



Uji Daya Hambat Ekstrak Bawang Putih terhadap *Vibrio* sp. dari Tambak Udang Vannamei yang Terkena *White Feces Disease* (WFD)

Budhi Wahyu Nurindra^{1*}, Pande Gde Sasmita Julyantoro², Dewa Ayu Angga Pebriani³

¹⁻³Universitas Udayana, Indonesia

*Penulis Korespondensi: indrasarilaut09@gmail.com

Abstract. *White Feces Disease (WFD)*, which infects Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), poses a serious challenge in aquaculture due to its potential to cause mass mortality and substantial economic losses. One of the main causes of this disease is bacterial infection from the genus *Vibrio*. The use of natural substances, such as garlic (*Allium sativum*) extract, is considered a more environmentally friendly and sustainable alternative for disease control. This study aimed to examine the effect and determine the optimal concentration of garlic extract in inhibiting the growth of *Vibrio* sp. isolated from WFD-infected *L. vannamei* ponds, cultured on TCBS media. The study was conducted in vitro using the disc diffusion method with four extract concentrations (25%, 50%, 75%, and 100%) against two bacterial isolates, designated as isolate A and isolate B. The results showed that garlic extract was able to inhibit the growth of *Vibrio* sp., with the largest inhibition zone observed in isolate A at 75% concentration (14.8 mm) and in isolate B at 100% concentration (19.3 mm). These findings indicate the potential of garlic as a natural antibacterial agent to inhibit pathogenic bacteria and support the sustainability of shrimp aquaculture.

Keywords: Garlic Extract; Natural Antibacterial; Vannamei Shrimp Farming; *Vibrio* sp.; *White Feces Disease*.

Abstrak. Penyakit *White Feces Disease* (WFD) yang menginfeksi udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) menjadi tantangan serius dalam budidaya perairan karena dapat menyebabkan kematian massal dan kerugian ekonomi yang besar. Salah satu penyebab utama penyakit ini adalah infeksi bakteri dari genus *Vibrio*. Penggunaan bahan alami seperti ekstrak bawang putih (*Allium sativum*) dipertimbangkan sebagai alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh serta konsentrasi optimum ekstrak bawang putih dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. yang diisolasi dari tambak udang vannamei yang terinfeksi WFD, yang ditumbuhkan dalam media TCBS. Penelitian dilakukan secara in vitro dengan metode difusi cakram menggunakan empat konsentrasi ekstrak (25%, 50%, 75%, dan 100%) terhadap dua jenis isolat bakteri *Vibrio* sp., yaitu isolat A dan isolat B. Hasil menunjukkan bahwa ekstrak bawang putih mampu menghambat pertumbuhan *Vibrio* sp., dengan zona hambat terbaik pada isolat A ditemukan pada konsentrasi 75% (14,8 mm), dan pada isolat B zona hambat tertinggi terjadi pada konsentrasi 100% (19,3 mm). Hasil ini menunjukkan potensi bawang putih sebagai antibakteri alami dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen untuk mendukung keberlanjutan budidaya udang.

Kata Kunci: Antibakteri Alami; Budidaya Udang Vannamei; Ekstrak Bawang Putih; *Vibrio* sp.; *White Feces Disease*.

1. PENDAHULUAN

Budidaya udang Vannamei merupakan kegiatan yang semakin populer di beberapa negara tropis, termasuk Indonesia (Ariadi *et al.*, 2019). Di Indonesia, budidaya ini mulai dilakukan sejak tahun 2001, setelah sebelumnya mengalami kegagalan dalam budidaya udang windu (Ariadi *et al.*, 2020). Produktivitas udang vannamei di Indonesia terus menunjukkan peningkatan, seiring dengan berbagai program revitalisasi tambak yang mulai banyak diterapkan secara bertahap di lapangan (Alauddin & Putra, 2023). Vannamei berasal dari pantai barat Pasifik Amerika Latin, dan pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada tahun 2001

(Nababan *et al.*, 2015). Jenis udang ini memiliki nilai ekonomis yang signifikan dan menjadi alternatif budidaya selain udang windu dan udang putih. Keunggulan budidaya udang Vannamei termasuk responsif terhadap pakan dengan nafsu makan yang tinggi, ketahanan terhadap penyakit yang lebih baik, serta mampu bertahan dalam lingkungan yang kurang baik. Pertumbuhannya juga lebih cepat, memiliki tingkat kelangsungan hidup yang tinggi, padat tebar yang relatif tinggi, dan waktu pemeliharaan yang singkat, sekitar 90-100 hari per siklus (Nababan *et al.*, 2015).

Udang vannamei dikenal memiliki daya tahan yang cukup baik terhadap penyakit, namun dalam praktik budidaya sehari-hari, terutama dengan sistem intensif, udang ini tetap menghadapi ancaman serius dari berbagai penyakit yang bisa menghancurkan hasil panen dalam waktu singkat. Sistem budidaya intensif dengan padat tebar tinggi seringkali menciptakan kondisi yang kurang ideal bagi udang, dimana mereka harus bersaing ketat untuk mendapatkan ruang dan pakan, sehingga tingkat stres meningkat dan daya tahan tubuh menurun (Siregar *et al.*, 2021). Kondisi lingkungan budidaya yang tidak stabil, seperti perubahan kualitas air yang mendadak, penumpukan bahan organik di dasar tambak, serta pengelolaan pakan yang kurang tepat, menjadi pemicu utama munculnya wabah penyakit pada tambak udang (Muliani & Nurbaya, 2009). Yang lebih mengkhawatirkan lagi, beberapa tahun terakhir ini muncul penyakit-penyakit baru yang lebih ganas dan sulit dikendalikan dengan cara-cara pengobatan konvensional, sehingga para pembudidaya membutuhkan pendekatan baru yang lebih efektif namun tetap aman untuk lingkungan dan konsumen.

