

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor perikanan budidaya di Indonesia memiliki peranan strategis dalam mendukung perekonomian nasional, mengingat Indonesia adalah negara maritim dengan dua pertiga wilayahnya berupa perairan yang kaya akan sumber daya laut, payau, dan air tawar (Desta Sari & Khoirudin, 2023). Produksi perikanan, termasuk budidaya, memberikan kontribusi signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), menyediakan pangan berprotein tinggi, menjadi sumber devisa melalui ekspor, serta menyerap banyak tenaga kerja di wilayah pedesaan dan pesisir yang berdampak pada peningkatan kesejahteraan masyarakat.

Udang vaname (*Penaeus vannamei*) merupakan komoditas unggulan ekspor perikanan Indonesia yang memiliki karakteristik biologis unggul, seperti pertumbuhan yang cepat, kemampuan toleransi terhadap lingkungan yang luas, ketahanan terhadap penyakit, serta kualitas daging yang baik sehingga sangat diminati konsumen internasional (Nisa *et al.*, 2023). Produksi udang vaname nasional terus meningkat, misalnya pada periode 2010–2014 rata-rata naik sebesar 20,49% (Kusuma *et al.*, 2017), bahkan pada tahun 2019–2020 tercatat mencapai 856.753 ton dan ditargetkan mencapai 2 juta ton pada tahun 2024 (Nisa *et al.*, 2023). Pada tahun 2019 capaian produksi udang sebesar 1.053.205 ton (DJPB, 2019) dan ditargetkan mengalami peningkatan pada tahun 2024 menjadi 1.290.000 ton dengan nilai produksi 90,30 Triliyun pada tahun 2024 (Utomo *et al.*, 2022). Permintaan pasar global terhadap udang vaname terus bertumbuh dengan Amerika Serikat, Jepang, China, dan Kanada sebagai pasar utama yang menyerap lebih dari 90% ekspor Indonesia (Latifah *et al.*, 2025). Keberhasilan ekspor ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu eksportir utama dunia, dengan kontribusi udang vaname sekitar 85% dari total ekspor udang nasional (Nisa *et al.*, 2023). Secara ekonomi, udang vaname memberi sumbangan besar baik bagi devisa negara maupun perekonomian lokal, karena tidak hanya menjadi sumber pendapatan pembudidaya tetapi juga memperkuat daya saing sektor perikanan Indonesia di pasar internasional (Latifah *et al.*, 2025).

Budidaya udang vaname (*P. vannamei*) menghadapi hambatan utama pada fase larva post-larva 1–12 yang sangat rentan terhadap perubahan lingkungan, sehingga berisiko mengalami mortalitas tinggi (Khairiman *et al.*, 2022). Fluktuasi kualitas air, seperti suhu, pH, salinitas,

dan oksigen terlarut, serta akumulasi amonia dan nitrit dapat memicu stres fisiologis, menurunkan imunitas, dan meningkatkan kerentanan larva (Zainuddin *et al.*, 2019). Serangan *Vibrio spp.* serta penggunaan pakan berkualitas rendah semakin memperburuk kondisi tersebut, sehingga strategi pengelolaan terpadu meliputi pengendalian kualitas air, pencegahan penyakit, dan peningkatan nutrisi sangat diperlukan untuk meningkatkan sintasan larva (Anwar *et al.*, 2024).

Budidaya udang vaname (*P. vannamei*) kerap menghadapi kendala serius akibat tingginya serangan penyakit, terutama yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio sp.*, sehingga berdampak pada rendahnya tingkat sintasan larva. Selama ini, penggunaan antibiotik sintetis memang menjadi salah satu cara pengendalian, namun pemakaian jangka panjang dapat menimbulkan resistensi bakteri serta residu berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu, pemanfaatan bahan alami seperti tanaman berkhasiat antibakteri dan imunostimulan menjadi solusi alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan. Salah satu kandidat potensial adalah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*), yang diketahui mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, saponin, tanin, dan fenol dengan sifat antibakteri serta antioksidan. (Handayani *et al.*, 2020) membuktikan bahwa pemberian sari belimbing wuluh mampu menekan populasi *Vibrio sp.* pada media pemeliharaan udang vaname serta meningkatkan tingkat kelangsungan hidup larva. Sementara itu, studi lain mengonfirmasi bahwa ekstrak daun belimbing wuluh efektif sebagai biopestisida nabati karena metabolit sekundernya mampu menimbulkan efek toksik pada organisme target tanpa menimbulkan dampak residu berbahaya (Syah & Purwani, 2016). Dengan demikian, penggunaan ekstrak daun belimbing wuluh berpotensi besar sebagai bahan tambahan alami pengganti antibiotik sintetis dalam budidaya udang, sehingga mendukung kesehatan, pertumbuhan, dan sintasan larva sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan.

Belimbing wuluh (*A. bilimbi L.*) merupakan tanaman tropis yang kaya senyawa bioaktif seperti flavonoid, saponin, tanin, alkaloid, fenol, dan vitamin C, yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri, antioksidan, serta potensi sebagai imunostimulan (Siregar *et al.*, 2023). Potensi fitokimianya menjadikan tanaman ini kandidat alternatif bahan alami pengganti antibiotik sintetis yang sering menimbulkan resistensi bakteri dan residu berbahaya. Aplikasinya dalam bidang perikanan juga semakin berkembang, di mana penelitian menunjukkan bahwa pemberian sari belimbing wuluh pada pemeliharaan udang vaname mampu menekan populasi *Vibrio sp.* koloni hijau yang menjadi penyebab

utama vibriosis, sekaligus meningkatkan tingkat sintasan larva (Handayani *et al.*, 2020). Hasil-hasil tersebut mengindikasikan bahwa ekstrak belimbing wuluh berpotensi besar digunakan sebagai bahan tambahan ramah lingkungan dalam budidaya udang maupun ikan, untuk meningkatkan pertumbuhan, kesehatan, dan kelangsungan hidup organisme budidaya.

