

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Kajian Teori

Kajian teori yang digunakan dalam penelitian ini mencakup berbagai aspek penting yang mendukung landasan konseptual dan metodologis penelitian kajian ini meliputi:

1. Serangga Potensi Obat di Bandung Raya

Bandung Raya memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, termasuk dalam kelompok serangga yang memiliki potensi obat sebagai agen antibakteri alami. Beberapa diantaranya seperti Larva Tentara (*Black Soldier Fly*), Lebah madu, dan Semut Jepang diketahui mengandung senyawa bioaktif dengan efek antibakteri terhadap *Escherichia coli*. Pemanfaatan serangga sebagai sumber antibakteri alami dapat menjadi alternatif dalam menghadapi resistensi antibiotik serta mendukung penggunaan sumber daya hayati secara lebih berkelanjutan. beberapa spesies yang telah diteliti memiliki potensi antibakteri terhadap *Escherichia coli*, yaitu:

a. Larva Tentara (*Hermetia illucens*)

Larva Larva Tentara *Hermetia illucens* (*Black Soldier Fly*) merupakan salah satu serangga yang dikenal memiliki potensi sebagai agen anti bakteri alami, terutama terhadap bakteri gram negatif seperti *Escherichia coli*. Potensi ini berasal dari kandungan berbagai peptida antimikroba (Antimicrobial Peptides/AMPs) selain itu, *Hermetia illucens* mengandung asam laurat dan peptida antimikroba (AMP) yang berkontribusi pada aktivitas antibakteri, namun efektivitasnya lebih rendah dibanding lebah madu karena spektrum kerjanya yang lebih terbatas (Yu *et al.*, 2023). Menurut (Harlystiarini *et al.*, 2019), larva *Hermetia illucens* menghasilkan AMPs yang efektif menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Salmonella sp.* pada konsentrasi 320 mg/mL, serta mengandung asam laurat sebesar 49,18% yang berfungsi sebagai antibakteri melalui kerusakan membran sel bakteri. Selain itu, penelitian oleh (Pimchan *et al.*, 2024) menemukan bahwa fraksi AMP dari ekstrak larva ini memiliki nilai

Minimum Inhibitory Concentration (MIC) antara 4 hingga 8 mm terhadap *Escherichia coli*, dan bekerja dengan cara menyebabkan disintegrasi membran serta mengganggu struktur intraseluler seperti protein dan asam nukleat.

Penelitian oleh (Sulistiyani *et al.*, 2021) menyatakan bahwa pada konsentrasi antara 75–325 mg/mL, diameter zona hambat yang dihasilkan lebih kecil daripada antibiotik konvensional. Hal ini diperkuat oleh temuan (Auza *et al.*, 2020), yang menunjukkan bahwa meskipun peningkatan konsentrasi menghasilkan diameter zona hambat yang lebih besar hingga 18,10 mm pada konsentrasi 325 mg/mL ekstrak ini tetap memiliki efektivitas yang sedang. Dalam konteks dosis-dependen, efektivitas antibakteri ekstrak *Hermetia illucens* meningkat seiring peningkatan konsentrasi, namun tetap belum melebihi daya hambat antibiotik referensi. Fakta ini menunjukkan bahwa *Hermetia illucens* memiliki potensi antibakteri yang nyata, namun aplikasinya masih memerlukan optimasi konsentrasi untuk mencapai efektivitas maksimum dalam pengujian *in vitro*.

b. Lebah madu (*Apis cerana*)

Lebah madu (*Apis cerana*) merupakan salah satu serangga eusosial yang telah lama dimanfaatkan dalam bidang pengobatan tradisional maupun modern. Produk-produk yang dihasilkan oleh lebah, seperti madu, propolis, royal jelly, dan bee venom, diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai agen antimikroba alami. Dalam konteks farmakologi modern, komponen-komponen aktif tersebut meliputi flavonoid, asam fenolat, hidrogen peroksida, serta peptida antimikroba seperti defensin-1 dan abaecin, yang mampu memberikan efek penghambatan terhadap berbagai patogen, termasuk *Escherichia coli*.