Penyakit menjadi tantangan utama dalam pemeliharaan udang vaname yang menghambat perkembangan usaha budidaya karena dapat menyebabkan tingkat kematian yang signifikan. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), produksi udang vaname Indonesia pada tahun 2023 diperkirakan mencapai sekitar 930.000 hingga 950.000 ton, menurun dibandingkan dengan capaian tahun sebelumnya yang mencapai sekitar 980.000 ton, salah satu penyebabnya adalah kurangnya pengetahuan pembudidaya tentang penyakit yang menyerang udang serta cara mengatasinya. Oleh karena itu, penting bagi pembudidaya untuk memahami penyakit yang menyerang udang dengan baik agar dapat mengambil langkah pencegahan dan pengobatan yang tepat. Salah satu penyakit yang sering menginfeksi udang vaname adalah *White Feces Disease* (WFD) yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio* sp.

White Feces Disease (WFD) merupakan salah satu penyakit utama yang menyerang udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dan mengganggu sistem pencernaannya. Penyakit ini ditandai dengan keluarnya feses putih yang mengapung di permukaan air akibat gangguan mikrobiota usus dan penurunan fungsi organ pencernaan, seperti dijelaskan oleh Pratiwi dan

Suryaningrum (2021) sebagai penyakit yang berkaitan dengan disbiosis usus dan stres lingkungan. Gejala-gejala yang muncul antara lain penurunan nafsu makan, perubahan warna hepatopankreas menjadi putih, dan feses berbentuk seperti lendir putih. Dampak penyakit ini cukup serius karena dapat menyebabkan konversi pakan yang buruk, penurunan produksi, dan kematian massal dalam waktu singkat, sebagaimana dilaporkan oleh Pratama dan Prayitno (2020) pada tambak intensif di Kabupaten Tuban. Penularannya dapat terjadi melalui air maupun kontak langsung antar udang, terutama dalam kondisi budidaya dengan kepadatan tinggi. Oleh karena itu, pemahaman menyeluruh mengenai penyakit ini penting agar dapat dilakukan tindakan pencegahan. Salah satu pendekatan yang ramah lingkungan adalah penggunaan ekstrak bawang putih (*Allium sativum*), yang terbukti memiliki aktivitas antibakteri dan imunostimulan terhadap infeksi bakteri penyebab WFD menurut penelitian Sari dan Yusuf (2022) dalam Jurnal Akuakultur Indonesia.

Bawang putih memiliki kandungan senyawa aktif *Allicin* yang berfungsi untuk menghambat pertumbuhan isolat bakteri patogen berbahaya seperti *Salmonella typhimurium* pada penelitian yang dilakukan oleh Lingga & Rustama (2005). Selain itu, ekstrak bawang putih yang larut dalam air memiliki kemampuan antibakteri ini juga terbukti efektif melawan bakteri *Vibrio alginolyticus* dan *Vibrio parahaemolyticus* yang berkaitan erat dengan penyakit berak putih pada udang. Ketika udang terinfeksi penyakit berak putih secara parah, kondisi ini dapat merusak mukosa usus yang merupakan lapisan penting untuk penyerapan nutrisi. Kerusakan ini membuka jalan bagi bakteri patogen *Vibrio* untuk masuk ke dalam sistem peredaran darah (*haemolimp*) dan pada akhirnya dapat menyebabkan kematian udang.

Penggunaan *Allicin* dari ekstrak bawang putih dapat menjadi solusi pencegahan yang efektif karena kemampuannya mengendalikan pertumbuhan bakteri gram positif maupun gram negatif. Dengan demikian, ekstrak bawang putih berpotensi besar sebagai alternatif alami untuk mengurangi dampak infeksi bakteri pada udang, khususnya dalam mengatasi penyakit berak putih (Chutchawanchaipan *et al.*, 2004). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak bawang putih dengan dosis 10% memberikan hasil yang sangat menjanjikan, dengan tingkat kelangsungan hidup udang vannamei mencapai 91%. Pentingnya penelitian ini dilakukan karena industri budidaya udang Indonesia membutuhkan solusi yang tidak hanya efektif namun juga aman dan berkelanjutan, mengingat penggunaan antibiotik sintetis dapat menimbulkan resistensi bakteri dan residu berbahaya bagi konsumen. Ekstrak bawang putih sebagai bahan alami menawarkan alternatif yang ramah lingkungan, terjangkau, dan mudah diperoleh pembudidaya, sehingga diharapkan dapat meningkatkan produktivitas budidaya udang sekaligus mendukung keberlanjutan usaha masyarakat pesisir Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan rancangan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis potensi ekstrak bawang putih sebagai agen antibakteri terhadap pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. yang diisolasi dari tambak udang vanamei terinfeksi White Feces Disease (WFD). Proses penelitian diawali dengan isolasi bakteri, dilanjutkan dengan pembuatan media kultur (TCBS dan LB Broth), serta persiapan ekstrak bawang putih segar tanpa pelarut untuk mempertahankan senyawa bioaktif seperti allicin. Selanjutnya, dilakukan pengujian daya hambat dengan metode difusi cakram Kirby-Bauer menggunakan empat konsentrasi ekstrak (25%, 50%, 75%, dan 100%) yang masing-masing diulang tiga kali untuk memperoleh hasil yang valid (Rahman et al., 2021; Putri & Kordi, 2015).

Penelitian ini dilaksanakan pada 25 Februari–16 April 2025. Proses ekstraksi bawang putih dan uji daya hambat dilakukan di Laboratorium Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana, sedangkan pengambilan sampel bakteri dilakukan dari tambak udang vanamei di Jembrana. Kultur bakteri dipelihara dengan prosedur aseptik melalui peremajaan pada media TCBS dan LB Broth, kemudian diinkubasi pada suhu 36–37°C selama 18–24 jam sebelum digunakan dalam pengujian antibakteri. Zona bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram setelah inkubasi menjadi indikator adanya aktivitas antibakteri ekstrak bawang putih, yang diukur menggunakan jangka sorong untuk menentukan tingkat efektivitas (Tampemawa et al., 2016; Suharyono et al., 2022).

