anak-anak menunjukkan kerentanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan orang dewasa, hal ini dikarenakan sistem imun mereka, termasuk produksi antibodi spesifik terhadap antigen, masih dalam tahap perkembangan sehingga meningkatkan risiko terjadinya infeksi. Salah satu indikator laboratorium untuk diagnosis DBD adalah trombositopenia, yaitu kondisi penurunan jumlah atau fungsi trombosit yang dapat menimbulkan perdarahan dan memperberat perjalanan penyakit. Trombositopenia dapat terjadi pada seluruh rentang usia, namun prevalensinya lebih tinggi pada kelompok usia lanjut, yaitu antara 46 hingga 65 tahun (Chahaya et al., 2024).

2) Faktor Genetik

Bionomik nyamuk Aedes sp. merujuk pada studi mengenai karakteristik biologis dan perilaku dari genus Aedes, termasuk *Aedes aegypti* dan Aedes albopictus. Genus ini memiliki peranan penting sebagai vektor dalam penularan penyakit seperti chikungunya, zika, dan demam berdarah *dengue* (DBD). Kajian bionomik nyamuk Aedes mencakup informasi terkait siklus hidup, habitat, kebiasaan hematofag, serta kapasitasnya sebagai penyebar penyakit.

Infeksi virus *dengue* dengan serotipe berbeda pada nyamuk Aedes aegypti, yang dipengaruhi oleh aspek bionomiknya, dapat memengaruhi tingkat keparahan penyakit DBD. Serotipe DEN-3 dikenal memiliki virulensi tertinggi, dan tingkat virulensi dapat meningkat apabila terjadi replikasi virus dalam tubuh manusia maupun nyamuk akibat mutasi atau perubahan genetik pada virus *dengue* (Chahaya et al., 2024).

3) Kondisi Kesehatan

Keparahan demam berdarah *dengue* (DBD) dapat meningkat pada individu dengan kondisi kesehatan yang menurun, seperti penyakit kronis atau gangguan sistem imun. Berbagai kondisi medis dapat memengaruhi kerentanan seseorang terhadap infeksi virus *dengue*. Penyakit kronis, termasuk diabetes, penyakit jantung, dan penyakit ginjal, meningkatkan risiko komplikasi akibat infeksi virus *dengue*. Selain itu, sistem kekebalan tubuh yang melemah, seperti pada infeksi HIV atau

penyakit autoimun, menurunkan kemampuan tubuh untuk mengatasi infeksi, sehingga meningkatkan kemungkinan berkembangnya DBD. Gangguan imun seperti lupus, rheumatoid arthritis, atau penyakit autoimun lainnya juga dapat memengaruhi respons tubuh terhadap infeksi virus *dengue*.

Selain faktor medis, status gizi yang buruk atau defisiensi nutrisi dapat memperlemah respons imun terhadap infeksi dan meningkatkan risiko DBD. Hal ini didukung oleh penelitian Maneerattanasak & Suwanbamrung (2020) yang menunjukkan bahwa malnutrisi dapat berperan dalam meningkatkan tingkat keparahan pada pasien DBD (Chahaya et al., 2024).

4) Faktor Lingkungan Fisik

Iklim tropis dan subtropis menciptakan kondisi yang kondusif bagi perkembangan nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor penular penyakit demam berdarah *dengue* (DBD). Faktor iklim memengaruhi lingkungan fisik, termasuk curah hujan, kelembapan, dan suhu, yang dapat meningkatkan aktivitas nyamuk serta risiko transmisi DBD. Curah hujan yang tinggi menyebabkan terbentuknya genangan air pada berbagai wadah, seperti ban bekas, ember, dan pot bunga, yang berfungsi sebagai tempat perindukan nyamuk. Kelembapan tinggi, berkisar antara 60% hingga 80%, diketahui merupakan kondisi optimal bagi perkembangbiakan nyamuk. Selain itu, peningkatan suhu udara dapat mempercepat masa inkubasi nyamuk, sehingga mempercepat siklus hidup nyamuk dan meningkatkan potensi penularan DBD (Chahaya et al., 2024).