Secara mekanistik, aktivitas antibakteri dari produk lebah bekerja melalui beberapa jalur. Flavonoid berperan dalam merusak dinding sel bakteri dan menghambat aktivitas enzim bakteri. Hidrogen peroksida (H₂O₂), yang dihasilkan dari reaksi enzimatis glukosa oksidase dalam madu, juga menjadi agen oksidatif yang menyebabkan kerusakan biomolekul bakteri. Sementara itu, tekanan osmotik tinggi dan keasaman pH madu turut berkontribusi dalam menghambat

pertumbuhan mikroba. (Veldkamp *et al.*, 2022) dalam jurnal *Antibiotics* menyatakan bahwa ekstrak lebah madu menghasilkan zona hambat yang secara konsisten lebih besar dibandingkan serangga lain yang diuji terhadap *Escherichia coli*. Hal ini menunjukkan bahwa produk lebah memiliki efektivitas antibakteri yang lebih tinggi secara empiris. Penelitian tersebut juga mengidentifikasi kehadiran lisozim dan peptida antimikroba yang memperkuat respons antibakteri terhadap bakteri Gram negatif.

Menurut (Daníhlík *et al.* 2015), yang menunjukkan bahwa defensin 1, abaecin, dan hymenoptaecin dalam madu bekerja secara selektif terhadap bakteri patogen. Peptida ini mampu mengganggu permeabilitas membran dan menyebabkan disintegrasi sel bakteri. Dukungan tambahan datang dari studi proteomik oleh (Al-Rubaie *et al.*, 2024), yang mengidentifikasi adanya senyawa protein dan fenolik dalam madu lebah lokal yang memberikan efek penghambatan signifikan terhadap *Escherichia coli*.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa lebah memiliki mekanisme antibakteri yang kuat melalui kandungan senyawa peptida aktif. (Daníhlík *et al.*, 2015) menjelaskan bahwa madu mengandung defensin 1, abaecin, dan hymenoptaecin, yaitu kelompok peptida antimikroba yang mampu bekerja secara selektif terhadap bakteri patogen, termasuk *Escherichia coli*. Peptida tersebut berperan dalam mengganggu permeabilitas membran sel bakteri hingga menyebabkan disintegrasi struktur seluler. Temuan ini diperkuat oleh hasil studi proteomik yang dilakukan oleh (Al-Rubaie *et al.*, 2024), yang mengidentifikasi kandungan senyawa protein dan fenolik dalam lebah madu lokal sebagai agen antibakteri utama.

c. Semut Jepang (*Tenebrio molitor*)

Semut Jepang (*Tenebrio molitor*) diketahui mengandung senyawa bioaktif seperti alkaloid dan protein fungsional yang memiliki potensi sebagai agen antibakteri alami, khususnya terhadap bakteri Gram-negatif seperti *Escherichia coli*. Alkaloid dalam serangga ini mampu merusak integritas membran sel, sementara protein bioaktifnya dapat mengganggu metabolisme dan struktur sel secara sistemik. Meski kajian khusus terhadap aktivitas antibakteri *Tenebrio*

molitor masih terbatas, temuan dari spesies serupa mendukung potensinya. Sebagai contoh, ekstrak *Myrmecodia sp.* menunjukkan aktivitas antibakteri dengan KBM sebesar 0,062 (b/v) dan menghasilkan zona hambat 11,5 mm dan 6,67 mm pada konsentrasi 50 % (Roslizawaty *et al.*, 2019). Studi proteomik oleh (Hwang *et al.*, 2022) mengungkap bahwa ekstrak larva *Tenebrio molitor* yang diimunisasi (iTME) menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan dan bersifat dosis-dependen terhadap *Escherichia coli*, dengan MIC sebesar 1 mg/mL serta stabil terhadap perubahan suhu, pH, dan salinitas berdasarkan uji radial *diffusion assay*. Aktivitas ini tetap stabil pada kondisi lingkungan ekstrem seperti suhu tinggi, variasi pH, dan salinitas tinggi, serta menunjukkan hubungan dosis-dependen. Temuan-temuan ini mendukung potensi *Tenebrio molitor* sebagai agen antibakteri alami yang dapat dikembangkan lebih lanjut, khususnya untuk mengatasi tantangan resistensi antibiotik yang semakin meningkat.