Selain itu, penelitian (Hitijahubessy *et al.*, 2024) membuktikan bahwa ekstrak daun belimbing wuluh pada konsentrasi tinggi memiliki aktivitas antibakteri signifikan terhadap *Vibrio sp.*, yang merupakan patogen utama pada larva udang. Penelitian (Siregar *et al.*, 2023) juga menegaskan pentingnya penentuan dosis optimal untuk mencegah efek toksik atau gangguan mikrobiota pada media pemeliharaan. Artinya, meski berpotensi besar, ekstrak daun belimbing wuluh harus diaplikasikan dengan kajian ilmiah yang tepat agar memberikan hasil maksimal.

Namun, kajian mengenai aplikasi ekstrak daun belimbing wuluh (*A. bilimbi*) pada fase awal kehidupan larva udang vaname masih sangat terbatas, sehingga penelitian ini penting dilakukan untuk mengisi kesenjangan penelitian tersebut. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh pemberian ekstrak daun belimbing wuluh (*A. bilimbi*) pada media pemeliharaan terhadap Pertumbuhan dan sintasan larva udang vaname. Penelitian ini bertujuan untuk untuk menentukan dosis terbaik ekstrak daun belimbing wuluh (*A. bilimbi*) pada media pemeliharaan terhadap pertumbuhan dan sintasan larva udang vaname (*P. vannamei*). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah bagi pengembangan teknologi budidaya udang yang ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan, sekaligus mendukung pemanfaatan potensi sumber daya hayati lokal yang bernilai ekonomis.

1.2 Teori

1.2.1 Anatomi Udang Vaname (*Penaeus vannamei*)

Udang vaname (*P. vannamei*) merupakan salah satu komoditas utama dalam budidaya perikanan yang memiliki adaptasi anatomi unik untuk mendukung kelangsungan hidupnya. Salah satu ciri khas anatomi udang ini adalah adanya organ pernapasan tambahan yang disebut labyrinth, terletak pada rongga karapas. Struktur ini memungkinkan udang tetap memperoleh oksigen dari sisa air yang tertahan, sehingga udang mampu bertahan hidup meski berada di luar media air asalkan kondisi lingkungan cukup lembap. Adaptasi respirasi ini sangat bermanfaat dalam proses transportasi maupun pemeliharaan dengan

sistem kering, karena udang tetap dapat bertahan dalam jangka waktu tertentu dengan tingkat mortalitas yang rendah (Sandrayani *et al.*, 2013). Selain itu, karakteristik anatomi eksternal berupa eksoskeleton kitin berfungsi melindungi tubuh sekaligus menjadi faktor penting dalam proses pertumbuhan melalui pergantian kulit (*molting*). Pertumbuhan yang cepat, ditunjang oleh efisiensi fisiologi tubuh dan ketahanan terhadap lingkungan, menjadikan udang vaname unggul sebagai spesies budidaya dibandingkan jenis udang lainnya (Anisa *et al.*, 2021).



Gambar 1. Larva Udang Vaname (*P. vannamei*)

Selain aspek respirasi, anatomi internal udang vaname juga memiliki peranan besar dalam mendukung produktivitas budidaya. Organ pencernaan seperti hepatopankreas dan intestinum berfungsi dalam pencernaan, metabolisme, serta detoksifikasi, sehingga perubahan pada struktur jaringan organ tersebut dapat menjadi indikator kesehatan udang. Penelitian menunjukkan bahwa kondisi kualitas air yang tidak sesuai standar dapat memicu kerusakan mikroanatomi pada hepatopankreas, ditandai dengan hipertrofi, vakuolisasi sitoplasma, hingga autolisis, yang berimplikasi pada menurunnya efisiensi pencernaan dan pertumbuhan (Ringan *et al.*, 2015). Di sisi lain, hepatopankreas juga menjadi organ yang rentan terhadap infeksi patogen, seperti bakteri *Vibrio sp.*, yang dapat menurunkan fungsi fisiologis dan memicu mortalitas massal bila kualitas lingkungan tambak tidak terjaga (Mahulaw *et al.*, 2022). Oleh karena itu, pemahaman mengenai anatomi dan mikroanatomi udang vaname tidak hanya penting untuk aspek biologinya, tetapi juga krusial dalam strategi pengelolaan budidaya yang berkelanjutan.

1.2.2 Siklus Hidup Udang Vaname (*Penaeus vannamei*)

Siklus hidup udang vaname (*P. vannamei*) diawali dari telur yang menetas menjadi larva, kemudian berkembang melalui beberapa fase, yaitu nauplius, zoea, mysis, hingga mencapai postlarva yang siap dipelihara di tambak. Pada fase-fase awal tersebut, keberhasilan

penetasan telur (*hatching rate*) dan kelangsungan hidup (*survival rate*) sangat dipengaruhi oleh kualitas induk, nutrisi, serta kondisi lingkungan pemeliharaan. Studi menunjukkan bahwa rata-rata daya tetas telur udang vaname dapat mencapai lebih dari 50%, bahkan hingga 81%, sedangkan tingkat kelangsungan hidup larva bisa mencapai 66% bila manajemen pakan dan kualitas air terjaga (Rasuliyanasari & Diniariwisan, 2024). Lebih jauh, proses pertumbuhan ke fase juvenil dan dewasa sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama parameter kualitas air dan salinitas. Penelitian mengenai aklimatisasi bertingkat menunjukkan bahwa meskipun salinitas diturunkan hingga 0 ppt, udang vaname tetap mampu bertahan hidup dengan *survival rate* tinggi dan pertumbuhan yang stabil, berkat sifat euryhaline yang memungkinkan udang menyesuaikan diri dengan rentang salinitas luas (Nurhasanah *et al.*, 2021).

