

**ISOLASI DAN UJI PENGENDALIAN BAKTERI *Vibrio* sp. DARI
AIR LIMBAH TEMPAT PELELANGAN IKAN (TPI)
BOM KALIANDA**

(Skripsi)

Oleh

**KHOMSATUN BA'DIYAH
NPM 2117021108**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

ISOLASI DAN UJI PENGENDALIAN BAKTERI *Vibrio* sp. DARI AIR LIMBAH TEMPAT PELELANGAN IKAN (TPI) BOM KALIANDA

Oleh

KHOMSATUN BA'DIYAH

Vibrio sp. adalah bakteri patogen yang menyebabkan penyakit *Vibriosis*, umumnya bakteri ini hidup di lingkungan perairan laut dan berasosiasi dengan organisme laut seperti ikan, udang, dan kerang. Tempat Pelelangan Ikan (TPI) BOM Kalianda adalah salah satu tempat penampung hasil tangkapan laut yang dapat menjadi habitat tumbuh dan penyebaran bakteri *Vibrio* sp. ke lingkungan. Bakteriofage atau fage adalah salah satu mikroorganisme yang dapat digunakan dalam mengendalikan pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. karena bersifat spesifik. Ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) memiliki sifat antibakteri yang juga mampu digunakan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan serta melihat kemampuan bakteriofage dan ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) dalam mengendalikan pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dengan mengisolasi Bakteriofage dan bakteri *Vibrio* sp. dari air limbah di TPI BOM Kalianda. Isolat bakteri *Vibrio* sp. di karakterisasi secara makroskopis dan mikroskopis melalui uji pewarnaan Gram. Selanjutnya dilakukan uji daya hambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. menggunakan ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) dan uji pengendalian pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. menggunakan bakteriofage. Hasil penelitian ini menunjukkan bakteriofage mampu melisis sel inang (bakteri *Vibrio* sp.) ditandai dengan terbentuknya plak pada media pertumbuhan TSA (*Trypton soya Agar*) dan media SWC (*Sea Water Complete*). Hasil uji daya hambat ≤ 5 mm, hal ini menunjukkan lemahnya kemampuan ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp.

Kata Kunci: *Vibrio* sp., TPI BOM Kalianda, Bakteriofage, Ekstrak Etanol Jintan Hitam (*Nigella sativa*)

ABSTRACT

ISOLATION AND CONTROL TESTING OF *Vibrio* sp. BACTERIA FROM WASTEWATER AT THE FISH AUCTION SITE BOM KALIANDA

By

KHOMSATUN BA'DIYAH

Vibrio sp. is a pathogenic bacterium that causes *Vibriosis*. Typically, these bacteria thrive in marine environments and are associated with sea organisms such as fish, shrimp, and shellfish. The Fish Auction Site BOM Kalianda is one of the locations where marine catch is collected, potentially serving as a habitat for the growth and spread of *Vibrio* sp. bacteria into the environment. Bacteriophages or phages, are microorganisms that can be used to control the growth of *Vibrio* sp. due to their specificity. Ethanolic extracts of black cumin (*Nigella sativa*) possess antibacterial properties that can also inhibit the growth of *Vibrio* sp. This study aims to obtain and evaluate the ability of bacteriophages and ethanolic extracts of black cumin (*Nigella sativa*) in controlling the growth of *Vibrio* sp. bacteria. The research was conducted using experimental methods to isolate bacteriophages and *Vibrio* sp. bacteria from the fish auction site BOM Kalianda. The isolated *Vibrio* sp. was characterized macroscopically and microscopically through Gram staining. Subsequently, the inhibitory effect of ethanolic extracts of black cumin (*Nigella sativa*) on the growth of *Vibrio* sp. was tested, along with the control of *Vibrio* sp. growth using bacteriophages. The results indicate that bacteriophages can lyse the host cells (the *Vibrio* sp. bacteria), as evidenced by the formation of plaques on the growth media TSA (*Tryptone Soy Agar*) and SWC (*Sea Water Complete*). The inhibition test result measured ≤ 5 mm, indicating the weak ability of black cumin (*Nigella sativa*) ethanol extract to inhibit the growth of *Vibrio* sp. bacteria.

