

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu komoditas ekspor utama Indonesia, dengan hasil ekspor ini dapat memberikan kontribusi besar terhadap pembiayaan negara melalui industri akuakultur. Produksi udang vannamei terus meningkat sejak diperkenalkan pada awal tahun 2000-an, mencapai ratusan ribu ton per tahun dengan nilai ekonomi tinggi karena pertumbuhannya cepat dan tingkat toleransi salinitasnya yang tinggi (Awalia & Suherman, 2024). Namun, keberhasilan dari budidaya ini terganggu oleh adanya wabah penyakit bakteri *Vibrio* spp, yang mengakibatkan *Luminous Vibriosis* dan *Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease* (AHPND). Menurut penelitian Ningrum, (2022) menunjukkan bahwa infeksi *Vibrio* berkontribusi terhadap kematian massal hingga 100% pada populasi larva di hatchery.

Kerugian ekonomi akibat wabah ini tidak hanya menurunkan produksi tetapi juga menekan harga pasar dan meningkatkan biaya pengendalian penyakit. Di Sulawesi Selatan, hatchery seperti PT. Bumi Persada Gemilang Shrimp Hatchery Centralpertiwi Bahari menghadapi tantangan serupa yang mengancam keberlanjutan produksi benih berkualitas. Populasi *Vibrio Green* dan *Yellow* menjadi indikator kritis

kesehatan larva udang vannamei karena karakteristik pigmen spesifiknya yang mudah diidentifikasi. *Vibrio Green* (*V. harveyi*, *V. alginolyticus*) menghasilkan pigmen hijau fluoresen (pyocyanin-like) yang terdeteksi di bawah sinar UV pada media TCBS, menandakan potensi luminous vibriosis stadium awal (nauplius-zoea).

Sementara *Vibrio Yellow* (*V. parahaemolyticus*, *V. campbellii*) membentuk koloni kuning akibat pigmen xanthomonadin, sering berhubungan dengan serius vibriosis pada mysis-post larvae (Putri Maulidya, 2021). Kedua jenis ini membentuk biofilm pada tank hatchery dan artemia, memfasilitasi proliferasi cepat melebihi ambang batas aman 10^3 CFU/mL. Di Indonesia menunjukkan bahwa kepadatan *Vibrio* $>10^5$ CFU/mL berkorelasi dengan survival rate $<50\%$ pada larva (Sari *et al.*, 2023). Karakteristik patogen oportunistik ini menjadikan pemantauan populasi sebagai prasyarat biosecurity hatchery modern.

Kondisi hatchery komersial yang rentan terhadap infeksi *Vibrio* akibat sumber air teluk dan praktik manajemen intensif. Lokasi pesisir dengan salinitas 25-35 ppt dan suhu $28-32^{\circ}\text{C}$ menciptakan kondisi ideal proliferasi *Vibrio* spp. Pemantauan rutin diperlukan untuk mencegah luminous vibriosis (gejala glowing larvae) dan serius vibriosis (hepatopankreas nekrosis) yang sering terjadi saat kepadatan larval >200 ekor/L. Berdasarkan hal tersebut penulis melakukan penelitian tugas akhir

dengan judul "Analisis Kesehatan Larva Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Terhadap Populasi *Vibrio Green* dan *Yellow*".

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menganalisis status kesehatan larva udang vannamei berdasarkan populasi bakteri dari genus *vibrio* khususnya *vibrio green* dan *vibrio yellow* pada media pemeliharaan larva.
2. Mengetahui faktor lingkungan yang mempengaruhi pemeliharaan larva udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*)

1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai acuan untuk menetapkan standar manajemen biosecurity berbasis data populasi *vibrio green* dan *yellow* guna mengoptimalkan penggunaan probiotik sehingga menghasilkan produksi larva yang berkualitas.