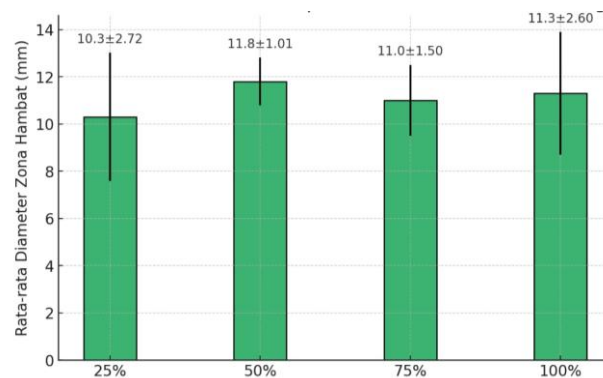
Analisis data dilakukan secara deskriptif dan kuantitatif menggunakan SPSS. Hasil pengamatan daya hambat diuji menggunakan Analisis Sidik Ragam (ANOVA) dengan taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan. Kekuatan daya hambat kemudian dikategorikan berdasarkan klasifikasi Davis dan Stout (1971), yaitu lemah (0–4 mm), sedang (5–10 mm), kuat (11–20 mm), dan sangat kuat (>20 mm). Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif terkait efektivitas ekstrak bawang putih sebagai antibakteri alami terhadap isolat bakteri penyebab WFD pada udang vanamei (Davis & Stout, 1971).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Bawang Putih terhadap Zona Hambat Isolat A

Isolate A merupakan bentuk pertumbuhan lambat dari *Vibrio* sp., sering muncul akibat stres lingkungan atau kompetisi mikroba seperti probiotik. Koloni ini termasuk varian SCV (*Small Colony Variant*) yang sulit terdeteksi karena jumlahnya sedikit dan pertumbuhannya lambat. Warna hijau pada media TCBS menunjukkan bahwa bakteri tidak memfermentasi sukrosa, seperti *V. parahaemolyticus*, yang umum ditemukan pada udang terinfeksi. Pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa besar kemampuan ekstrak bawang putih dalam menghambat pertumbuhan dua isolat bakteri *Vibrio* sp., yaitu Isolat A dan Isolat B. Masing-masing diuji menggunakan empat konsentrasi ekstrak yang berbeda, yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%. Diameter zona hambat yang terbentuk menjadi indikator sejauh mana bakteri dapat ditekan oleh senyawa aktif dalam ekstrak bawang putih.



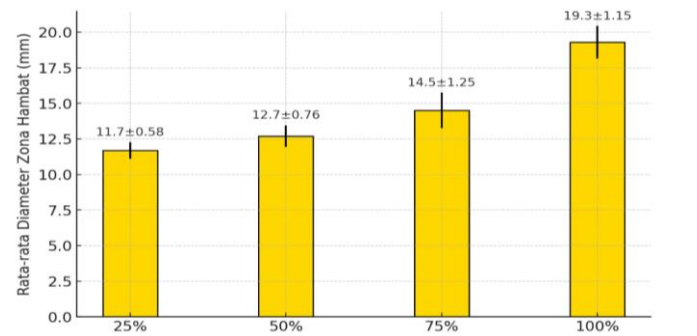
Gambar 1. Grafik Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Bawang Putih terhadap Zona Hambat Isolat A Bakteri *Vibrio* sp.

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan bahwa pengaruh tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Standar deviasi menunjukkan tingkat penyebaran data terkait zona hambat isolat A bakteri *Vibrio* sp.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa Isolat A yang ditunjukkan pada Gambar 1 memberikan respon yang cukup stabil terhadap perlakuan berbagai konsentrasi ekstrak bawang putih. Pada konsentrasi 25%, rata-rata diameter zona hambat yang terbentuk adalah 10,3 mm dengan standar deviasi sebesar $\pm 2,72$ mm. Ketika konsentrasi ditingkatkan menjadi 50%, terjadi peningkatan zona hambat menjadi 11,8 mm ($\pm 1,01$ mm), yang merupakan nilai tertinggi untuk isolat ini. Namun, pada konsentrasi 75%, nilai zona hambat justru mengalami sedikit penurunan menjadi 11,0 mm, sebelum kembali meningkat ke 11,3 mm ($\pm 2,60$ mm) pada konsentrasi 100%. Secara keseluruhan, pola fluktuasi ini memperlihatkan bahwa peningkatan

konsentrasi tidak selalu berbanding lurus dengan daya hambat yang dihasilkan. Grafik batang yang ditampilkan menunjukkan bahwa variasi terbesar antar ulangan terjadi pada konsentrasi 25%, mengindikasikan bahwa respon bakteri pada dosis rendah lebih tidak konsisten. Meskipun perbedaan antar perlakuan tidak signifikan secara statistik, hasil ini tetap menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak bawang putih memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan Isolat A, meskipun tidak secara linier.

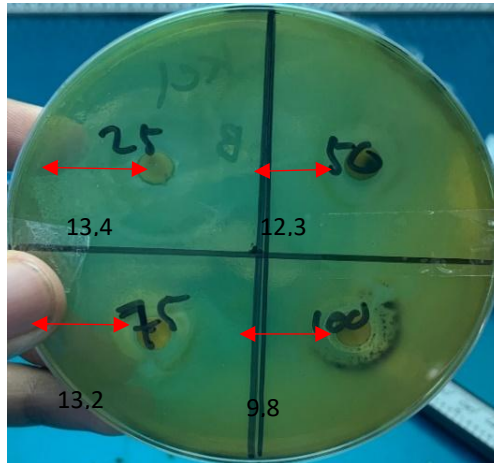
Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Bawang Putih terhadap Zona Hambat Isolat B



Gambar 2. Grafik Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Bawang Putih terhadap Zona Hambat Isolat B Bakteri *Vibrio sp.*

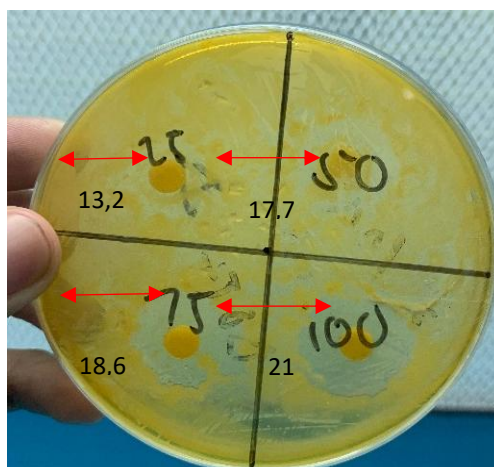
Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan bahwa pengaruh berbeda nyata ($P < 0,05$). Standar deviasi menunjukkan tingkat penyebaran data terkait zona hambat isolat B bakteri *Vibrio sp.*