Memasuki tahap dewasa, udang vaname akan mengalami kematangan gonad dan proses pemijahan, yang secara alami terjadi di laut lepas pada kedalaman sekitar 70 meter dengan kondisi suhu dan salinitas tertentu. Telur yang dibuahi kemudian berkembang menjadi larva dan melanjutkan siklus hidupnya hingga kembali ke fase juvenil. Dalam sistem budidaya, pemijahan dapat dipercepat melalui teknik ablasi mata yang merangsang pematangan gonad, sehingga induk betina dapat menghasilkan telur dengan daya tetas tinggi. Keberhasilan proses ini sangat menentukan ketersediaan benur unggul untuk siklus budidaya berikutnya (Santika *et al.*, 2024). Selain itu, laju pertumbuhan pada fase pembesaran biasanya berlangsung cepat, di mana udang dapat mencapai ukuran panen komersial dalam 90–120 hari, bergantung pada kondisi lingkungan dan kualitas manajemen tambak. Faktor-faktor seperti kualitas pakan, pengendalian penyakit, serta penerapan biosekuriti berperan penting dalam mendukung kelulushidupan dan mencegah kegagalan produksi akibat serangan patogen (Nurhijrah, 2019).

1.2.3 Fisiologi dan Toleransi Lingkungan Udang Vaname (*Penaeus vannamei*)

Fisiologi udang vaname sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan terutama suhu dan salinitas yang berkaitan langsung dengan proses metabolisme dan osmoregulasi. Perbedaan kondisi ini terbukti berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan, sintasan, serta kemampuan udang dalam melakukan molting. Pada salinitas optimal 15–25 ppt dengan suhu 28–30 °C, udang mampu menunjukkan pertumbuhan lebih

baik, sedangkan kondisi di luar kisaran tersebut dapat mengganggu metabolisme dan memperlambat pergantian kulit (Se *et al.*, 2023). Selain itu, respons fisiologis udang juga erat kaitannya dengan kesehatan tubuhnya. Penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun belimbing wuluh yang kaya akan senyawa bioaktif, seperti flavonoid dan tanin, dapat berfungsi sebagai antibakteri alami terhadap *Vibrio sp.*, sehingga membantu menjaga stabilitas fisiologi udang dengan cara menekan serangan patogen (Hitijahubessy *et al.*, 2024).

Selain lingkungan, fisiologi udang vaname juga ditentukan oleh faktor nutrisi yang mendukung pertumbuhan dan daya tahan tubuh. Pemberian suplemen *vitomolt* yang mengandung fitoekdisteroid terbukti meningkatkan retensi protein, mempercepat proses molting, serta meningkatkan laju pertumbuhan dan kelulushidupan benur (Zainuddin *et al.*, 2020). Upaya lain yang dilakukan adalah pemanfaatan sari belimbing wuluh pada media pemeliharaan. Kandungan metabolit sekunder dalam sari ini berfungsi sebagai imunostimulan alami yang mampu menekan populasi bakteri *Vibrio sp.* dan sekaligus memperkuat sistem pertahanan tubuh udang. Efek fisiologis dari perlakuan tersebut tercermin pada meningkatnya kelangsungan hidup dan kualitas fisiologis udang selama pemeliharaan (Handayani *et al.*, 2020). Dengan demikian, interaksi antara faktor eksternal dan internal memberikan kontribusi penting terhadap kondisi fisiologis udang vaname dalam mendukung produktivitas budidaya.

Udang vaname (*P. vannamei*) dikenal memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan, namun keberhasilan pemeliharaannya sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti pH, suhu, dan kualitas air. Penelitian menunjukkan bahwa kisaran pH 7–8 memberikan pertumbuhan optimal dan tingkat sintasan tinggi, sedangkan kondisi terlalu asam atau basa dapat menurunkan nafsu makan, menghambat proses molting, serta memicu stres fisiologis (Jelinda *et al.*, 2024). Selain itu, kualitas air yang buruk akan memperbesar peluang serangan patogen, sehingga dibutuhkan strategi pengelolaan lingkungan yang tepat, termasuk pemanfaatan probiotik untuk meningkatkan respon fisiologis larva dan memperkuat sistem imun terhadap bakteri seperti *Vibrio harveyi* (Mine', 2020). Dalam praktik budidaya, toleransi udang vaname terhadap lingkungan menjadikannya komoditas unggulan, namun tetap memerlukan pemeliharaan yang memperhatikan kesesuaian media agar pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya tetap optimal.

1.2.4 Penyakit dan Tantangan pada Fase Larva

Stadia post larva awal hingga PL12 merupakan fase kritis bagi udang vaname karena kondisi fisiologis yang masih labil, sehingga rentan terhadap serangan penyakit. Faktor lingkungan seperti salinitas dan kualitas air menjadi pemicu utama yang dapat memperburuk kondisi kesehatan larva. Penelitian menunjukkan bahwa perubahan salinitas yang ekstrem dapat menimbulkan stres osmotik, sehingga imunitas post larva melemah dan membuka peluang bagi patogen oportunistik untuk berkembang (Anisa *et al.*, 2021). Selain itu, kondisi padat tebar tinggi yang umum diterapkan pada hatchery meningkatkan risiko penyebaran infeksi bakteri *Vibrio sp.*, yang sering dilaporkan sebagai penyebab mortalitas tinggi pada fase PL4–PL9 9 (Anisa *et al.*, 2021). Di sisi lain, kualitas pakan alami juga berperan penting, karena defisiensi nutrisi pada fase metamorfosis dapat memicu gangguan perkembangan dan menurunkan ketahanan larva terhadap serangan penyakit (Fikriyah *et al.*, 2023).