1.4 Ruang Lingkup

1. Lokasi: PT. Bumi Persada Gemilang Shrimp Hatchery Central Pertiwi Bahari
2. Objek: Larva udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) stadium nauplius 5 – Post Larva 8
3. Fokus: Populasi *Vibrio Green & Yellow*

4. Parameter: Populasi *Vibrio Green & Yellow*, Suhu, Salinitas, Ph, Alkalinitas dan TAN
5. Waktu: Selama satu siklus produksi (15-20 hari)
6. Metode: TCBS agar

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

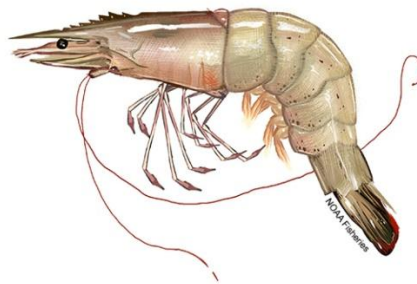
2.1 Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*)

Komoditas budidaya yang diamati dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah udang vannamei (*Litophaneus vannamei*) dengan klasifikasi sebagai berikut :

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Klasifikasi udang vannamei (Boone, 1931) dapat dilihat sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Subfilum	: Crustacea
Kelas	: Malacostraca
Subkelas	: Eumalacostraca
Superordo	: Eucarida
Ordo	: Decapoda
Subordo	: Dendrobranchiata
Famili	: Penaeidae
Genus	: <i>Litopenaeus</i>
Spesies	: <i>Litopenaeus vannamei</i>



Gambar 1. Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) memiliki karakteristik morfologi khas famili Penaeidae dengan tubuh memanjang bersegmen yang melindungi karapas keras membentuk sefalotoraks. Rostrum menonjol dengan 8-10 gigi dorsal dan 2-3 gigi ventral, ciri diagnostik genus *Litopenaeus* yang membedakannya dari genus *Penaeus* lainnya. Kaki jalan pertama, kedua, dan ketiga berfungsi sebagai capit (*chela*) untuk menangkap makanan, sementara maxilliped dimodifikasi sebagai organ masticatori. Abdomen terdiri dari 6 somit dengan 5 pasang pleopoda untuk renang dan uropoda membentuk kipas ekor bersama telson lancip. Betina memiliki thelycum terbuka tanpa tempat penyimpanan sperma permanen, ciri khas subgenus *Litopenaeus*. Warna tubuh semi-transparan dengan garis gelap longitudinal dan kaki berwarna putih khas (*white leg shrimp*), dengan panjang dewasa mencapai 18-23 cm. Struktur antennula dan antena panjang mendukung sensorik lingkungan akuatik, rostrum vannamei memiliki 8-10

gigi dorsal dan 2-3 ventral, helycum vannamei terbuka (*open type*) tanpa struktur penutup permanen, memerlukan spermatophore transfer berulang.

2.1.2 Biologi dan Siklus Hidup

Ontogeni larva udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) meliputi empat stadium utama yang kritis: Nauplius I-VI (1-2 hari), Zoea I-III (2-3 hari), Mysis I-III (2-3 hari), dan Post Larvae (PL1-15) (7-10 hari) dengan total siklus 12-18 hari pada suhu optimal 30°C. Stadium Nauplius bersifat non-feeding, bergantung pada kuning telur dengan gerakan berenang vertikal aktif, sementara Zoea ditandai pembukaan mulut dan kebutuhan pakan mikroalga. Mysis menunjukkan morfologi udang dewasa dengan kaki jalan fungsional, dan PL mulai bentic dengan kemampuan konsumsi granular. Penelitian Serihollo *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa Zoea dan Mysis sebagai fase paling rentan luminous vibriosis akibat *Vibrio harveyi* yang berkembang pesat saat kepadatan >150 ekor/L. Pemeliharaan sinkron moulting krusial untuk keberhasilan metamorfosis, dengan *survival rate* optimal >70% hingga PL10. Transisi antar stadium memerlukan penggantian air bertahap 20-100% untuk cegah akumulasi metabolit toksik.