6. Ekstrak dan Ekstraksi

Ekstrak adalah sediaan kental yang dibuat dengan menggunakan pelarut yang sesuai untuk mengekstrak senyawa aktif dari simplisia nabati atau hewani, kemudian semua pelarut diuapkan dan massa yang dibutuhkan untuk memenuhi persyaratan yang baku.Proses penarikan kandungan kimia terlarut dari bahan yang tidak larut menggunakan pelarut cair dikenal dengan ekstraksi. Simplisia yang diekstrak mengandung senyawa aktif yang dapat larut dan senyawa yang tidak larut seperti serat, karbohidrat, protein, dan lain-lain. Minyak atsiri, alkaloid, flavonoid, dan lain-lain adalah beberapa golongan senyawa aktif yang terdapat pada berbagai simplisia

a. Jenis-Jenis Ekstraksi

Menurut Depkes RI 2000 dalam (Prehatin, 2023) metode ekstraksi terdiri dari berbagai cara sebagai berikut :

1) Cara Dingin

a) Maserasi

Metode maserasi merupakan proses ekstraksi menggunakan wadah yang terisi suatu pelarut didalamnya ditaruh simplisia diamkan 18- 36 jam dengan perlakuan pengadukan pada temperatur suhu kamar dan tidak boleh terkena cahaya matahari. Maserasi menggunakan simplisia yang mengandung zat aktif yang mudah larut. Pelarut yang digunakan mengikuti komponen kelarutan senyawa aktifnya yaitu pelarut polar atau pelarut nonpolar.

Prinsip dari metode maserasi pelarut masuk ke dalam sel melewati dinding sel dan isi sel kemudian isi sel akan larut adanya perbedaan kosentrasis yang terdapat diantara larutan didalam sel sengan diluar sel. Larutan yang memiliki kosentrasi tinggi terdesak keluar diganti oleh cairan pelarut yang memiliki kosentrasi rendah sampai terjadi kesetimbangan.

b) Perkolasi

Perkolasi adalah eksraksi yang biasanya berlangsung pada suhu ruangan (kamar) dengan menggunakan peelarut yang selalu baru dan sempurna (exhaustive extraction).Tahapan pengembangan bahan, tahap maserai diantara tahap perkolasi yang sebenarnya berlangsung terus menerus sampai diperoleh ekstrak yang jumlahnya 1-5 kali bahan.

2) Cara Panas

a) Refluks

Ekstraksi dengan pelarut pada temperature titik didihnya, untuk waktu yang telah ditentukan dan jumlah pelarut yang relative konstan dengan adanya pendingin kembali dikenal sebagai reflluks. Umumnya dilakukan pengulangan proses pada residu pertama sampai 3-5 kali sehingga dapat termasuk proses ekstraksi sempurna.

b) Sokletasi

Sokletasi adalah ekstraksi menggunakan pelarut yang selalu baru umumnya dilakukan dengan alat khusus sehingga dengan adanya pendinginan balik terjadi ekstraksi kontinu dengan jumlah pelarut relative konstan.

c) Digesti

Digesti adalah bentuk klasik maserai kinetic yang terjadi pada temperature yang lebih tinggi dari temperature ruangan (kamar), biasanya antara temperature 40-50°C.

d) Infundasi

Infundasi adalah ekstraksi pelarut menggunakan air pada temperature penangas air (bejana infus terendam dalam penangas air mendidih, temperatur terukur 96-98°C selama 15-20 menit.

e) Dekokta

Dekokta adalah infus yang bertahan lebih lama (30°C) dan mencapai temperature titik didih air.

3) Destilasi Uap

Destilasi uap adalah proses ekstraksi minyak atsiri dari bahan segar atau simplisia menggunakan uap air. Proses ini berdasarkan pada peristiwa tekanan parsial senyawa menguap yang terkombinasi dengan fase air dalam ketel. Uap yang mengandung senyawa menguap kemudian dikondensasikan menjadi destilat air yang terpisah dari kandungan yang diinginkan.

7. Granulasi

a. Granulasi

Granulasi merupakan proses modifikasi fisik serbuk menjadi partikel yang lebih besar dan seragam, disebut granul, melalui mekanisme pengikatan antarpartikel. Proses ini dilakukan untuk meningkatkan sifat alir, homogenitas, kestabilan fisik, dan kemampuan kompresi bahan. Dalam ilmu farmasi dan teknologi formulasi biopestisida, granulasi memegang peranan penting karena kemampuan metode ini dalam mengoptimalkan performa bahan aktif, mempermudah pengaplikasian, serta memperbaiki kualitas fisik produk yang dihasilkan. Berikut ini adalah jenis-jenis granulasi :

1) Granulasi Basah*(Wet Granulation)*

Granulasi basah adalah metode yang paling banyak digunakan karena mampu menghasilkan granul yang kuat, stabil, dan memiliki ukuran seragam. Proses ini melibatkan penambahan cairan pengikat ke dalam campuran serbuk untuk membentuk massa lembap yang dapat digranulasi. Metode ini sangat sesuai untuk bahan aktif atau ekstrak tanaman yang bersifat higroskopis, halus, atau sulit mengalir.