Isolat B pada gambar 2 memperlihatkan pola respons yang lebih konsisten terhadap peningkatan konsentrasi ekstrak bawang putih dibandingkan Isolat A. Pada konsentrasi 25%, zona hambat rata-rata yang dihasilkan adalah 11,7 mm dengan standar deviasi $\pm 0,58$ mm. Nilai ini meningkat secara bertahap menjadi 12,7 mm ($\pm 0,76$ mm) pada konsentrasi 50%, lalu mencapai 14,5 mm ($\pm 1,25$ mm) pada konsentrasi 75%. Peningkatan paling signifikan terjadi pada konsentrasi 100%, di mana zona hambat mencapai 19,3 mm dengan standar deviasi $\pm 1,15$ mm. Berdasarkan grafik yang disajikan, terlihat adanya kecenderungan yang jelas bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin besar pula zona hambat yang terbentuk. Selain itu, nilai standar deviasi yang cenderung lebih kecil pada konsentrasi rendah mengindikasikan konsistensi respon antar ulangan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbedaan antar perlakuan signifikan secara statistik ($P < 0,05$), memperkuat temuan bahwa ekstrak bawang putih efektif dalam menghambat pertumbuhan Isolat B secara dosis-responsif. Pola ini menunjukkan bahwa Isolat B lebih responsif terhadap peningkatan konsentrasi senyawa aktif dalam bawang putih.

Hasil Visual Efek Ekstrak Bawang Putih terhadap Isolat A

Gambar 1. Visual Zona Hambat Isolat A pada Media Cawan Petri.

Dari hasil pengamatan langsung pada cawan petri yang digunakan untuk Isolat A pada Gambar 3, terlihat bahwa zona bening sebagai penanda terhambatnya pertumbuhan bakteri muncul di sekitar cakram ekstrak pada semua konsentrasi yang diuji. Warna media yang hijau membuat kontras zona hambat ini cukup mudah dikenali. Yang menarik, pada konsentrasi 75%, zona bening terlihat paling lebar dan merata. Pada konsentrasi 25%, zona hambat tampak lebih kecil dan kadang tidak begitu jelas bentuknya, sedangkan pada konsentrasi 100%, meskipun area bening tetap terlihat, luasnya tidak jauh berbeda dari 75%. Secara keseluruhan, tampilan zona hambat ini mendukung hasil ukur sebelumnya bahwa Isolat A cenderung lebih mudah dihambat oleh ekstrak bawang putih. Bentuk dan ukuran zona hambat yang muncul menunjukkan bahwa respons bakteri cukup sensitif terhadap senyawa aktif dalam bawang putih, khususnya pada konsentrasi menengah hingga tinggi.

Hasil Visual Efek Ekstrak Bawang Putih terhadap Isolat B

Gambar 4. Visual Zona Hambat Isolat B pada Media Cawan Petri.

Pada pengamatan cawan petri pada Gambar 4 yang berisi Isolat B, zona bening yang terbentuk terlihat lebih mencolok, terutama di bagian cakram dengan konsentrasi ekstrak 100%. Media yang berwarna kuning membuat perubahan kontras lebih mudah dilihat, dan zona hambat di konsentrasi tertinggi tampak bersih, tajam, serta luas. Namun, pola ini tidak sepenuhnya konsisten. Misalnya, pada konsentrasi 75%, zona bening justru tampak lebih kecil atau tidak seragam di beberapa ulangan. Konsentrasi 25% menunjukkan efek hambat paling lemah, dengan area bening yang kecil dan samar. Dari ketiga ulangan, dapat dilihat bahwa Isolat B merespon ekstrak bawang putih secara kuat hanya pada konsentrasi tinggi. Hal ini mungkin menunjukkan bahwa bakteri jenis ini memiliki ketahanan lebih besar atau perlindungan biologis seperti pembentukan biofilm. Walau demikian, pada konsentrasi 100%, zona bening tetap terbentuk dengan sangat jelas menandakan efektivitas ekstrak dalam menekan pertumbuhan bakteri.

Hasil Penggolongan Daya Hambat/Uji Sensitivitas

Tabel 1. Penggolongan Daya Hambat.

Konsentrasi Ekstrak (%)	Isolat A (mm)	Kategori Isolat A	Isolat B (mm)	Kategori Isolat B
25%	10,3	Sedang	11,7	Kuat
50%	11,3	Kuat	12,7	Kuat
75%	14,8	Kuat	14,5	Kuat
100%	12,8	kuat	19,3	Kuat

Sumber : Data terlampir pada skripsi penulis

Penggolongan daya hambat dilakukan untuk menilai tingkat efektivitas ekstrak bawang putih dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio sp.*, berdasarkan klasifikasi Davis dan Stout (1971). Klasifikasi ini membagi daya hambat ke dalam empat kategori, yaitu:

- a. 0–4 mm → Daya hambat lemah
- b. 5–10 mm → Daya hambat Sedang
- c. 11–20 mm → Daya hambat kuat
- d. >20 mm → Daya hambat sangat kuat

Berdasarkan data pada Tabel 1, Isolat A menunjukkan kategori daya hambat kuat pada konsentrasi 50%, 75%, dan 100%, sementara pada konsentrasi 25% termasuk dalam kategori sedang (karena berada tepat di batas bawah kategori kuat). Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak bawang putih mulai memberikan efek antibakteri yang efektif terhadap Isolat A pada konsentrasi 50% ke atas. Sementara itu, Isolat B menunjukkan hasil yang lebih stabil dan konsisten, di mana semua konsentrasi menghasilkan zona hambat dalam kategori kuat, mulai

dari 11,7 mm hingga 19,3 mm. Tidak ada konsentrasi yang masuk dalam kategori lemah maupun sedang. Artinya, ekstrak bawang putih memiliki daya hambat yang lebih merata dan kuat terhadap Isolat B, bahkan sejak konsentrasi 25%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa secara klasifikasi, ekstrak bawang putih menunjukkan daya hambat kuat terhadap kedua isolat bakteri pada konsentrasi $\geq 50\%$ untuk Isolat A dan $\geq 25\%$ untuk Isolat B, serta menunjukkan hasil paling optimal pada konsentrasi tertinggi.