Keywords: *Vibrio* sp., Fish Auction Site BOM Kalianda, Bacteriophages,
Ethanolic Extracts of Black Cumin (*Nigella sativa*)

**ISOLASI DAN UJI PENGENDALIAN BAKTERI *Vibrio* sp. DARI AIR
LIMBAH TEMPAT PELELANGAN IKAN (TPI)
BOM KALIANDA**

Oleh

Khomsatun Ba'diyah

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **Isolasi dan Uji Pengendalian Bakteri
Vibrio sp. dari Air Limbah Tempat
Pelelangan Ikan (TPI) BOM Kalianda**

Nama Mahasiswa : **Khomsatun Ba'diyah**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2117021108

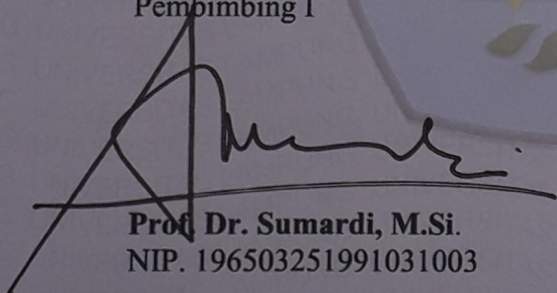
Program Studi : Biologi/ S1 Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

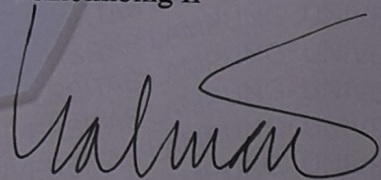
MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

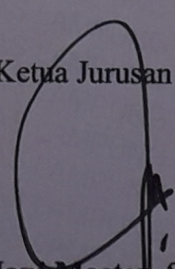
Pembimbing I


Prof. Dr. Sumardi, M.Si.
NIP. 196503251991031003

Pembimbing II


Ir. Salman Farisi, M.Si.
NIP. 196104181987031001

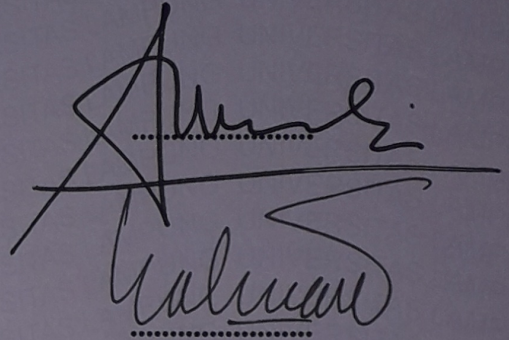
2. Ketua Jurusan Biologi


Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

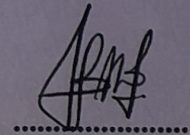
1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Sumardi, M.Si.



Anggota : Ir. Salman Farisi, M.Si.

Penguji Utama : Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 25 Agustus 2025

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khomsatun Ba'diyah
NPM : 2117021108
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul **“Isolasi dan Uji Pengendalian Bakteri *Vibrio* sp. dari Air Limbah Tempat Pelelangan Ikan (TPI) BOM Kalianda”** merupakan karya tulis ilmiah hasil pemikiran sendiri baik gagasan, data, maupun pembahasannya berdasarkan pengetahuan serta informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini saya susun dengan mengikuti pedoman dan norma akademik yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari ditemukan kecurangan dalam karya tulis ilmiah ini, saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 25 Agustus 2025