2) Granulasi Kering*(Dry Granulation)*

Granulasi kering adalah metode pengagglomerasian serbuk tanpa penambahan cairan. Teknik ini dilakukan melalui kompresi serbuk menjadi bentuk padat (seperti *slugs* atau *ribbons*), yang kemudian dihancurkan kembali menjadi granul. Metode ini dipilih untuk bahan yang sensitif terhadap kelembapan atau panas, mengingat granulasi basah memerlukan penambahan cairan dan tahap pengeringan.

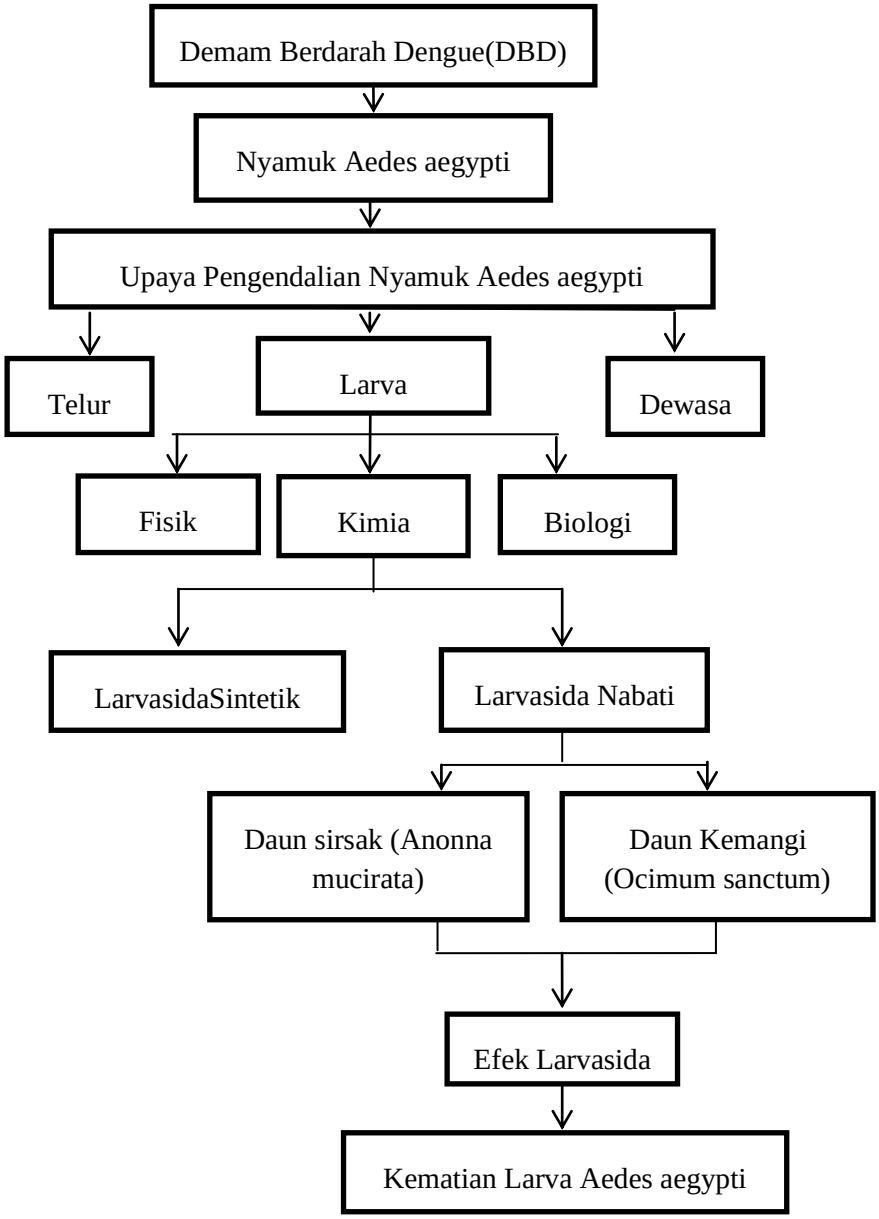
3) Melt Granulation

Metode ini menggunakan bahan pengikat yang dilelehkan pada suhu tertentu sehingga mampu mengikat partikel serbuk tanpa penggunaan air. Teknik ini cocok untuk bahan yang stabil terhadap panas dan digunakan dalam pembuatan sediaan pelepasan terkendali.