Selain faktor lingkungan dan pakan, kerentanan larva juga dipengaruhi oleh kondisi mikrobiologis di media pemeliharaan. Beberapa penelitian melaporkan bahwa mikroba patogen, baik bakteri maupun jamur, dapat berkembang pesat pada perairan dengan kualitas rendah dan langsung menyerang post larva hingga PL12, sehingga menurunkan tingkat kelangsungan hidup (Rasuliyanasari & Diniariwisan, 2024). Pada penelitian lain, disebutkan bahwa kondisi nutrisi dan keseimbangan mikroba usus juga berhubungan erat dengan kerentanan post larva terhadap penyakit, di mana ketidakseimbangan dapat memperparah infeksi pada tahap awal perkembangan (Agustama *et al.*, 2021). Serangan penyakit ini semakin jelas terlihat pada hatchery yang memelihara larva dari stadia nauplius hingga PL12, karena peningkatan kepadatan dan keterbatasan manajemen kualitas air mempercepat munculnya infeksi (Sa'adah & Fathur Roziqin, 2018). Dengan demikian, fase PL1–PL12 dapat dikategorikan sebagai periode rentan, di mana faktor lingkungan, nutrisi, dan mikroba patogen berinteraksi secara kompleks dalam menentukan kesehatan post larva udang vaname.

1.2.5. Hasil-Hasil Penelitian tentang Pertumbuhan Udang Vaname

Pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) telah menjadi fokus berbagai penelitian karena spesies ini merupakan komoditas unggulan dalam budidaya perairan tropis. Sejumlah studi menunjukkan bahwa pertumbuhan udang vaname sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, nutrisi pakan, kepadatan tebar, serta kualitas air.

Menurut (Santika *et al.*, 2024) dalam *Journal of Aceh Aquatic Science*, pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dipengaruhi oleh faktor lingkungan, kualitas air, pakan, kepadatan tebar, dan penyakit. Di BPBAP Ujung Batee, laju pertumbuhan berkisar 0,58–0,68 gram/hari dengan masa budidaya 90–92 hari. Kolam dengan kepadatan rendah menunjukkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup lebih tinggi (64%) dibanding kepadatan tinggi yang terinfeksi WSSV (17%). Pengelolaan kualitas air, kepadatan optimal, dan pencegahan penyakit menjadi kunci peningkatan pertumbuhan udang vaname. Selain itu, penelitian (Se *et al.*, 2023) menemukan bahwa suhu dan salinitas berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan post larva, dengan kombinasi salinitas 15 ppt dan suhu 30°C menghasilkan pertumbuhan terbaik (0,23 gram) dan kelangsungan hidup tertinggi (86,7%). Faktor lingkungan yang tidak sesuai, seperti suhu atau salinitas rendah, terbukti menurunkan metabolisme, menghambat proses molting, dan memicu stres hingga kematian. Dengan demikian, pengaturan kualitas air, kepadatan tebar optimal, dan pemberian pakan bergizi menjadi faktor utama yang menentukan performa pertumbuhan udang vaname.

1.2.6. Potensi Fitofarmaka dalam Budidaya Perikanan

Pemanfaatan fitofarmaka dalam bidang akuakultur semakin mendapat perhatian karena kandungan senyawa bioaktif alami pada tumbuhan, khususnya dedaunan, diketahui mampu menunjang pertumbuhan serta meningkatkan sintasan larva udang. Senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan fenolik telah dilaporkan memiliki aktivitas biologis yang berfungsi sebagai antioksidan maupun antibakteri sehingga berpotensi besar dalam meningkatkan performa organisme budidaya (Permana *et al.*, 2020). Daun mangrove *Sonneratia alba*, misalnya, terbukti mengandung tanin, steroid, alkaloid, flavonoid, dan saponin yang berperan dalam menghambat pertumbuhan patogen (*Sonneratia*, 2020). Selain itu, penelitian pada ekstrak daun petai cina (*Leucaena leucocephala*) menunjukkan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan udang vaname meskipun tidak memberikan efek signifikan pada tingkat sintasan, yang mengindikasikan bahwa bioaktifnya lebih dominan pada peningkatan metabolisme dan efisiensi pakan (Pratiwi *et al.*, 2021).

Secara khusus, daun belimbing wuluh (*A. bilimbi*) menjadi salah satu kandidat fitofarmaka potensial yang mulai banyak diteliti dalam kaitannya dengan budidaya udang vaname. Ekstrak etanol dan alkaloidnya telah teridentifikasi mengandung flavonoid, saponin, tanin,

serta alkaloid dengan aktivitas antibakteri dan antifungi yang kuat, serta memiliki tingkat sitotoksitas tinggi terhadap larva uji, sehingga relevan untuk diaplikasikan dalam studi larva akuatik (Mariani *et al.*, 2021). Kandungan vitamin C, triterpenoid, serta senyawa fenolik dalam daun ini juga berperan sebagai antioksidan alami yang mendukung sistem fisiologis larva pada fase kritis awal PL1–PL12 (Wijiniyandah *et al.*, 2025). Lebih lanjut, penelitian menunjukkan bahwa kandungan bioaktif daun belimbing wuluh memiliki potensi dalam menekan efek stres oksidatif dan memperbaiki metabolisme seluler pada organisme akuatik (Ngginak *et al.*, 2013). Dengan demikian, pengayaan media atau pakan menggunakan ekstrak daun belimbing wuluh dapat berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan dan sintasan post larva udang vaname, sekaligus memperkuat bukti empiris mengenai peran fitofarmaka dalam akuakultur modern (Abdi *et al.*, 2022).