Yang Menyatakan




satun Ba'diyah
NPM. 2117021108

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Sukanegeri, pada tanggal 07 Juli 2003, dari pasangan Bapak Suaidi Wahid dan Ibu Hasanah. Penulis merupakan anak kelima dari enam bersaudara. Penulis bertempat tinggal di Dusun Sukanegeri, Kec. Limau, Kab. Tanggamus, Provinsi Lampung. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 01 Pariaman pada tahun 2015, penulis melanjutkan

pendidikan di SMPN 01 Limau dan menyelesaikannya pada tahun 2018, penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 01 Limau dan menyelesaikannya pada tahun 2021, kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi Negeri melalui jalur SBMPTN pada tahun 2021 sebagai mahasiswa di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila sebagai anggota Biro Dana dan Usaha periode 2022 dan aktif di organisasi Rois FMIPA periode 2023. Penulis melaksanakan Program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) sekaligus Praktik Kerja Lapangan (PKL) pada bulan Agustus 2023-Januari 2024 di Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih (PRLTB) BRIN KST BJ Habibie Serpong dengan judul **“Isolasi dan Uji Resistensi Isolat Bakteri dari Tanah Papua Terhadap Cemaran Logam Berat Nikel (Ni), Kromium (Cr), dan Timah (Sn) di Tanah”** serta melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode 2 selama 40 hari pada bulan Juli-Agustus 2024 di Desa Sindang Anom, Sekampung Udik, Lampung Timur. Penulis membuat skripsi dengan judul **“Isolasi dan Uji Pengendalian Bakteri *Vibrio* sp. dari Air Limbah Tempat Pelelangan Ikan (TPI) BOM Kalianda.**

MOTTO

“Siapa yang yakin dengan panjangnya perjalanan, maka dia akan mempersiapkan bekalnya” (Imam Ibnu Jauji dalam Saidul Khatir)

“Pertanyaan pertama yang harus ditanyakan pada diri kita adalah “kenapa”, karena agar kita tahu tidak hanya ada satu cara untuk mewujudkan impian kita”

“Allah tidak membebani seseorang kecuali dengan sesuatu yang sanggup di lakukannya” (Q.S Al-Baqarah 286)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmannirrahim, segala puji milik Allah Tuhan semesta alam. Tiada daya dan upaya kecuali dengan pertolongan dari-Nya ku persembahkan hasil karya ini kepada:

Kedua orang tuaku, Bapak Suaidi Wahid dan Ibu Hasanah, yang selalu memotivasi, dan senantiasa memberi kasih dan sayang serta semua dukungan dalam setiap doa yang mereka panjatkan untukku.

Kakak-kakakku tersayang, Jumdaniati, Ria Prabawati, Mario Ramadhan, dan Baas Syariah serta adikku Ana Asma Rita Bakti yang selalu mendoakan dan mendukung semua usaha dan perjalananku.

Bapak dan Ibu dosen yang membagikan ilmu, kesan, pesan, dan pengalaman amat berharga bagi penulis selama menjalani studi S1 Biologi

Almamater Universitas Lampung tercinta yang telah menyediakan lingkungan dan kesempatan bagi penulis untuk menuntut ilmu dan membangun pengalaman selama masa studi.

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim. Alhamdulillahirabbil 'alamin. Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT. karena dengan berkah dan rahmat- Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini tepat pada waktunya dengan judul **“Isolasi dan Uji Pengendalian Bakteri *Vibrio* sp. dari Air Limbah Tempat Pelelangan Ikan (TPI) BOM Kalianda”** yang menjadi salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains (S.Si.) di Jurusan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang sudah memberikan motivasi, bantuan, bimbingan serta saran kepada penulis sehingga skripsi ini terselesaikan. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Jani Master, S.Si, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung;
3. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku Ketua Program Studi Biologi sekaligus Pembahas, yang memberikan semangat, masukan dan arahan dalam hal penulisan dan pembahasan yang membangun dalam penyusunan skripsi;
4. Dr. Eti Ernawati, M.P., selaku Pembimbing Akademik.
5. Bapak Prof. Dr. Sumardi, M.Si., selaku Pembimbing I yang telah sabar dan bersedia memberikan bimbingan, arahan dan juga masukan selama penelitian dan penyusunan skripsi;