Kebutuhan nutrisi setiap stadium berbeda signifikan untuk mendukung metamorfosis udang. Nauplius hanya memerlukan oksigen >6 mg/L dan yolk sac internal; Zoea I-III membutuhkan *Chaetoceros calcitrans* (10^4 - 10^5 sel/mL) dan *Isochrysis galbana* rasio 60:40 dengan SKT 10 mL/m³

untuk lipid HUFA. Mysis I-III transisi ke rotifera *Brachionus plicatilis* (5-10 ekor/mL) dan artemia nauplii (1-3 ekor/mL) dengan protein 45-50%. PL1-10 mengonsumsi artemia metanauplii dan pakan buatan 100-300 µm (protein 50-55%, frekuensi 8-12 kali/hari). Kekurangan DHA/EPA menyebabkan zoea syndrome (*appendage deformity*), sementara overdosis pakan memicu *Vibrio* bloom (Hakim, 2017).

Faktor kritis keberhasilan metamorfosis meliputi stabilitas parameter air, pengelolaan kepadatan, dan pengendalian patogen. Suhu 29-31°C, salinitas 28-32 ppt, pH 8.0-8.3, DO >6 mg/L, dan NH₃ <0.1 mg/L wajib dipertahankan; fluktuasi >2 ppt memicu moulting asinkron. Kepadatan optimal: Nauplius 250-300/L, Zoea 100-150/L, Mysis 50-80/L, PL 20-30/L; overcrowding meningkatkan *Vibrio* >10⁵ CFU/mL. Penggantian air sinkron moulting (20-50% saat 80% larva moulting) cegah stres osmotik. Probiotik *Bacillus subtilis* 10⁶ CFU/mL dan UV steril water exchange efektif kurangi *Vibrio* Green-Yellow. Monitoring hepatosoma index dan swimming behavior harian deteksi dini mysis mold death syndrome (Suriadnyani *et al.*, 2021).

2.1.3 Pemeliharaan Larva di Hatchery

Budidaya larva udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di hatchery modern mengikuti *Standar Operating Procedure* (SOP) yang ketat untuk capai *survival rate* (SR) >70% hingga PL15. SOP mencakup induksi

ovulasi nauplius density 250-300/L, feeding schedule mikroalga-rotifera-artemia, dan biosecurity (UV/chlorine treatment). Penggantian air sinkron moulting (20-100% volume) wajib untuk jaga kualitas air stabil (suhu 30°C, salinitas 30 ppt, DO >6 mg/L). Monitoring *Vibrio* harian menggunakan TCBS agar (threshold 10^3 CFU/mL) dan probiotik aplikasi 10^6 CFU/mL. Protokol hatchery bersertifikat SPF/BFAL minimalkan White Spot Syndrome Virus (WSSV) dan Taura Syndrome Virus (TSV). Di Indonesia, SOP nasional BKSDA memastikan benih bebas patogen untuk tambak (Pratiwi et al., 2022).

Sistem *tank batch* dan *flow-through* menentukan efisiensi produksi hatchery udang vannamei. Batch system (*closed recirculating*) umum di hatchery komersial Indonesia, dengan 40-60 tank fiberglass 1-2 m³, water exchange 30-50% harian, dan *green water* *Chaetoceros-Nannochloropsis* 10^5 sel/mL. Sistem ini kontrol *Vibrio* efektif melalui ozon/UV tapi biaya operasional tinggi (Rp 5-7 juta/siklus). *Flow-through* (*open system*) gunakan air laut alami filtrasi 1-5 µm, cocok skala kecil tapi rentan kontaminasi *Vibrio harveyi* dari plankton liar. Batch system capai SR 75-85% vs flow-through 60-70%, dengan produksi PL 5-10 juta/siklus (Wulandari et al., 2023). Transisi batch ke RAS (Recirculating Aquaculture System) teknologi terkini yang digunakan untuk biosecurity maksimal.