2. Zat Aktif sebagai senyawa Antibakteri dalam serangga

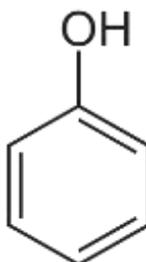
Salah satu faktor utama yang menentukan potensi antibakteri pada bahan alami, termasuk serangga yang digunakan secara tradisional, adalah keberadaan senyawa aktif di dalamnya. Zat aktif ini umumnya berasal dari kelompok metabolit sekunder yang memiliki kemampuan biologis tertentu, seperti menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen. Beberapa senyawa bioaktif yang paling banyak diteliti dan menunjukkan aktivitas antimikroba yang menonjol adalah senyawa fenol dan flavonoid. Kedua senyawa ini tidak hanya berfungsi sebagai antioksidan alami, tetapi juga berperan penting dalam mekanisme pertahanan terhadap infeksi. Berikut ini disajikan uraian mengenai karakteristik dan mekanisme kerja fenol dan flavonoid dalam konteks aktivitas antibakteri berdasarkan kajian literatur.

a. Fenol

Senyawa fenol merupakan kelompok utama senyawa antioksidan yang dapat ditemukan didalam tanaman, dan makhluk hidup lainnya. Senyawa ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu fenol sederhana dan folifenol. Senyawa fenol mencakup berbagai jenis senyawa yang berasal dari tumbuhan, yang memiliki kesamaan yaitu, adanya cincin aromatik dengan satu atau dua kelompok hidroksil.

Secara umum, senyawa ini mudah larut dalam air karena sering berikatan dengan gula dalam bentuk glikosidan dan biasanya ditemukan dalam, vakuola sebagai contoh, ada katekol yang memiliki dua gugus OH, pirogalol dengan tiga gugus OH, dan asam galat, sementara untuk senyawa polifenol, contohnya adalah fenol propanoid, tanin, flavonoid, dan beberapa jenis terpenoid. (Indraswari, 2008). Senyawa fenol, terutama flavonoid dikenal memiliki sifat antioksidan yang kuat, berfungsi melindungi tubuh dari radikal bebas dan mencegah penyakit degeneratif seperti kanker, penyakit jantung dan diabetes melitus. Senyawa ini terdiri dari satu atau lebih gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada cincin aromatik, dan dikenal memiliki beragam aktivitas biologis, seperti antioksidan, antibakteri, antiinflamasi, dan antikanker (Sun & Shahrajabian, 2023).

Gambar 2. 1 Senyawa Fenolik

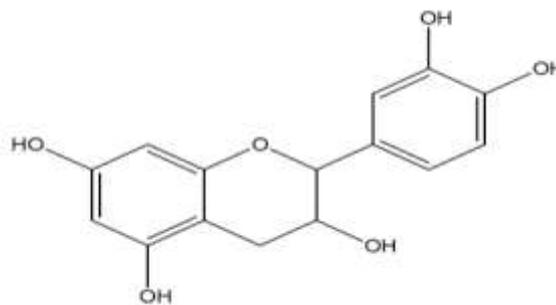


b. Flavonoid

Flavonoid adalah bagian dari kelompok senyawa fenolik yang memiliki struktur dasar C₆-C₃-C₆, yang mencakup flavon, flavanon, flavan-3-ol, isoflavon, dan antosianidin. Flavonoid berfungsi sebagai antioksidan yang kuat, antibakteri, serta memiliki sifat anti inflamasi, anti kanker, perlindungan dari radiasi UV, dan peningkatan sistem kekebalan tubuh (Sun & Shahrajabian, 2023). Pada tumbuhan, flavonoid berperan sebagai pelindung dari sinar UV, patogen, dan stres oksidatif, serta membantu dalam pewarnaan bunga untuk menarik penyerbuk. kemampuan antibakterinya mencakup berbagai cara, seperti merusak membran dan dinding sel bakteri, menghambat enzim penting (termasuk DNA-gyrase dan ATPase), menghalangi pompa efluks, dan mengurangi pembentukan biofilm bakteri (Hamid *et al.*, 2024). Beberapa flavonoid seperti quercetin, kaempferol, apigenin, dan luteolin telah terbukti efektif melawan patogen seperti *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Pseudomonas*

aeruginosa. Flavonoid umumnya ditemukan dalam buah, sayuran, rempah, dan tanaman obat, misalnya dalam bawang merah, apel, jeruk, teh hijau, dan kedelai, di mana masing-masing mengandung subkelas flavonoid tertentu dengan potensi farmakologis yang unik (Hamid *et al.*, 2024).

Gambar 2. 2 Senyawa Flavonoid



3. Pertumbuhan dan Perkembangan Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah jenis bakteri berbentuk batang yang termasuk dalam kelompok Gram-negatif dan secara alami terdapat di dalam usus manusia serta hewan yang berdarah panas. Walaupun mayoritas strain *Escherichia coli* tidak berbahaya dan memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan, ada beberapa strain tertentu yang bisa bersikap patogen dan menyebabkan berbagai macam penyakit infeksi, seperti diare, infeksi saluran kemih, serta sepsis.