6. Bapak Ir. Salman Farisi, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah sabar dan bersedia memberikan arahan, masukan, saran, dan motivasi untuk penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi;
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengalaman belajar yang bermanfaat kepada penulis.
8. Kedua orang tuaku, Bapak Suaidi Wahid dan Ibu Hasanah, yang selalu mendoakan dan memberikan semangat, motivasi, serta kesabaran kepada penulis demi kelancaran dan kemudahan dalam segala urusan.
9. Keempat kakakku dan adikku serta keluarga besar yang selalu memberikan doa, semangat, kebahagiaan, dan kehangatan kepada penulis.
10. Sahabat-sahabatku Sinta Solehia, Nopa Eliana, Maya Rizki, Defia Putri, Frenita Supiyani, Chika Sri, dan Martina Widia serta teman-teman jurusan Biologi Angkatan 2021 yang selalu memberi dukungan dan semangat kepada penulis. Semoga Kesuksesan selalu menyertai teman-teman semuanya.
11. Serta teman-teman dari Kabinet Al- Muharib Rois FMIPA 2023, terutama yang mendukung dan memberikan semangat kepada penulis.

Semoga dengan kebaikan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan semoga skripsi ini dapat berguna dan memberikan manfaat. Penulis sangat berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan menjadi acuan untuk penelitian yang akan dilakukan pada kemudian hari. .

Bandar Lampung, 25 Agustus 2025
Penulis

Khomsatun Ba'diyah

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	4
1.4. Hipotesis	4
1.5. Kerangka Pemikiran.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Gambaran Umum TPI BOM Kalianda	6
2.2. Bakteriofage	7
2.2.1. Morfologi Bakteriofage	8
2.2.2. Mekanisme Kerja Bakteriofage	9
2.2.3. Potensi Bakteriofage dalam Mengendalikan Pertumbuhan Bakteri <i>Vibrio</i> sp.	11
2.3. Bakteri <i>Vibrio</i> sp.....	11
2.3.1. <i>Vibriosis</i> dan Patogenitas <i>Vibrio</i> sp.	12
2.3.2. Resistensi <i>Vibrio</i> sp. Terhadap Antibiotik Kimia	14
2.4. Potensi Ekstrak Etanol Jintan Hitam (<i>Nigella sativa</i>) dalam Pengendalian Bakteri <i>Vibrio</i> sp.	15

III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat.....	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Prosedur Penelitian	17
3.3.1 Pengambilan Sampel.....	17
3.3.2 Isolasi dan Pengayaan Bakteri Inang (<i>Vibrio</i> sp.).....	18
3.3.3 Karakterisasi Isolat Bakteri <i>Vibrio</i> sp.	18
3.3.3.1. Karakterisasi Secara Makroskopis	19
3.3.3.2. Uji Pewarnaan Gram	19
3.3.4 Uji Aktivitas Daya Hambat Ekstrak Jintan Hitam Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Vibrio</i> sp.	20
3.3.5 Preparasi Sampel.....	21
3.3.6 Pengayaan Sampel	21
3.3.7 Isolasi Bakteriofage dan Uji Pengendalian Pertumbuhan Bakteri <i>Vibrio</i> sp. Menggunakan Bakteriofage.....	22
3.4. Analisis Data	23
3.5. Diagram Alir Penelitian	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1. Karakterisasi Isolat Bakteri <i>Vibrio</i> sp.	25
4.1.1 Karakterisasi Bakteri <i>Vibrio</i> sp. Secara Makroskopis.....	25
4.1.2 Uji Pewarnaan Gram	26
4.2. Uji Aktivitas Daya Hambat Ekstrak Etanol Jintan Hitam (<i>Nigella sativa</i>) Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Vibrio</i> sp.....	28
4.3. Isolasi Bakteriofage dan Uji Pengendalian Pertumbuhan Bakteri <i>Vibrio</i> sp. Menggunakan Bakteriofage	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1. Kesimpulan	36
5.2. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kategori Kekuatan Daya Antibakteri Berdasarkan Davis dan Stout.....	21
2. Hasil Pengukuran Zona Hambat Ekstrak Etanol Jintan Hitam (<i>N. sativa</i>) Konsentrasi 100 % Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Vibrio</i> sp.	28
3. Hasil Pengamatan Pembentukan Plak Isolasi Bakteriofage Pada Media TSA dan SWC	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Aktivitas Perdagangan di TPI BOM Kalianda	6
2. Area Pembuangan Akhir Air Limbah.....	7
3. Struktur Bakteriofage.....	9
4. Replikasi Virus Secara Litik dan Lisogenik	10
5. Saluran Pertama Pengambilan Sampel Air	17
6. Saluran Kedua Pengambilan Sampel Air	18
7. Saluran Ketiga Pengambilan Sampel Air	18
8. Morfologi Koloni Bakteri	19
9. Cara Pengukuran Zona Hambat.....	21
10. Bagan Diagram Alir Penelitian.....	24
11. Pengamatan Pertumbuhan Koloni Bakteri <i>Vibrio</i> sp.....	25
12. Hasil Pewarnaan Gram Isolat Bakteri <i>Vibrio</i> sp. pada Perbesaran 100x	27
13. Pembentukan Plak Pada Media a. (TSA); b. (SWC)	33
14. Teknik Pengambilan dan Penyiapan Sampel.....	46
15. Titik Koordinat Tempat Pengambilan Sampel	46
16. Teknik Pengayaan dan Isolasi Bakteri Inang.....	46
17. Pemindahan Sampel Air Ke dalam Media Pengayaan	46
18. Isolasi dengan Teknik <i>Streak</i>	47
19. Pengamatan Pertumbuhan Bakteri <i>Vibrio</i> sp.....	47
20. Pengambilan 1 Ose Isolat <i>Vibrio</i> sp. yang Dirakatan Pada Kaca Objek	47
21. Teknik Pewarnaan Gram	47