4) Exstrusion-Spheronization

Metode ini bertujuan menghasilkan granul berbentuk sferis melalui proses ekstrusi dan pembulatan. Sferonisasi banyak digunakan pada formulasi farmasi yang membutuhkan granul dengan ukuran dan bentuk sangat seragam, misalnya dalam pembuatan pelet. (Chew et al., 2022)

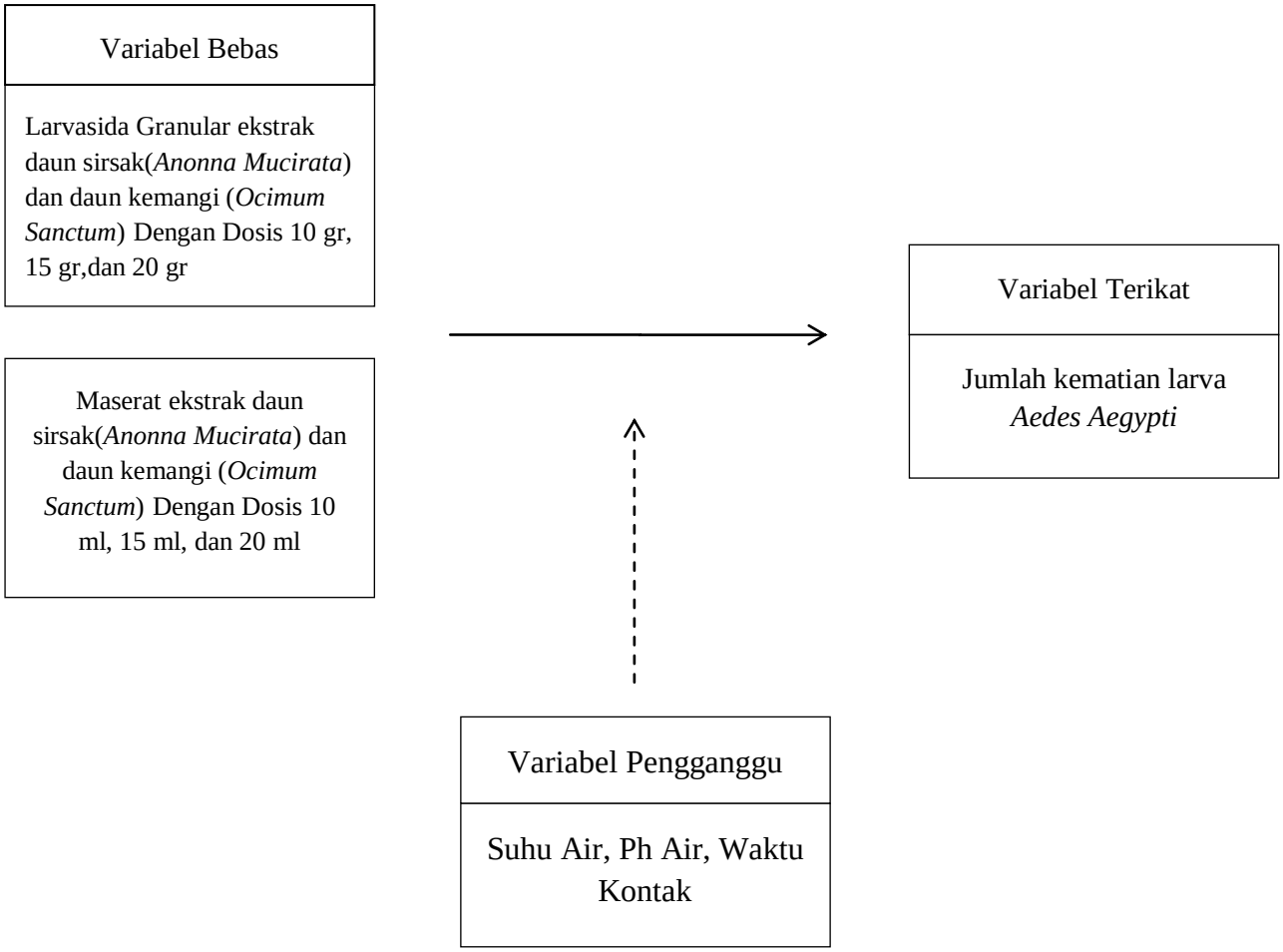
B. Kerangka Teori



Gambar 9. Kerangka Teori

Sumber : (Chahaya et al., 2024)

C. Kerangka Konsep



Gambar 10 Kerangka Konsep

Keterangan :

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*), adalah variabel yang mempengaruhi hasil/keputusan terhadap variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Serbuk Granular Dan Maserat Ekstrak Daun Sirsak(*Anonna mucirata*) dan Daun Kemangi(*Ocimum sanctum*) dengan dosis 10 gr, 20 gr, dan 30gr.
2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*), adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jumlah kematian larva nyamuk *Aedes aegypti* setelah diberi perlakuan dalam waktu kontak 3 jam dan dilakukan pengamatan setiap 30 menit sekali.