Kepadatan tebar optimal per stadium krusial cegah cannibalism dan *Vibrio* bloom. Nauplius I-VI: 250-350 ekor/L (*non-feeding*); Zoea I-III: 120-180 ekor/L dengan *Chaetoceros* 10^4 sel/mL; Mysis I-III: 60-100 ekor/L tambah rotifera 5 ekor/mL; PL1-10: 20-40 ekor/L artemia 2 ekor/mL. *Overdensity* >20% tingkatan mortalitas 30-50% akibat ammonia >0.2 mg/L dan *Vibrio* > 10^5 CFU/mL. Penelitian Rahayu dan Santoso, 2021 menunjukkan SR optimal 82% pada kepadatan Zoea 150/L dengan water exchange 40%. Grading ukuran tiap 2 hari dan LED light 100-200 lux tingkatan *feeding efficiency* 15%. Standar ini dasar sertifikasi benih berkualitas nasional.

2.2 Bakteri *Vibrio*

2.2.1 Karakteristik *Vibrio Green*

Vibrio Green pada larva udang vannamei terutama mencakup *Vibrio harveyi* dan *V. alginolyticus* yang identik dengan pigmen pyocyanin-like berwarna hijau fluoresen di bawah sinar UV. Koloni hijau transparan tumbuh optimal pada media TCBS (*Thiosulfate Citrate Bile Salts Sucrose*) akibat non-fermentasi sukrosa, ciri khas patogen luminous vibriosis. Bakteri ini berbentuk basil gram negatif, motil dengan flagel polar, fakultatif anaerob, dan halofilik (optimal salinitas 20-40 ppt, suhu 28-32°C). Identifikasi konfirmasi melalui fluoresensi hijau (400-450 nm) dan β -

hemolisis pada blood agar. Penelitian Amrullah *et al.*, 2023 menunjukkan *Vibrio Green* dominan saat ammonia >0.2 mg/L, mencapai 10^5 - 10^7 CFU/mL saat mass mortality . Karakteristik ini menjadikannya indikator utama kesehatan hatchery.

Faktor virulensi *Vibrio Green* meliputi produksi enzim proteolitik (protease, lipase), kitinolitik, dan toksin bioluminisens (lux operon) yang memicu luminous vibriosis. Enzim extracellular memecah kitin eksoskeleton larva, memfasilitasi invasi sistemik ke hepatopankreas dan hemolymph. Biofilm formation pada tank fiberglass dan artemia nauplii tingkatan resistensi antibiotik dan probiotik hingga 1000x. *V. harveyi* hasilkan metalloprotease (vh-hpx) dan hemolysin yang induksi apoptosis sel hepatopancreas. Quorum sensing via autoinducer AI-2 koordinasi virulensi massal saat kepadatan bakteri $>10^6$ CFU/mL. Di wilayah Sulawesi Selatan *Vibrio Green* mempengaruhi sekitar 70% kegagalan produksi PL (Felix & Irawan, 2020).

Pemantauan *Vibrio Green* esensial karena luminous vibriosis gejala larva bercahaya (nauplius-zoea) sebabkan SR $<30\%$ dalam 24-48 jam. Threshold aman $<10^3$ CFU/mL air tank; $>10^5$ CFU/mL indikasi wabah. Identifikasi dini via TCBS+UV light cegah mass mortality Rp 50-100 juta/siklus. Probiotik *Bacillus subtilis* kompetitif efektif (reduksi 85%) jika aplikasi preventif 10^6 CFU/MI (Aris & Handayani, 2021).

2.2.2 Karakteristik *Vibrio Yellow*

Vibrio Yellow pada larva udang vannamei terutama diidentifikasi sebagai *Vibrio parahaemolyticus* dan *V. campbellii* yang menghasilkan pigmen xanthomonadin berwarna kuning cerah pada media TCBS. Koloni kuning opaque terbentuk akibat fermentasi sukrosa dengan diameter 2-4 mm, berbeda dengan *Vibrio Green* non-fermenter. Karakteristik utama adalah non-motil atau kurang motil dengan flagel polar minim, fakultatif anaerob, dan optimal tumbuh suhu 25-35°C salinitas 15-40 ppt. Identifikasi konfirmasi melalui katalase positif, oksidase positif, dan urease negatif, dengan indeks biokimia API 20E skor VP 7055174. Penelitian Indonesia menunjukkan *Vibrio Yellow* dominan saat hepatopankreas nekrosis stadium mysis-PL, mencapai 10^6 CFU/mL (Saraswati & Wijaya, 2023). Karakteristik ini krusial untuk deteksi dini *Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease* (AHPND).