22. Pewarnaan Isolat Menggunakan Pewarna Kristal Violet	48
23. Pengujian Daya Hambat Ekstrak Etanol Jintan Hitam Konsentrasi 100 %	48
24. Perataan Suspensi Kultur <i>Vibrio</i> sp. 24 jam Menggunakan <i>Cotton Bud</i>	48
25. Pengukuran Zona Hambat	48
26. Hasil Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Jintan Hitam	49
27. Teknik Preparasi dan Pengayaan Sampel Air Limbah	49
28. Penyaringan Supernatan Menggunakan Jarum <i>Micropore</i> 0,22 μ m	49
29. Penuangan TSA (<i>Soft Agar</i>) yang Ditambah Kultur Pada Media TSA (<i>Hard Agar</i>)	49
30. Teknik Isolasi Bakteriofage	50

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah wilayah yang luas perairannya 65 % dari total luas wilayah Indonesia, dengan garis pantai sepanjang 81.000 km (Gerungan, 2016; Anugrah dan Alfarizi, 2021). Tentunya dengan kondisi geografis ini memberikan kelimpahan potensi sumber daya perikanan di Indonesia. Kabupaten Lampung Selatan merupakan salah satu kabupaten yang ada di Provinsi Lampung yang menjadi salah satu daerah yang sektor perikanannya cukup dominan baik pada perikanan tangkap maupun perikanan budidaya. Kecamatan Kalianda menjadi salah satu sentra produksi perikanan (Ismah dkk., 2020).

Masalah dalam budidaya perikanan adalah penyakit *Vibriosis* yang menyerang biota laut. Penyakit *Vibriosis* ini disebabkan oleh bakteri *Vibrio* sp. Bakteri *Vibrio* sp. adalah salah satu kelompok bakteri patogen yang banyak menempati lingkungan laut, lebih umum dibandingkan dengan *Enterobacteriaceae* dan bakteri non-fermentatif lainnya (Wang *et al.*, 2021). Hal ini didukung dengan hasil temuan lebih dari 147 spesies dan 4 subspecies yang diidentifikasi (Sampaio *et al.*, 2022). Bakteri ini telah menyerang beberapa spesies biota laut yang menjadi komoditas unggulan budidaya, diantaranya yakni Udang Vaname, *Litopenaeus vannamei* (Muthukrishnan *et al.*, 2019), dan juga Udang Windu, *Litopenaeus monodon* (Feliatra dkk., 2014). Gejala klinis yang ditimbulkan yakni insang dan bagian hepatopankreas berwarna merah kecoklatan, bagian telson, uropod dan abdominal berwarna merah, serta udang akan berenang lebih