Pembahasan

Efektivitas Ekstrak Bawang Putih terhadap Pertumbuhan *Vibrio* sp.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak bawang putih (*Allium sativum*) mampu menghambat pertumbuhan *Vibrio* sp., bakteri penyebab *White Feces Disease* (WFD) pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Zona hambat yang terbentuk pada berbagai konsentrasi menandakan adanya aktivitas antibakteri yang meningkat seiring dengan naiknya konsentrasi ekstrak. Hal ini selaras dengan temuan Ramadhaniah *et al.*, (2023), yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak bawang putih secara signifikan meningkatkan diameter zona hambat terhadap *Vibrio parahaemolyticus*, dengan rerata berturut-turut 4,9 mm (20%), 8,4 mm (40%), 9,4 mm (60%), dan 11,9 mm (80%).

Bawang putih diketahui mengandung senyawa aktif seperti *Allicin*, *saponin*, dan *flavonoid* yang bekerja dengan merusak dinding sel dan mengganggu sistem metabolisme bakteri. Studi oleh Hamzah *et al.*, (2023) mengonfirmasi bahwa ekstrak bawang putih efektif terhadap berbagai spesies *Vibrio*, seperti *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, dan *V. alginolyticus*, yang semuanya berkaitan erat dengan penyakit pada udang vaname. Namun demikian, penggunaan ekstrak dalam budidaya harus mempertimbangkan potensi toksisitasnya terhadap benur udang. Dalam laporan tersebut disebutkan bahwa dosis tinggi dapat menyebabkan stres hingga kematian pada benih udang, sehingga aplikasi di lapangan memerlukan standarisasi dosis yang tepat.

Uji Sensitivitas Koloni

Berdasarkan hasil pengamatan, terbentuk zona hambat yang nyata dan cukup lebar di sekitar cakram ekstrak bawang putih terhadap koloni *Vibrio* sp. Zona bening ini menunjukkan bahwa isolat tergolong sensitif terhadap senyawa aktif dalam bawang putih, khususnya *allicin*. Senyawa ini bekerja dengan cara merusak struktur membran sel, mengganggu aktivitas enzim metabolik, dan menghambat sintesis protein penting yang dibutuhkan bakteri untuk bertahan hidup (Zhang *et al.*, 2019).

Untuk menilai tingkat efektivitas antibakteri ekstrak bawang putih, digunakan sistem penggolongan daya hambat berdasarkan klasifikasi Davis dan Stout (1971), yaitu: diameter

zona bening 0–4 mm tergolong lemah, 5–10 mm sedang, 11–20 mm kuat, dan >20 mm sangat kuat. Berdasarkan penggolongan ini, ekstrak bawang putih dalam penelitian menunjukkan aktivitas antibakteri dalam kategori sedang hingga kuat tergantung pada konsentrasi dan jenis isolat. Isolat A menunjukkan zona hambat maksimum sebesar 14,8 mm pada konsentrasi 75%, sedangkan isolat B mencapai zona hambat tertinggi sebesar 19,3 mm pada konsentrasi 100%.

Efektivitas ekstrak ini didukung oleh kandungan senyawa aktif lain seperti *saponin* dan *flavonoid*, yang bekerja secara sinergis dengan *allicin* untuk menghambat pertumbuhan bakteri (Ramadhaniah *et al.*, 2023). Selain itu, pendekatan penggunaan ekstrak alami seperti bawang putih juga dinilai lebih ramah lingkungan dan tidak menimbulkan resistensi seperti yang umum terjadi pada penggunaan antibiotik sintesis jangka panjang (Chopra & Roberts, 2001). Oleh karena itu, hasil ini memperkuat potensi ekstrak bawang putih sebagai agen antibakteri alternatif dalam pengendalian penyakit *White Feces Disease* (WFD) di sektor akuakultur.

Karakteristik Morfologi Isolat Berdasarkan Warna Koloni pada Media TCBS

Tabel 1. Karakteristik Morfologi Isolat Berdasarkan Warna Koloni pada Media TCBS.

Isolat	Warna			
	Perlakuan A	Perlakuan B	Perlakuan C	Perlakuan D
A	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau
B	Kuning	Kuning	Kuning	Kuning

Pada penelitian ini, dua isolat bakteri *Vibrio* sp. yang diidentifikasi sebagai Isolat A dan Isolat B menunjukkan perbedaan karakteristik morfologi dan warna koloni yang signifikan ketika ditumbuhkan pada media TCBS (*Thiosulfate Citrate Bile Salt Sucrose*). Media TCBS sendiri berfungsi sebagai media selektif sekaligus diferensial, yang memfasilitasi identifikasi awal bakteri genus *Vibrio* berdasarkan kemampuan mereka dalam memfermentasi sukrosa (Nair *et al.*, 2007).

Isolat A ditandai dengan koloni berwarna hijau kebiruan, menandakan bahwa bakteri tersebut tidak memfermentasi sukrosa. Hal ini mengindikasikan bahwa Isolat A kemungkinan besar adalah jenis *Vibrio parahaemolyticus* atau varian non-fermentatif lainnya. Koloni juga berukuran kecil dan pertumbuhannya lambat, mengarah pada kemungkinan bahwa Isolat A merupakan *Small Colony Variant* (SCV). SCV biasanya muncul akibat tekanan lingkungan seperti fluktuasi kualitas air atau kompetisi mikroba (Saraswati *et al.*, 2023), dan bersifat patogenik meskipun sulit dideteksi secara visual. Karakter ini menjadikan Isolat A lebih sensitif

terhadap perlakuan antibakteri seperti ekstrak bawang putih, karena belum memiliki perlindungan biofilm yang kompleks.