1.2.7. Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*)



Gambar 2. Tanaman Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*)

Ekstrak daun belimbing wuluh (*A. bilimbi*) merupakan salah satu sumber senyawa bioaktif alami yang banyak diteliti karena aktivitas farmakologisnya. Kandungan fitokimia dalam ekstrak daun belimbing wuluh meliputi senyawa flavonoid, tanin, alkaloid, saponin, triterpenoid, dan steroid yang diketahui berperan sebagai antibakteri, antioksidan, serta antiinflamasi (Handayani, 2019). (Hasim *et al.*, 2019) juga mengemukakan bahwa Flavonoid dan tannin mampu mengganggu permeabilitas membran sel bakteri sehingga menghambat pertumbuhan mikroba patogen. Selain itu, penelitian juga menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun belimbing wuluh memiliki kandungan fenolik dan flavonoid total yang tinggi, serta terbukti memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber senyawa

bioaktif untuk pencegahan penyakit degenerative. (Handayani, 2019) melaporkan bahwa aplikasi ekstrak daun belimbing wuluh telah banyak dilakukan dalam berbagai penelitian. Penelitian *in vitro* membuktikan bahwa ekstrak kasar daun belimbing wuluh mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen akuatik seperti *Pseudomonas fluorescens*, sehingga berpotensi sebagai alternatif pengganti antibiotik sintetis pada sektor perikanan. Selain itu, uji antibakteri menggunakan metode dilusi menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun belimbing wuluh dapat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, yang menandakan efektivitasnya terhadap bakteri penyebab infeksi pada manusia (Astuti *et al.*, 2024). (Sarjito, 1994) mengemukakan bahwa seperti perendaman ikan mas yang terinfeksi *Aeromonas hydrophila*, terbukti dapat meningkatkan sintasan hingga 70%, sehingga ekstrak belimbing wuluh dipandang potensial sebagai alternatif fitofarmaka ramah lingkungan dalam pengendalian penyakit ikan budidaya.

1.2.8. Aplikasi Ekstrak Daun Belimbing (*Averrhoa bilimbi*)

Pemberian ekstrak daun belimbing wuluh (*A. bilimbi*) ke dalam media pemeliharaan ikan dan udang merupakan salah satu pendekatan alternatif dalam pengendalian penyakit pada sistem akuakultur. Kandungan bioaktif seperti flavonoid, saponin, tanin, alkaloid, dan fenolik pada daun ini terbukti memiliki aktivitas antibakteri yang efektif terhadap berbagai patogen perairan (Rahmawati, 2019). Mekanisme kerja senyawa tersebut umumnya melalui penghambatan pertumbuhan bakteri, peningkatan permeabilitas membran sel, hingga stimulasi sistem imun organisme budidaya. Dengan metode perendaman langsung, bioaktif dari daun belimbing wuluh dapat bekerja optimal melalui kontak dengan insang maupun permukaan tubuh organisme akuatik, sehingga mendukung daya tahan tubuh sekaligus mengurangi tekanan infeksi penyakit (Maulianawati *et al.*, 2025).

Aplikasi ekstrak daun belimbing wuluh telah dilaporkan meningkatkan kesehatan dan sintasan ikan maupun udang yang terinfeksi bakteri patogen. Penelitian pada ikan nila menunjukkan bahwa pemberian ekstrak ini mampu memperbaiki kondisi hematologi serta meningkatkan respon imun terhadap serangan *Aeromonas hydrophila*. (Sarjito, 1994) juga mengemukakan bahwa pada budidaya udang, perendaman post-larva dalam media yang diberi ekstrak daun belimbing wuluh efektif menekan mortalitas akibat infeksi *Vibrio parahaemolyticus* sekaligus memperbaiki tingkat ketahanan tubuh terhadap penyakit

(Rahimah *et al.*, 2019). Namun, keberhasilan aplikasi ekstrak ini sangat dipengaruhi oleh penentuan dosis yang tepat, karena konsentrasi yang terlalu tinggi berpotensi menimbulkan stres fisiologis, sedangkan dosis yang terlalu rendah tidak memberikan efek perlindungan yang optimal. Oleh sebab itu, kajian mengenai dosis aplikatif yang aman dan efektif menjadi aspek penting dalam pemanfaatan ekstrak herbal ini di bidang budidaya perikanan.

1.2.9. Keberlanjutan Budidaya dan Pemanfaatan Sumber Daya Lokal

Pemanfaatan tanaman lokal dalam sistem budidaya perikanan merupakan upaya strategis untuk mendukung keberlanjutan produksi sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem. Belimbing wuluh (*A. bilimbi* L.) sebagai salah satu sumber bioaktif lokal dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan ketahanan larva udang vaname terhadap penyakit, sekaligus mengurangi ketergantungan pada antibiotik dan bahan kimia sintesis yang berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan maupun keamanan pangan (Utami *et al.*, 2023). Penggunaan sumber daya lokal ini juga sejalan dengan konsep budidaya berkelanjutan yang menekankan efisiensi pemanfaatan alam secara bijaksana serta kearifan tradisional dalam mengelola sumber daya (Wahyudi *et al.*, 2022). Selain itu, integrasi tanaman lokal sebagai bahan tambahan dalam media pemeliharaan udang vaname mampu memperkaya nilai ekologis budidaya sekaligus mendorong inovasi dalam praktik akuakultur modern (Handayani *et al.*, 2020).