Escherichia coli, khususnya tipe *uropathogenic* (UPEC), adalah penyebab utama dari infeksi pada saluran kemih dan dikenal dapat membentuk biofilm, yang meningkatkan ketahanannya terhadap antibiotik biasa. Oleh karena itu, *Escherichia coli* menjadi salah satu organisme kunci dalam pengujian senyawa antibakteri alami seperti peptida antibakteri yang berasal dari serangga (Kalsy *et al.*, 2020). Bakteri ini umumnya ditemukan di saluran pencernaan manusia dan hewan. Namun, ada beberapa strain *Escherichia coli* yang bersifat patogen selain *uropathogenic Escherichia coli* (EPEC) yaitu, *Enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC) strain ini dikenal sebagai penyebab diare parah, terutama pada anak-anak dan *Enterohemorrhagic Escherichia coli* (EHEC) strain ini menghasilkan toksin Shiga yang dapat menyebabkan komplikasi serius, termasuk sindrom hemolitik uremik (Dewi, 2019).

Pertumbuhan dan perkembangan bakteri *Escherichia coli* dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, termasuk suhu, pH, dan ketersediaan nutrisi. *Escherichia coli* dapat tumbuh dalam rentang suhu yang luas, dengan suhu minimum sekitar 7°C dan maksimum hingga 44°C, mana suhu optimal untuk pertumbuhannya adalah 37°C, dengan waktu generasi sekitar 30 menit pada suhu 25°C, waktu generasi meningkat menjadi 87,6 menit, sedangkan pada 30°C menjadi 34,8 menit, dan pada 45°C mencapai 72,6 menit. Bakteri ini tumbuh optimal pada pH netral antara 7 hingga 7,5 dan mampu bertahan dalam kondisi lingkungan yang bervariasi, termasuk di tanah pada suhu di atas 30°C, namun tingkat kelangsungan hidupnya lebih tinggi pada suhu dingin di bawah 15°C dibandingkan suhu hangat di atas 30°C. Selain itu, ketersediaan nutrisi esensial seperti sumber karbon dan nitrogen juga mempengaruhi pertumbuhan *Escherichia coli*, yang mampu memfermentasi laktosa dan memproduksi indol untuk identifikasi dalam uji laboratorium pemahaman mendalam tentang faktor-faktor ini sangat penting dalam penanganan infeksi dan pengembangan strategi pencegahan yang efektif.

4. Metode *In Vitro* dalam pengujian efektivitas

Metode *in vitro* merupakan pengujian laboratorium yang dilakukan di luar organisme hidup, bertujuan untuk menilai aktivitas biologis suatu senyawa terhadap bakteri secara sistematis. Salah satu metode yang paling umum digunakan adalah *disk diffusion* atau *Kirby-Bauer test*, yang diakui secara luas karena kesederhanaannya, biaya rendah, dan kemampuannya menyediakan data kuantitatif berupa pengukuran zona hambat yang terdiri dari panjang, lebar serta diameter zona hambat. (Baloiri *et al.*, 2016) menjelaskan bahwa metode ini memungkinkan penelitian awal terhadap potensi antimikroba senyawa alami seperti ekstrak tanaman atau serangga melalui pengukuran zona bening di media agar.

Menurut protokol dari *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI), penggunaan metode difusi cakram harus memenuhi sejumlah standar teknis agar hasilnya akurat dan dapat diulang. Media Mueller–Hinton Agar (MHA) harus disiapkan dengan ketebalan sekitar 4 mm dan pH antara 7,2–7,4,

serta inokulum bakteri disesuaikan dengan standar McFarland 0,5 ($1,5 \times 10^8$ CFU/mL). Penempatan cakram yang mengandung ekstrak pengujian harus dilakukan dalam waktu maksimal 15 menit setelah inokulasi agar dan inkubasi dilakukan selama 18–24 jam pada suhu 35–37 °C . Demikian pula, pengukuran diameter zona hambat dilakukan menggunakan kaliper atau mistar, dengan pengamatan dari atas permukaan non-reflektif agar terhindar dari kesalahan paralaks.

Metode difusi cakram memiliki kelebihan seperti kemampuan untuk menguji banyak sampel sekaligus dan menghasilkan data yang layak dianalisis secara statistik misalnya melalui ANOVA dan uji lanjut seperti BNT atau Duncan bila terdapat perbedaan signifikan antar perlakuan. Namun demikian, metode ini juga memiliki keterbatasan, seperti ketidakmampuan untuk menentukan nilai *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC). Oleh karena itu, metode ini biasanya digabungkan dengan metode lain seperti *broth microdilution* untuk mendapatkan nilai MIC yang akurat.

B. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian ini diperkuat dengan kajian terdahulu yang membahas efektivitas antibakteri dari ekstrak serangga dan tanaman terhadap *Escherichia coli*. Parameter utama yang digunakan berupa diameter zona hambat, yang berfungsi sebagai indikator kuantitatif untuk menilai kekuatan aktivitas antibakteri. Hasil dari penelitian sebelumnya menjadi dasar ilmiah dalam menilai kemampuan senyawa bioaktif ekstrak dalam menghambat pertumbuhan bakteri secara signifikan

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul (Tahun)	Metode	Hasil
1.	Jae-Min Kim, Seung-Hwan Lee, Hye-Won Kim, Hee-Yeon Kim, Hye-Jin Lee, dan Seung-Hwan Yang	<i>“The Antibacterial Potential of Honeydew Honey Produced by Stingless Bee (Heterotrigona itama) against Antibiotic Resistant Bacteria.”</i> (2020)	Penelitian ini berfokus pada pengukuran numerik dan analisis statistik. Contohnya adalah pengukuran diameter zona inhibisi (dalam cm), kadar endotoksin (dalam EU/mL), dan konsentrasi bahan kimia.	Madu honeydew <i>Heterotrigona itama</i> menunjukkan aktivitas antibakteri kuat terhadap <i>Escherichia coli</i> , menghasilkan zona inhibisi rata-rata 1.3 cm pada konsentrasi 100% (v/v). Madu ini juga bersifat bakterisida dan, pada

No.	Peneliti	Judul (Tahun)	Metode	Hasil
				konsentrasi 50% (v/v), bersinergi dengan antibiotik seperti ampicilin untuk meningkatkan efek penghambatan pada <i>Escherichia coli</i> resisten.
2.	F. A. Auza S. Purwanti J. A. Syamsu A. Natsir	“Antibacterial activities of black soldier flies (<i>Hermetia illucens</i> . l) extract towards the growth of <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>E.coli</i> and <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .” (2020)	Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental in vitro dengan uji difusi cakram. Sampel BSF diambil, diekstraksi dengan metanol, lalu diuji aktivitas antibakterinya terhadap <i>S. typhimurium</i> , <i>E. coli</i> , dan <i>P. aeruginosa</i> dengan berbagai konsentrasi ekstrak. Zona hambatan pertumbuhan bakteri diukur setelah inkubasi 24 jam, dan data dianalisis menggunakan ANOVA serta uji Duncan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak BSF memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>E. coli</i> , dan <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . Zona hambatan terbesar tercapai pada konsentrasi 325 mg/ml, dengan diameter sekitar 11,77 mm untuk <i>S. typhimurium</i> dan sekitar 10 mm untuk <i>E. coli</i> dan <i>P. aeruginosa</i> . Aktivitas antibakteri ini meningkat dengan naiknya konsentrasi ekstrak, dan pengujian statistik menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar konsentrasi ($P < 0,05$). Ekstrak lebih efektif terhadap bakteri Gram negatif dibanding Gram positif, yang didukung oleh hasil pengukuran zona hambatan dan kategorisasi kekuatannya. Hasil ini menegaskan potensi ekstrak BSF sebagai agen antibakteri alami.
3.	Salma Bessalah, Touhami Khorchani, Mohamed Hammadi, Asim	“Inhibitory potential of natural plant extracts against <i>Escherichia coli</i> strain isolated from	Penelitian ini menggunakan metode disk <i>diffusion assay</i> (difusi cakram) untuk mengevaluasi	Hasil menunjukkan bahwa minyak atsiri dari thyme (<i>Thymus vulgaris</i>) dan ekstrak kayu manis