Sebaliknya, Isolat B menunjukkan pertumbuhan koloni yang lebih besar dengan warna kuning cerah, mengindikasikan fermentasi sukrosa yang aktif. Warna kuning pada TCBS menunjukkan produksi asam dari fermentasi sukrosa yang menurunkan pH lokal dan mengubah indikator warna pada media. Hal ini mengarah pada identifikasi sementara sebagai *Vibrio alginolyticus* atau *Vibrio cholerae*, yang dikenal sebagai fermenter aktif (West, 1989; Kaysner & DePaola, 2004). Aktivitas fermentatif ini juga berimplikasi pada kondisi metabolik yang tinggi dan kemampuan membentuk biofilm, sehingga menjadikan Isolat B lebih resisten terhadap senyawa antibakteri dari bawang putih. Dengan demikian, perbedaan warna koloni tidak hanya menunjukkan identitas spesies berbeda dalam genus *Vibrio*, tetapi juga memberikan informasi penting mengenai tingkat virulensi dan ketahanan terhadap perlakuan antibakteri. Isolat A, yang non-fermentatif dan cenderung bersifat SCV, lebih rentan terhadap ekstrak bawang putih. Sementara itu, Isolat B yang bersifat fermentatif, memiliki kapasitas metabolik tinggi, dan cenderung membentuk biofilm, menunjukkan ketahanan lebih kuat.

Keterkaitan Enterococcus sp. dan Vibrio sp. Terhadap White Feces Disease pada Budidaya Udang Vannamei

Enterococcus adalah kelompok bakteri berbentuk bulat kecil (kokus) yang biasanya ditemukan berpasangan atau membentuk rantai pendek. Bakteri ini hidup secara alami di saluran pencernaan manusia, hewan darat, maupun hewan air, tetapi juga dapat dijumpai di tanah, air tawar, air laut, dan sedimen. Keberadaannya di lingkungan umumnya menandakan adanya kontaminasi bahan organik atau limbah fekal (Byappanahalli *et al.*, 2012). *Enterococcus* cukup “tangguh” karena mampu tumbuh pada berbagai media seperti *Bile Esculin Agar* dan *m-Enterococcus agar*, bertahan di kadar garam tinggi, dan tetap hidup di rentang suhu yang luas (Fisher & Phillips, 2009). Dalam budidaya udang, bakteri ini bisa masuk melalui air yang terkontaminasi, pakan yang tercemar, atau terbawa oleh hewan liar dan plankton di sekitar kolam.

Meski *Enterococcus* jarang menjadi penyebab utama penyakit pada udang, kemunculannya sering menjadi sinyal bahwa kualitas air dan keseimbangan mikroba di kolam terganggu. Menariknya, kondisi lingkungan yang menguntungkan bagi *Enterococcus* misalnya kadar bahan organik tinggi dan sirkulasi air yang kurang baik juga sangat ideal untuk pertumbuhan bakteri patogen seperti *Vibrio parahaemolyticus* dan *Vibrio harveyi*. Penelitian De Schryver *et al.*, (2014) menunjukkan bahwa ketika kualitas air menurun, bakteri-bakteri oportunistik ini dapat berinteraksi, membentuk biofilm, dan berbagi sumber nutrisi, sehingga

peluang infeksi terhadap udang semakin besar. Dengan kata lain, keberadaan *Enterococcus* bisa menjadi “alarm” bahwa *Vibrio* juga sedang berkembang di kolam.

White Feces Disease (WFD) pada udang vannamei biasanya melibatkan kombinasi infeksi *Vibrio* spp. dan parasit *mikrosporidia Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP). Penyakit ini ditandai keluarnya feses berwarna putih yang mengapung di permukaan air. Walaupun *Enterococcus* bukan penyebab langsung WFD, beberapa studi (Shinn *et al.*, 2018; Thitamadee *et al.*, 2016) menunjukkan bahwa perubahan komposisi mikroba usus akibat kehadiran *Enterococcus* dapat melemahkan dinding usus udang, mengubah metabolisme, dan membuatnya lebih rentan terhadap serangan *Vibrio*. Jika kedua bakteri ini hadir bersamaan, kerusakan usus dapat terjadi lebih cepat, memperparah gejala WFD, dan pada akhirnya menurunkan produktivitas budidaya.

Relevansi Hasil terhadap Penggunaan di Bidang Akuakultur

Penggunaan ekstrak bawang putih dalam akuakultur, khususnya pada budidaya udang vaname, dapat memberikan alternatif pengendalian penyakit yang lebih berkelanjutan dibandingkan antibiotik sintetis. Penurunan risiko resistensi antibiotik serta dampak lingkungan yang lebih kecil menjadikan ekstrak ini layak dipertimbangkan dalam program biosekuriti tambak. Namun, perlu adanya catatan bahwa aplikasi di lapangan memerlukan kajian lanjutan mengenai dosis optimal, metode pemberian (baik dalam pakan maupun langsung ke air tambak).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai uji daya hambat ekstrak bawang putih terhadap bakteri **Vibrio* sp.* dari tambak udang vannamei yang terinfeksi White Feces Disease (WFD), dapat disimpulkan bahwa ekstrak bawang putih terbukti mampu menghambat pertumbuhan bakteri **Vibrio* sp.* penyebab WFD, yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat pada media uji. Konsentrasi 75% menunjukkan efektivitas yang paling baik pada Isolat A, sedangkan Isolat B lebih responsif pada konsentrasi 100%. Hasil uji juga menunjukkan bahwa ekstrak bawang putih mampu memberikan daya hambat yang cukup tinggi terhadap kedua isolat bakteri, terutama Isolat A. Tingkat sensitivitas masing-masing isolat dipengaruhi oleh bentuk dan karakter koloni. Isolat A lebih mudah dihambat dan masuk dalam kategori sedang hingga kuat, dengan zona hambat berkisar antara 10,3 mm hingga 14,8 mm. Sementara itu, Isolat B tergolong cukup resisten, meskipun daya hambatnya juga termasuk kategori kuat, dengan zona hambat berkisar antara 11,7 mm hingga 19,3 mm. Hal ini diduga disebabkan oleh

kemampuan Isolat B dalam membentuk biofilm sebagai bentuk perlindungan diri terhadap senyawa antibakteri.