lambat (Idami dkk., 2020). Salah satu upaya yang sering digunakan untuk mengatasi penyakit ini adalah penggunaan antibiotik kimia, namun sifat alami resistensi bakteri terhadap antibiotik dan seringnya penggunaan antibiotik yang irasional menjadi faktor yang dapat mempercepat peningkatan jenis bakteri yang resisten serta mempersulit dalam mengatasi infeksi oleh bakteri tersebut (Acharya *et al.*, 2019; Pratiwi, 2021) dan berdampak buruk bagi lingkungan, seperti pencemaran air dan gangguan terhadap organisme non- target (Sitohang *et al.*, 2019). Sehingga perlunya upaya yang lebih aman dan berkelanjutan dengan memanfaatkan penggunaan bahan alami dan bakteriofage.

Penggunaan bahan alami yang dapat digunakan adalah ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. hal ini didukung oleh hasil penelitian Hasan (2016), dan Linianti dkk. (2017), yang menunjukkan kemampuan ekstrak etanol jintan hitam dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio harveyi* karena kandungan minyak volatil yang terdiri dari timokuinon, timohidrokuinon, ditimokuinon, timol dan tanin yang terbukti menghambat pertumbuhan bakteri dan fungi. *Thymoquinone* memiliki kemampuan untuk merusak dinding sel bakteri dengan mengakibatkan kebocoran komponen sel dan kematian sel bakteri. *Nigellone*, dan *timol* memiliki sifat antimikroba yang membantu mengurangi resistensi bakteri dengan cara memecah dinding sel dan menghambat proses replikasi DNA bakteri sehingga dapat mencegah pertumbuhan koloni bakteri lebih lanjut (Kindangen dkk., 2018; Lestari *et al.*, 2024). Selain penggunaan ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) bakteriofage juga dapat digunakan dalam pengendalian bakteri *Vibrio* sp.

Bakteriofage atau virus bakteri yang juga dikenal dengan fage merupakan parasit obligat intraseluler yang hanya bisa berkembangbiak dengan cara memanfaatkan sel bakteri sebagai *host* atau inangnya sehingga dapat digunakan sebagai agen biokontrol bakteri *Vibrio* sp., hal ini didukung dengan penemuan bakteriofage untuk pengendalian *Vibrio parahaemolyticus* secara invitro pada udang vaname (Takwin *et al.*, 2024) dan aplikasi bakteriofage untuk pengendalian infeksi *Vibrio harveyi* pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) (Febriningtyas, 2023). Fage bersifat spesifik terhadap inangnya dan hanya menginfeksi sebagian spesies dalam suatu kelompok bakteri sesuai dengan spesifisitasnya. Sifat spesifisitas dari fage bergantung pada pengenalan protein pada fage terhadap reseptor dari sel bakteri yang telah dikenali sehingga dapat digunakan sebagai biokontrol bakteri patogen (Hardanti *et al.*, 2018; Pratiwi, 2021). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan bakteriofage dan mengetahui kemampuannya dan ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) dalam menghambat pertumbuhan populasi bakteri *Vibrio* sp.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri *Vibrio* sp. dari air limbah TPI BOM Kalianda.
2. Menguji kemampuan ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp.
3. Mengisolasi bakteriofage yang mampu mengendalikan pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. dari air limbah TPI BOM Kalianda.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan dan mengetahui karakter isolat bakteri *Vibrio* sp. dari air limbah di TPI BOM Kalianda.
2. Mengetahui kemampuan ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp.
3. Memperoleh bakteriofage yang mampu mengendalikan pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. dari air limbah TPI BOM Kalianda.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat bakteri *Vibrio* sp. yang diisolasi dari air limbah di TPI BOM Kalianda.
2. Ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp.
3. Didapatkan bakteriofage yang mampu mengendalikan pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. dari air limbah TPI BOM Kalianda.