Mekanisme infeksi *Vibrio Yellow* dimulai kolonisasi gastrointestinal via artemia metanauplii tercemar, membentuk biofilm tahan probiotik pada gut lining. *V. parahaemolyticus* AHPND hasilkan PirA/PirB toksin binary yang induksi apoptosis hepatopankreas sel via receptor binding, menyebabkan hepatopankreas atrophy dalam 24-48 jam. Patogenesis ditandai pale-empty gut, hepatosoma shrunk, dan leucopenia hemolymph dengan mortalitas 70-100%. *V. campbellii* gunakan T3SS (*Type III*

Secretion System) injeksi efektor protein ke hemocytes, inhibisi fagositosis. Quorum sensing LuxS regulasi virulensi saat density $>10^5$ CFU/mL, koordinasi mass infection (Prasetyo *et al.*, 2021).

Pemantauan *Vibrio Yellow* esensial karena AHPND tidak tunjukkan gejala luminous tapi sudden collapse SR $<20\%$ hari ke-10. Threshold kritis 10^4 CFU/mL air tank; $>10^6$ CFU/mL indikasi wabah sistemik. Identifikasi TCBS kuning + PCR tlh gene spesifik cegah kerugian Rp 100 juta/siklus. Probiotik multi-strain (*Bacillus-Lactobacillus*) aplikasi 48 jam pre-infection reduksi 75% (Setiawan & Nugroho, 2022).

2.3.3 Siklus Infeksi pada Larva

Siklus infeksi *Vibrio* pada larva udang vannamei dimulai melalui rute masuk primer: air tank tercemar (70% kasus), artemia nauplii/metanauplii (25%), dan pakan hidup mikroalga/rotifera (5%). Bakteri masuk saat water exchange dari plankton liar atau biofilm pipe, kolonisasi gastrointestinal saat feeding frenzies Zoea-Mysis. Artemia tercemar *V. harveyi* ($>10^5$ CFU/ekor) transfer langsung via phagocytosis gut larva. Pakan hidup seperti rotifera *Brachionus* carrier *Vibrio* dalam cyst wall, dilepaskan saat digestion. Penelitian Indonesia tunjukkan 85% luminous vibriosis berasal kombinasi air-artemia saat kepadatan Zoea >150 ekor/L (Wibowo *et al.*, 2022). Rute horizontal ini percepat epidemi dalam 12-24 jam post-kontaminasi.

Biofilm formation *Vibrio* pada tank fiberglass dan eksoskeleton larva tingkatan virulensi 1000x via matrix EPS (*extracellular polymeric substances*). *V. harveyi* adhesi permukaan hydrophobik tank dalam 6 jam, resisten klorin 50 ppm dan probiotik dosis rendah. Pada larva, biofilm coating antennule-appendage inhibisi moulting dan swimming, tingkatan mortalitas 40%. Quorum sensing LuxS koordinasi biofilm maturation saat density 10^6 CFU/cm², ekspresi lux operon luminosity. Konfirmasi biofilm *Vibrio* tank bertahan 30 hari, source primer reinfeksi siklus (Sukma & Pratama, 2021). Mechanical scrubbing + UV 254 nm esensial untuk eliminasi.

Luminosity sebagai virulence factor *Vibrio harveyi* dihasilkan lux operon (luxCDABE) aktif saat quorum sensing threshold, sinyal kaskade infeksi massal. Cahaya biru-hijau (490 nm) oksidasi aldehida substrat long-chain, konsumsi oksigen di area hepatopankreas induksi hypoxia seluler. Larva bercahaya pada stadium Zoea I-II menunjukkan infeksi sistemik, mortalitas 90% dalam 48 jam. LuxI/R regulasi autoinducer AI-1 (acyl-HSL) sinkronkan virulensi populasi, inhibisi fagositosis hemocytes (Rahmawati *et al.*, 2023).