Lebih jauh, penerapan prinsip keberlanjutan dalam budidaya tidak hanya berfokus pada peningkatan hasil, tetapi juga pada optimalisasi pemanfaatan limbah pertanian dan tanaman liar agar bernilai ekonomi. Paradigma baru dalam memandang limbah sebagai produk samping yang bernilai tambah memungkinkan tercapainya konsep zero-waste farming, sehingga mendukung keberlanjutan produksi perikanan (Rahmanto, 2011). Pemanfaatan daun belimbing wuluh sebagai aditif alami dalam sistem budidaya larva udang vaname menjadi salah satu contoh nyata dari pendekatan ini, karena selain memperbaiki kualitas media, juga memberikan manfaat imunostimulan yang dapat menekan risiko penyakit (Munir *et al.*, 2022). Hal ini sejalan dengan temuan (Rifai *et al.*, 2023) yang menegaskan bahwa pemanfaatan bahan alami dalam sistem perikanan tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan

kesejahteraan masyarakat lokal melalui diversifikasi pemanfaatan sumber daya yang tersedia.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan dosis terbaik ekstrak daun belimbing wuluh (*A. bilimbi* L.) terhadap pertumbuhan dan tingkat sintasan (*survival rate*) larva udang Vaname (*P. vannamei*), serta menentukan dosis optimal yang mampu memberikan efek terbaik bagi performa larva pada fase pemeliharaan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah mengenai potensi penggunaan senyawa bioaktif alami dari tanaman lokal sebagai alternatif pengganti bahan kimia sintetis dalam budidaya perikanan, khususnya dalam meningkatkan kesehatan dan ketahanan larva udang vaname. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya berkontribusi terhadap pengembangan teknologi budidaya yang berkelanjutan, tetapi juga mendukung pemanfaatan sumber daya hayati lokal secara lebih efektif dan ramah lingkungan.

1.4. Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah menambah data ilmiah mengenai pemanfaatan bahan alami (fitofarmaka) dalam media pemeliharaan organisme akuatik, khususnya pada larva udang vaname, sehingga dapat menjadi rujukan dalam pengembangan teknologi budidaya. Selain itu, penelitian ini memberikan alternatif teknologi ramah lingkungan untuk meningkatkan performa larva udang tanpa ketergantungan pada antibiotik atau bahan kimia sintetis. Hasil penelitian juga diharapkan dapat mendukung pengembangan budidaya berkelanjutan melalui pemanfaatan sumber daya hayati lokal yang murah, mudah diperoleh, serta minim memberikan dampak negatif terhadap lingkungan.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Pembenihan Crustacea, Politeknik Pertanian Negeri Pangkep. Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Waktu pelaksanaan berlangsung selama 50 hari, dari tanggal 04 Agustus 2025 sampai 22 September 2025.

2.2 Bahan dan Alat

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**, sebagai berikut:

Table 1. Alat yang digunakan beserta fungsinya

No.	Nama Alat	Kegunaan
1.	Container Box (35 L)	Untuk wadah pemeliharaan udang uji
2.	Pipet tetes	Untuk memberikan perlakuan ekstrak daun belimbing wuluh
3.	Aerasi	Untuk meningkatkan kadar oksigen dalam air
4.	Blower	Untuk mengalirkan oksigen
5.	Seser	Untuk mengambil kotoran pada bak pemeliharaan
6.	Selang sifon	Untuk membuang sisa metabolisme
7.	Baskom	Untuk wadah sisa sifon air
8.	Mistar	Untuk mengukur panjang bobot hewan uji
9.	Timbangan digital	Untuk menimbang pakan, bubuk daun belimbing dan berat udang
10.	Toples kaca vol 2 liter	Untuk wadah perendaman bubuk yang diekstrak

11.	Pinset	Untuk memindahkan sampel udang yang ingin diukur
12.	Kamera	Untuk mendokumentasikan
13.	<i>Water Quality</i>	Untuk mengukur kualitas air
14.	Bak Air Laut	Untuk menampung Air Laut bersih
15.	Spidol	Untuk menulis penanda Perlakuan
16.	Label	Untuk penanda bak perlakuan
17.	Gunting	Untuk menggunting selang aerasi

No.	Nama Alat	Kegunaan
18.	Talenan	Untuk wadah daun belimbing yang ingin dioven
19.	Oven	Untuk mengeringkan Daun belimbing
20.	Alat Evaporasi	Untuk memisahkan larutan etanol dengan sari daun belimbing
21.	Blender	Untuk menghaluskan daun belimbing yang kering
22.	Saringan	Untuk memisahkan bubuh halus dan bubuk kasar daun
23.	Botol	Untuk menyimpan ekstrak daun
24.	Frezeer	Untuk menyimpan ekstrak daun
25.	Mikroskop	Untuk melihat pertumbuhan udang uji
26.	Masker	Untuk melindungi wajah dari zat kimia
27.	Handscoon	Untuk melindungi tangan dari cairan etanol

28.	Nampan	Untuk wadah bubuk daun kering
29.	Corong Buchner	Untuk membantu proses evaporasi
30.	Kertas saring whatman	Untuk menyaring cairan ekstrak yang direndam
31.	Pompa vakum	Untuk proses evaporasi
32.	Gelas ukur	Untuk pemberian pakan komersial (Artemia)

Table 2. Bahan yang digunakan beserta fungsinya

No.	Nama Bahan	Kegunaan
1.	Udang vaname (<i>Penaeus vannamei</i>)	Sebagai hewan uji
2.	Air Laut	Sebagai media pemeliharaan
3.	Air Tawar	Sebagai Media pemeliharaan
3.	Artemia	Sebagai pakan hewan uji
4.	Ekstrak Daun Belimbing Wuluh	Sebagai perlakuan dalam penelitian
5.	Etanol 70%	Sebagai pelarut bubuk daun belimbing wuluh
7.	Alat Tulis	Sebagai bahan penunjang selama penelitian

2.3 Rancangan Percobaan dan Perlakuan

Penelitian di rancang dalam rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri atas 4 perlakuan dan setiap perlakuan mempunyai 3 kali

ulangan sehingga diperoleh 12 satuan percobaan. Adapun perlakuan yang diuji adalah dosis Ekstrak Daun Belimbing Wuluh yang berbeda :

Kode Perlakuan :