3. Variabel Pengganggu (*Confounding*), adalah variabel yang dapat mempengaruhi hasil dari penelitian. Variabel pengganggu harus dikendalikan. Variabel pengganggu pada penelitian ini adalah suhu air, ph air dan waktu kontak.

D. Definisi Operasional

Tabel 2. 1 Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Skala Ukur	Satuan
1	Efektivitas Larvasida	Kemampuan dan waktu yang dibutuhkan oleh larvasida granular kombinasi ekstrak daun sirsak dan daun kemangi untuk mencapai LD50 terhadap larva *aedes aegypti*	Pengamatan visual seperti kaca pembesar untuk menilai kematian larva dan *timer*	Rasio	%
2	Granular ekstrak daun sirsak *(Annona muricata L.)* dan daun kemangi *(Ocimum Sanctum L.)*	Campuran granula ekstrak daun sirsak dan daun kemangi yang diperoleh melalui metode ekstraksi maserasi dan granulasi basah dengan dosis 10 gr, 15 gr, dan 20 gr yang digunakan sebagai larvasida terhadap larva *Aedes aegypti*.	Neraca analitik (untuk menimbang berat ekstrak), alat granulasi, wadah uji	Rasio	Gram (gr)
3	Maserat ekstrak daun sirsak *(Annona muricata L.)* dan daun kemangi *(Ocimum Sanctum L.)*	Maserat daun sirsak dan daun kemangi yang diperoleh melalui metode perendaman , dengan dosis 10 ml, 15 ml, dan 20 ml yang digunakan sebagai larvasida terhadap larva *Aedes aegypti*.	Alat ukur, Beaker glas dan wadah uji	Rasio	Ml
4	Jumlah Kematian Larva *Aedes aegypti* instar III-IV	Banyaknya larva *Aedes aegypti* yang mati selama waktu pengamatan dalam perlakuan larvasida. Kematian ditandai dengan larva yang tidak bergerak saat disentuh secara objektif. Diukur pada interval waktu 1 jam per 15 menit sekali	Pengamatan visual seperti kaca pembesar untuk menilai kematian larva dan *timer*	Rasio	Ekor dan Persen (%)
5	Suhu Air	Temperatur air tempat larva *Aedes aegypti* berada selama pengujian larvasida, yang	Termometer Air	Rasio	Derajat Celcius

No	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Skala Ukur	Satuan
		memengaruhi metabolisme dan kematian larva			
6	Ph Air	Tingkat keasaman atau kebasaan air pada media pengujian larvasida yang memengaruhi efektivitas larvasida dan kenyamanan hidup larva	Ph meter atau kertas Ph	Rasio	Satuan Ph
7	Waktu Kontak	Interval waktu sejak aplikasi larvasida hingga penghitungan kematian larva dilakukan, untuk memantau efektivitas larvasida pada interval waktu 3 jam per 30 menit	*Stopwatch/Timer*	Rasio	Menit/Jam
8	Lethal Dose 50 (LD50)	Kemampuan dosis granular larvasida kombinasi ekstrak daun sirsak dan kemangi yang secara statistik menyebabkan kematian 50% larva Aedes aegypti (instars III-IV) dalam wadah uji, diukur melalui observasi mortalitas	Lembar observasi mortalitas	Rasio	Gram(gr) Dan ml

E. Hipotesis Penelitian

Hipotesi Nol (Ho) : Tidak terdapat pengaruh efektivitas formulasi granular dan maserat kombinasi ekstrak daun sirsak (*Annona muricata*) dan daun kemangi (*Ocimum sanctum*) dalam mencapai kapasitas *Lethal Dose* 50% (LD50) terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti*.

Hipotesis Alternatif (Ha) : Terdapat pengaruh efektivitas formulasi granular dan maserat kombinasi ekstrak daun sirsak (*Annona muricata*) dan daun kemangi (*Ocimum sanctum*) dalam mencapai kapasitas *Lethal Dose* 50% (LD50) terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti*.