DAFTAR REFERENSI

- Adam, M., Widiastuti, I. M., & Yayan, A. Y. (2022). Analysis of white feces disease (WFD) caused by *Vibrio* sp. and *Dinoflagellata* in *Vannamei* shrimp.
- Alauddin, M. H. R., & Putra, A. (2023). Kajian daya dukung lingkungan dalam budidaya udang vaname. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Tropis*, 13(1), 25–32. <https://doi.org/10.15578/jkpt.v1i0.12214>
- Amin, M., Rahardjo, K. K. E., & Panosa, A. E. (2025). Gut microbiota and functional metabolic predictions in WFD-infected Pacific white shrimp. *Fish & Shellfish Immunology*. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2025.110171>
- Anjaini, J., Fadjar, M., & Andayani, S. (2018). Histopathological in gills, hepatopancreas and gut of white shrimp infected white feces disease. *Research Journal of Life Science*. <https://doi.org/10.21776/ub.rjls.2018.005.03.6>
- Ariadi, H., Mahmudi, M., & Fadjar, M. (2019). Correlation between density of *Vibrio* bacteria with *Oscillatoria* sp. abundance on intensive *Litopenaeus vannamei* shrimp ponds. *Research Journal of Life Science*, 6(2), 114–129. <https://doi.org/10.21776/ub.rjls.2019.006.02.5>
- Ariadi, H., Wafi, A., & Supriatna, S. (2020). Hubungan kualitas air dengan nilai FCR pada budidaya intensif udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 11(1), 44–50. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v11i1.653>
- Ariadi, H., Wafi, A., Musa, M., & Supriatna, S. (2021). Keterkaitan hubungan parameter kualitas air pada budidaya intensif udang putih (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 12(1), 18–28. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v12i1.781>
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibsouda, S. K. (2016). Methods for *in vitro* evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
- Bhargavi, K. S. S., Kumaran, M., & Muralidhar, M. (2025). Abiotic stress and WFD severity in shrimp farms. *Aquaculture International*.
- Bhushan, B., Sardana, S., & Bansal, G. (2013). Antimicrobial activity of medicinal plants against pathogens causing complicated urinary tract infections. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(4), 1484–1489.
- Briggs, M. (2005). *Introductions and movement of two penaeid shrimp species in Asia and the Pacific*. FAO Fisheries Technical Paper No. 476. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Byappanahalli, M. N., Nevers, M. B., Korajkic, A., Staley, Z. R., & Harwood, V. J. (2012). Enterococci in the environment. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 76(4), 685–706. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00023-12>
- Chopra, I., & Roberts, M. (2001). Tetracycline antibiotics: Mode of action, applications, molecular biology, and epidemiology of bacterial resistance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 65(2), 232–260. <https://doi.org/10.1128/MMBR.65.2.232-260.2001>
- Chutchawanchaipan, W., Thavornnyutikarn, M., & Kasornchandra, J. (2004). Application of garlic paste against gregarine infestation in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(Suppl. 1), 19–24.
- Chythanya, R., Karunasagar, I., & Karunasagar, I. (2002). Inhibition of shrimp pathogenic *Vibrio* by a marine *Pseudomonas* I-2 strain. *Aquaculture*, 208(1–2), 1–10. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00714-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00714-1)
- De Schryver, P., Defoirdt, T., & Sorgeloos, P. (2014). Early mortality syndrome outbreaks: A microbial management issue in shrimp farming? *PLoS Pathogens*, 10(4), e1003919. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003919>
- Fatmala, I., Pranggono, H., & Linayati. (2019). Identifikasi bakteri *Vibrio* sp. dalam hepatopankreas udang vannamei pada tambak yang diberi probiotik. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 16. <https://doi.org/10.54911/litbang.v16i0.95>
- Fisher, K., & Phillips, C. (2009). The ecology, epidemiology and virulence of *Enterococcus*. *Microbiology*, 155(6), 1749–1757. <https://doi.org/10.1099/mic.0.026385-0>
- Hamzah, A., Sutrisno, E., & Lestari, P. (2023). Efektivitas bawang putih terhadap berbagai jenis *Vibrio* penyebab penyakit pada udang. *Jurnal Ilmu Perikanan Tropis*, 11(2), 45–53.
- Harlina, H., Ibrahim, A., Hamdillah, A., & Ilmiah, I. (2024). Antibacterial activity of *Piper betle* Linn extract against *Vibrio parahaemolyticus* causes of disease in vaname shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Agrikan Jurnal Agribisnis Perikanan*, 17(1), 312–320.
- Jayadi, H., Harlina, E., & Khalid, H. (2016). Penemuan *Vibrio harveyi* pada *Litopenaeus vannamei* terinfeksi white feces disease di Situbondo, Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*.
- Kaemudin, K., Erlina, A., & Taslihan, A. (2016). Aplikasi ekstrak allisin untuk pengendalian penyakit kotoran putih pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau Jepara.
- Kaysner, C. A., & DePaola, A. (2004). *Bacteriological analytical manual (BAM)*, Chapter 9: *Vibrio*. U.S. Food and Drug Administration.
- Kordi, M. G. H. (2007). *Budidaya udang vaname*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kurniawinata, M. I., Sukenda, S., & Wahjuningrum, D. (2021). White faeces disease and abundance of bacteria and phytoplankton in intensive Pacific white shrimp farming. *Aquaculture Research*. <https://doi.org/10.1111/are.15449>