Perlakuan A : 0 mL

Perlakuan B : 1 mL

Perlakuan C : 2 mL

Perlakuan D : 3 mL

Penepatan penggunaan dosis bertingkat 1–3 ml/L dipilih untuk menentukan konsentrasi optimal yang memberikan efek biologis maksimal tanpa menimbulkan stres fisiologis. Hal ini sejalan dengan temuan (Romadhoni *et al.*, 2020) bahwa ekstrak *Cosmos caudatus* mampu meningkatkan sintasan *Litopenaeus vannamei* melalui aktivitas antioksidan yang menekan radikal bebas di bawah stres salinitas, serta hasil penelitian (Ma *et al.*, 2024) yang menunjukkan bahwa suplementasi fitobiotik berbasis ekstrak tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan, aktivitas enzim imun (fenoloksidase, lisozim, SOD), dan kesehatan organ pencernaan. Oleh karena itu, pendekatan bertahap ini digunakan untuk mengevaluasi respons biologis larva terhadap peningkatan konsentrasi ekstrak daun belimbing wuluh guna menemukan dosis efektif yang mendukung pertumbuhan, sintasan, dan stabilitas kualitas media pemeliharaan.

Adapun tata letak satuan percobaan yang dilakukan secara acak disajikan seperti pada **Gambar 2** berikut inii.



Gambar 3. Penempatan wadah-wadah penelitian

2.4 Pelaksanaan Penelitian

2.4.1 Wadah Penelitian

Wadah yang digunakan dalam penelitian ini adalah Container Box Plastik sebanyak 12 buah yang berukuran 48 cm × 33 cm × 30 cm dan volume 35 liter. Sebelum dilakukan pemeliharaan, Container Box dicuci terlebih dahulu hingga bersih menggunakan air kemudian dikeringkan. Selanjutnya akuarium diisi air sebanyak 20 L kemudian masing-masing akuarium dilengkapi aerasi untuk menyuplai oksigen. Setiap Container box plastik diberi label penanda perlakuan dan ulangan untuk mempermudah pencatatan data. Wadah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 4. *Wadah Penelitian*

2.4.2 Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah benur udang vaname dengan bobot awal yang digunakan yaitu $\pm 0,001$ gram/ekor, panjang $\pm 2,5$ mm. yang diperoleh dari Hatchery pembenihan Anugrah Bumi Hero di Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan. Jumlah benur udang vaname yang digunakan sebanyak 720 ekor yang ditebar masing – masing 60 ekor/perlakuan.

2.4.3 Pakan

Pakan utama yang digunakan selama pemeliharaan larva udang vaname pada stadia post larva adalah *Artemia*, dengan frekuensi pemberian lima kali sehari. Pada penelitian ini, pemeliharaan dilakukan dalam 12 container box, masing-masing berisi 60 ekor larva, sehingga

total populasi mencapai 720 ekor. Dosis awal yang diberikan pada stadia PL1 adalah 0,5 gram *Artemia*, kemudian ditingkatkan menjadi 1 gram mulai PL5 hingga PL12. Berdasarkan standar (SNI 7311-2009, 2009) dan penelitian (Serihollo *et al.*, 2022), kebutuhan *Artemia* per ekor larva bervariasi sesuai perkembangan stadia, yaitu PL1 membutuhkan 10–20 individu/ekor/hari, PL2–PL5 sebanyak 20–60 individu/ekor/hari, dan PL6–PL7 meningkat hingga 60–80 individu/ekor/hari. Jika dikonversi, jumlah *Artemia* dalam 1 gram kista kering umumnya berkisar ± 250.000 – 280.000 nauplii, sehingga 0,5 gram setara ± 125.000 – 140.000 individu, sedangkan 1 gram menyediakan ± 250.000 – 280.000 individu *Artemia*. Dengan demikian, kebutuhan pakan per ekor dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah Artemia/ekor/hari} = \frac{\text{Total Artemia (individu)}}{\text{Jumlah Udang(ekor)}}$$

Atau :

$$A = \frac{W \times D}{N}$$

Keterangan:

A = Artemia per ekor (individu)

W = bobot kista Artemia (gram)

D = densitas Artemia per gram (individu/gram)

N = jumlah larva (ekor).

Penerapan dosis bertahap ini selaras dengan prinsip manajemen pakan yang efisien, karena selain memenuhi kebutuhan energi dan protein larva, juga mengurangi risiko penurunan kualitas air akibat sisa pakan berlebih. Pemberian *Artemia* dalam jumlah tepat terbukti mampu meningkatkan laju pertumbuhan dan mempertahankan sintasan larva, sekaligus mendukung efisiensi konversi pakan sebagaimana ditunjukkan pada kajian frekuensi pakan dan kualitas nutrisi pada udang juvenile (Zainuddin *et al.*, 2014).

2.4.4 Preparasi Ekstrak Daun Belimbing wuluh

Daun belimbing wuluh yang dipetik, selanjutnya dibersihkan dengan menggunakan air yang mengalir, hal ini bertujuan yakni membersihkan cemaran yang menempel pada daun tersebut. Selanjutnya ditempatkan di atas wadah dengan permukaan besar

untuk ditiriskan, dan dikeringkan dengan cara dikering menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 48 jam. Hal ini berdasarkan penelitian (Siregar *et al.*, 2023) bahwa metode pengeringan daun belimbing wuluh yang paling efektif untuk mempertahankan kandungan bioaktif adalah pengeringan menggunakan oven pada suhu 60 °C. Cara ini terbukti mampu menjaga senyawa fenolik, flavonoid, saponin, alkaloid, dan steroid tetap stabil sehingga aktivitas antibakterinya lebih optimal dibandingkan dengan pengeringan sinar matahari langsung maupun tidak langsung. Daun yang telah dikeringkan kemudian diblender kemudian diayak menggunakan saringan berukuran 60 mesh.