No.	Peneliti	Judul (Tahun)	Metode	Hasil
	Faraz, dan Ayman Balla Mustafa	diarrheic camel calves. (2023)'	aktivitas antibakteri dari beberapa minyak atsiri dan ekstrak tumbuhan terhadap strain <i>Escherichia coli</i> yang diisolasi dari hewan ternak. Cakram berisi ekstrak tumbuhan diletakkan di atas media agar yang telah diinokulasi dengan <i>Escherichia coli</i> , lalu diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Diameter zona hambat diukur dalam satuan milimeter (mm).	(<i>Cinnamomum zeylanicum</i>) menunjukkan efektivitas paling tinggi dalam menghambat pertumbuhan <i>Escherichia coli</i> , dengan diameter zona hambat mencapai. Thyme: rata-rata zona hambat sebesar 22 mm Kayu manis: zona hambat berkisar 20 mm Sedangkan ekstrak lain seperti <i>eucalyptus</i> dan <i>rosemary</i> menunjukkan zona hambat lebih kecil, antara 9–15 mm, menandakan efektivitas antibakteri yang sedang hingga rendah. Semua hasil menunjukkan bahwa konsentrasi yang lebih tinggi menghasilkan zona hambat yang lebih besar, mendukung hipotesis dosis-respons.
4.	Maryam Keshavarz, Yong Hun Jo, Tariku Tesfaye Edosa, dan Yeon Soo Han.	" <i>Tenebrio molitor</i> PGRP-LE Plays a Critical Role in Gut Antimicrobial Peptide Production in Response to <i>Escherichia coli</i> ." (2020)	Penelitian ini menggunakan metode RNA interference (RNAi) untuk menurunkan ekspresi gen TmPGRP-LE pada larva <i>T. molitor</i> , diikuti infeksi dengan mikroba (<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>C. albicans</i>). Ekspresi gen NF-κB dan AMP diukur dengan qRT-PCR setelah infeksi. Data dianalisis secara statistik untuk menilai pengaruh knockdown terhadap respon imun dan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan ekspresi TmPGRP-LE melalui RNAi mengurangi ekspresi gen NF-κB (TmRelish, TmDorX1, dan TmDorX2) serta berbagai gen AMP setelah infeksi dengan <i>E. coli</i> dan <i>C. albicans</i> , tetapi tidak secara signifikan mempengaruhi respon terhadap <i>S. aureus</i> . Selain itu, knockdown

No.	Peneliti	Judul (Tahun)	Metode	Hasil
			mortalitas larva	TmPGRP-LE menyebabkan peningkatan mortalitas larva dan menurunkan kemampuan larva dalam menginduksi respon imun humoral secara efektif

C. Kerangka Pemikiran

Gambar 2. 3 Kerangka Berpikir



D. Asumsi dan Hipotesis

Penelitian ini didasarkan pada beberapa asumsi ilmiah yang relevan dengan efektivitas ekstrak serangga terhadap pertumbuhan *Escherichia coli*. Berdasarkan teori dan hasil sebelumnya, maka dirumuskan asumsi dan hipotesis sebagai berikut:

1. Asumsi

Asumsi dalam penelitian ini disusun berdasarkan hasil studi pendahuluan, teori ilmiah, dan temuan penelitian terdahulu yang relevan. Asumsi-asumsi ini berfungsi sebagai landasan berpikir dalam merancang metode eksperimen, serta dalam menginterpretasikan hasil yang diperoleh dari pengujian efektivitas ekstrak

serangga terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. berikut adalah asumsi penelitian:

- a. Menurut (Farah *et al.*, 2025), semakin tinggi konsentrasi, maka semakin besar pula jumlah senyawa aktif yang tersedia untuk mengganggu metabolisme bakteri.
- b. Menurut (Pimcham *et al.*, 2024), fraksi protein antimikroba dari larva *Hermetia illucens* mampu menghambat *Escherichia coli*, namun efektivitasnya tergantung pada komposisi senyawa dan konsentrasi tertentu yang digunakan.
- c. Menurut (Hwang *et al.* 2022), ekstrak larva *Tenebrio molitor* yang diimunisasi (iTME) menunjukkan aktivitas antibakteri yang bergantung pada konsentrasi terhadap *Escherichia coli*, dengan nilai MIC sebesar 1 mg/mL

2. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini dirumuskan untuk menjawab rumusan masalah dan menguji pengaruh variasi konsentrasi ekstrak serangga terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Hipotesis ini dibangun berdasarkan teori-teori ilmiah dan hasil penelitian sebelumnya yang telah menunjukkan adanya aktivitas antibakteri pada senyawa bioaktif dalam serangga.

a. Hipotesis Alternatif (H_1)

Ekstrak serangga yang berpotensi menjadi obat memiliki pengaruh signifikan dalam menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* secara *in vitro*.

b. Hipotesis Nol (H_0)

Ekstrak serangga yang berpotensi menjadi obat tidak memiliki pengaruh signifikan dalam menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* secara *in vitro*.