- Kusmarwati, A., Yenni, Y., & Indriati, N. (2017). Resistensi antibiotik pada *Vibrio parahaemolyticus* dari udang vaname asal pantai utara Jawa untuk pasar ekspor. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 12(2), 77–85. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v12i2.352>
- Lingga, M. E., & Rustama, M. M. (2005). Uji aktivitas antibakteri ekstrak air dan etanol bawang putih (*Allium sativum* L.) terhadap bakteri Gram negatif *Salmonella typhimurium*. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 10(1), 45–50.
- Marbun, J., Harpeni, E., & Wardiyanto, W. (2019). Penanganan penyakit white feces pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) menggunakan pakan yang dicampur ekstrak lengkuas merah (*Alpinia purpurata* K. Schum). *Depik*, 8(2), 76–86. <https://doi.org/10.13170/depik.8.2.13570>
- Muliani, M., & Nurbaya, N. (2009). Penggunaan bakteri probiotik dengan komposisi berbeda untuk perbaikan kualitas air dan sintasan pascalarva udang windu (*Penaeus monodon*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 4(3), 305–314. <https://doi.org/10.15578/jra.4.1.2009.73-83>
- Multazam, A. E., & Hasanuddin, Z. B. (2017). Sistem monitoring kualitas air tambak udang vaname. *Jurnal IT*, 8(2), 118–125.
- Nababan, D. A., Suryaningtyas, E., & Wibowo, R. A. (2015). Identifikasi kualitas lingkungan dan daya dukung tambak budidaya udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(3), 215–225.
- Nair, G. B., Ramamurthy, T., Bhattacharya, S. K., Dutta, B., Takeda, Y., & Sack, D. A. (2007). Global dissemination of *Vibrio parahaemolyticus* serotype O3:K6 and its serovariants. *Clinical Microbiology Reviews*, 20(1), 39–48. <https://doi.org/10.1128/CMR.00025-06>
- Prachumwat, A., et al. (2022). *Propionigenium* and *Vibrio* species identified as possible causes of white feces syndrome. *Journal of Invertebrate Pathology*.
- Pratama, Y. P. (2020). Konsensus kemitraan global PBB (MDGs & SDGs), hipotesis Environmental Kuznets Curve (EKC), dan degradasi kualitas udara di Indonesia periode 1980–2018. *Diponegoro Journal of Economics*, 9(4).
- Rahmawati, D., Kusuma, I., & Suryani, N. (2020). Efektivitas penggunaan probiotik dalam meningkatkan kualitas air tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuakultur Tropis*, 5(2), 101–110.
- Rao, Y. V., Das, B. K., Jyotirmayee, P., & Chakrabarti, R. (2006). Effect of *Achyranthes aspera* on the immunity and survival of *Labeo rohita* infected with *Aeromonas hydrophila*. *Fish & Shellfish Immunology*, 20(3), 263–273. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.05.012>
- Rebouças, R. H., de Sousa, O. V., Lima, A. S., Vasconcelos, F. R., Vieira, R. H. S. F., & Vieira, G. H. F. (2011). Antimicrobial resistance profile of *Vibrio* species isolated from marine shrimp farming environments (*Litopenaeus vannamei*) at Ceará, Brazil. *Environmental Research*, 111(1), 21–24. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.09.012>
- Rico, A., Satapornvanit, K., Haque, M. M., Min, J., Nguyen, P. T., Telfer, T. C., & van den Brink, P. J. (2012). Use of chemicals and biological products in Asian aquaculture and

- their potential environmental risks: A critical review. *Reviews in Aquaculture*, 4(2), 75–93. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01062.x>
- Ruangpan, L., & Tendencia, E. A. (2004). *Laboratory manual of standardized methods for antimicrobial sensitivity tests for bacteria isolated from aquatic animals and environment*. SEAFDEC.
- Samosir, M., Puspitasari, D., & Wahyudi, A. (2021). Kajian terhadap hubungan kualitas air dan produktivitas tambak udang vaname intensif. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 13(1), 55–66.
- Saputra, R. H., Yuliani, S., & Fadjar, M. (2017). Efektivitas ekstrak bawang putih terhadap *Vibrio harveyi* penyebab penyakit pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(2), 553–561. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i2.19242>
- Sihombing, R., Sinaga, R., & Sitepu, S. (2020). Analisis kualitas air dan pertumbuhan udang vaname di tambak semi intensif. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.19027/jai.19.1.1-8>
- Silva, B. C., Vidal, J. M. A., Varela, A. P. M., Pissetti, C., & Abreu, P. C. (2020). Dynamics of *Vibrio* populations in shrimp farms and their relation with white feces syndrome outbreaks. *Aquaculture*, 526, 735373. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735373>
- Situmorang, S. S., & Kusdarwati, R. (2018). Hubungan kualitas air terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 6(1), 24–34.
- Soegianto, A., & Supriatna, S. (2017). Evaluasi kualitas air tambak udang intensif dan semi intensif di Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 19(2), 45–52.
- Subramaniam, M., Lalitha, P., & Senthilkumar, P. (2013). Phytochemical screening and antimicrobial activity of *Allium sativum* (garlic) extract against selected pathogens. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 6(3), 90–92.
- Suharyadi, E., Mulyadi, M., & Widodo, M. S. (2020). Penerapan teknologi probiotik untuk menekan pertumbuhan *Vibrio* pada budidaya udang vaname intensif. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 12(2), 143–151.
- Sumardi, S., & Kordi, M. G. H. (2013). *Buku panduan budidaya udang vaname super intensif*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sunarto, A., Rahayu, D. A., & Supriyadi, H. (2018). Pengaruh pakan yang dicampur ekstrak herbal terhadap pertumbuhan dan ketahanan tubuh udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 17(2), 102–112.
- Suprpto, D., Rahman, M. F., & Lestari, E. (2022). Deteksi dini white feces disease pada udang vaname melalui parameter kualitas air. *Jurnal Akuakultur Tropis*, 7(1), 33–42.
- Suriawiria, U. (2005). *Air dalam kehidupan dan lingkungan*. Bandung: Alumnii.

- Tang, K. F. J., & Lightner, D. V. (2015). Disease problems affecting shrimp aquaculture in the Americas. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(2), 163–179. <https://doi.org/10.1080/23308249.2014.986980>
- Tendencia, E. A., & de la Peña, L. D. (2003). Investigation of some components of the green water system which makes it effective in the initial control of *Vibrio harveyi* infection in the *Penaeus monodon* larvae. *Aquaculture*, 218(1–4), 115–119. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00302-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00302-2)
- Travis, D. F. (1960). The deposition of skeletal structures in the crustacea. II. The histology of the gastrolith calcium storage organ of the crayfish, *Orconectes virilis* Hagen. *The Biological Bulletin*, 118(1), 137–149. <https://doi.org/10.2307/1539063>
- Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., & Verstraete, W. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64(4), 655–671. <https://doi.org/10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000>
- Widanarni, W., Suwanto, A., & Zairin, M. (2008). Potensi bakteri probiotik untuk mengendalikan penyakit *Vibrio* pada udang vaname. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 7(1), 65–76.
- Yano, Y., & Hamano, K. (2015). Isolation and characterization of luminous *Vibrio harveyi* from diseased shrimp. *Aquaculture*, 435, 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.040>
- Zhang, D., & Pan, L. (2019). Identification of intestinal bacterial community in white feces syndrome of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 503, 540–548. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.012>