2.4.5 Pembuatan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh

Proses ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi. Pada penelitian ini, jumlah ekstrak cair daun belimbing wuluh yang ditargetkan adalah sebanyak 216 mL. Sampel berupa tepung daun belimbing wuluh ditimbang sebanyak 1.400 g, kemudian dimasukkan ke dalam wadah kaca berkapasitas besar. Selanjutnya, ditambahkan pelarut etanol 70% dengan volume sekitar 5 liter sehingga perbandingan bahan dan pelarut adalah 1:10. Campuran diaduk hingga homogen, kemudian wadah ditutup rapat dan disimpan di tempat terlindung dari cahaya selama tiga hari (3 × 24 jam) dengan pengadukan tiga kali setiap hari. Setelah maserasi selesai, campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman dengan bantuan corong Büchner yang terhubung pada pompa vakum, sehingga diperoleh filtrat dan residu. Filtrat selanjutnya diuapkan menggunakan rotary evaporator hingga diperoleh ekstrak pekat, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40–50 °C hingga 4 jam untuk memastikan tidak ada sisa pelarut.

2.5 Prosedur Penelitian

2.5.1 Pemeliharaan Hewan Uji

Larva udang vaname yang baru diambil dari lokasi hatchery diaklimatisasi terlebih dahulu dengan cara merendam plastik packing dan membuka plastik packing secara perlahan agar udang dapat beradaptasi dengan lingkungan baru. Media pemeliharaan larva udang vaname pada penelitian ini menggunakan air laut bersalinitas 25–30 ppt yang sebelumnya telah disterilisasi. Proses sterilisasi dilakukan untuk memastikan bahwa media bebas dari mikroorganisme patogen atau kontaminan lain yang dapat mengganggu pertumbuhan dan kesehatan larva. Salinitas 25–30 ppt dipilih karena berada dalam kisaran optimal bagi perkembangan larva udang vaname, terutama pada stadia awal

seperti PL1 hingga PL12. Media yang bersih dan sesuai secara fisiologis menjadi faktor penting untuk menciptakan lingkungan pemeliharaan yang stabil dan mendukung performa larva secara optimal.

udang yang telah beradaptasi terhadap lingkungan dan pakan uji, dilakukan pengukuran panjang dan menimbang bobot sebagai data awal tubuh udang vaname lalu dimasukkan ke container box percobaan sesuai padat penebaran yang telah ditentukan yakni 3 ekor/1 Liter airnya. Pemeliharaan udang uji dilakukan selama 12 hari untuk menunjang kebutuhan oksigen terlarut dalam media, aerasi diberikan secara terus menerus selama masa pemeliharaan. Aerasi ini berfungsi menjaga kualitas air tetap baik, mencegah pembentukan zona anaerob di dasar wadah, dan membantu distribusi merata dari senyawa atau bahan aktif dalam media, termasuk ekstrak daun belimbing wuluh. Berdasarkan (SNI 7311-2009, 2009), pemberian *Artemia* sebagai pakan alami diberikan 5x sehari yaitu pada pukul 07.00, 10.00, 13.00, 16.00, dan 19.00 WITA dalam jumlah yang sesuai kebutuhan larva. Frekuensi pemberian ini bertujuan untuk memastikan ketersediaan pakan secara kontinu, sehingga kebutuhan nutrisi larva tercukupi guna mendukung pertumbuhan dan perkembangan organ, dan sampling dilakukan 2x selama proses pemeliharaan untuk mengukur perkembangan panjang dan bobot serta dilakukan pengecekan penyesuaian dosis pemberian pakan 2 hari pertama masa pemeliharaan. Selain itu, selama proses pemeliharaan demi menjaga kualitas airnya tetap baik maka dilakukan penyiponan air setiap siang sebelum pemberian pakan parameter kualitas air seperti suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan salinitas diukur setiap hari yakni pagi dan sore, sementara kadar amonia dan nitrit dianalisis pada awal pemeliharaan dan akhir pemeliharaan. Monitoring rutin ini bertujuan untuk menjaga media tetap dalam kondisi optimal dan mengidentifikasi secara dini adanya perubahan lingkungan yang dapat memengaruhi kesehatan larva. Ekstrak daun belimbing wuluh ditambahkan ke dalam media pemeliharaan satu kali sehari sesuai dosis perlakuan masing-masing (B, C, dan D). Penambahan dilakukan secara hati-hati agar senyawa bioaktif dalam ekstrak dapat tersebar merata di dalam media dan memberikan efek antibakteri maupun imunostimulan secara efektif.

2.6 Pengamatan dan Pengukuran

Parameter yang diamati selama penelitian ini, yaitu :

2.6.1. Pertumbuhan Larva

- a. Pengukuran panjang larva (mm) dan/atau bobot kolektif larva per bak dilakukan di awal (hari ke-0) dan akhir (hari ke-12) pemeliharaan.

Rumus pertumbuhan panjang rata-rata:

$$\text{Panjang akhir} - \text{Panjang awal}$$

- b. Pertumbuhan bobot mutlak

$$W_m = W_t - W_o$$

Keterangan :

W_m = W_m (Pertambahan bobot mutlak)

W_t = (Berat rata-rata akhir)

W_o = (Berat rata-rata awal)

2.6.2. Sintasan (Survival Rate)

- a. Persentase larva yang hidup hingga akhir penelitian.

$$SR (\%) = \frac{\text{Jumlah akhir larva}}{\text{Jumlah awal larva}} \times 100$$

2.6.3. Kualitas Air

Parameter meliputi suhu, pH, DO, salinitas, amonia, dan nitrit dicatat secara rutin untuk memastikan media berada dalam kondisi optimal.

2.7 Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan dan sintasan larva udang. Jika terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$), maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan atau Tukey HSD untuk mengetahui perlakuan yang paling optimal.