1.5 Kerangka Berpikir

Limbah air dari TPI banyak mengandung bakteri patogen, salah satunya bakteri *Vibrio* sp. yang banyak ditemukan di lingkungan perairan laut terutama pada berbagai jenis udang, bakteri ini menyebabkan penyakit *Vibriosis* sehingga dapat mengurangi kemampuan hidup dari udang, hal ini mempengaruhi hasil tangkapan para nelayan dan pelaku budidaya udang. Penggunaan antibiotik kimiawi sering digunakan sebagai upaya dalam mengendalikan pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. namun, penggunaan antibiotik kimia dapat mempengaruhi bakteri menjadi resisten dan menyebabkan residu tertinggal di perairan sehingga dapat mencemari lingkungan dan berpengaruh terhadap kesehatan udang dan biota serta ekosistem perairan. Oleh karena itu perlu metode pengendalian yang lebih aman

dengan memanfaatkan bakteriofage dan bahan alami, salah satunya adalah penggunaan ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*).

Bakteriofage adalah virus yang menyerang bakteri, virus ini berkembang biak dengan cara memanfaatkan sel bakteri sebagai *host* atau inangnya. Fage bersifat spesifik terhadap inangnya dan hanya menginfeksi sebagian spesies dalam suatu kelompok bakteri sesuai dengan spesifisitasnya, sehingga aman dan lebih efektif menginfeksi bakteri *Vibrio* sp. dibandingkan dengan penggunaan antibiotik yang dapat memberikan dampak berkepanjangan akibat resistensi bakteri dan menyebabkan ketergantungan terhadap penggunaan antibiotik

Fage terdiri dari bagian kepala, leher, ekor dan serabut ekor. Kepala berbentuk *polyhedral* (segi banyak) yang berisi materi genetik (RNA atau DNA), bagian luar kepala diselubungi oleh kapsid yang terdiri dari molekul protein. Leher adalah bagian yang menghubungkan kepala dan ekor dan menjadi saluran keluarnya asam nukleat menuju ekor. Ekor berperan sebagai penginfeksi dan serabut ekor berperan sebagai penerima rangsang atau reseptor.

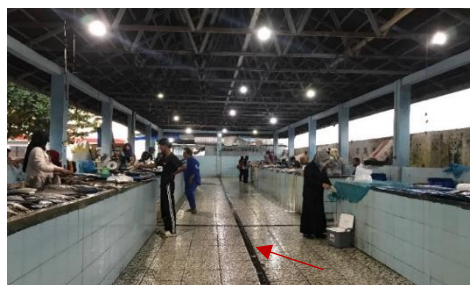
Ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) adalah salah satu bahan alami yang dapat digunakan dalam mengendalikan bakteri *Vibrio* sp. karena aman bagi bakteri non-target dan juga lingkungan, sehingga dapat digunakan secara berkelanjutan. Isolasi Bakteriofage spesifik *Vibrio* sp. dan penggunaan ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) perlu dilakukan guna mendapatkan bakteriofage dan memanfaatkan bahan alami yang dapat digunakan dalam pengendalian biologi yang ramah lingkungan dan efektif terhadap bakteri patogen *Vibrio* sp. sehingga dapat digunakan sebagai upaya perlindungan ekosistem perairan dan juga lingkungan di sekitar TPI.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum TPI BOM Kalianda

Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Bom Kalianda adalah sarana terencana yang disediakan oleh pemerintah daerah sebagai tempat untuk menampung dan menjual hasil tangkapan laut. TPI ini terletak sekitar 2 KM dari pusat Kota Kalianda, sehingga mudah untuk diakses oleh pengunjung. Lokasi ini berada di Jalan Pratu M. Amin, yang juga dekat dengan kompleks perkantoran pemerintah daerah (Fauziah, 2022). TPI ini dilengkapi area untuk pendaratan hasil tangkapan, tempat penyimpanan dan fasilitas penanganan yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil tangkapan terdiri dari berbagai jenis biota laut yang didominasi ikan, namun masih ada udang dan juga cumi yang dipasarkan. Adanya irigasi kecil di dalam area TPI yang ditunjukkan oleh arah panah pada Gambar 1, yang saling terhubung sehingga nantinya air limbah dari area penjualan ikan akan menuju satu aliran khusus pembuangan di akhir yang mengalir ke area perairan yang juga langsung terhubung ke area laut terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Aktivitas Perdagangan di TPI BOM Kalianda



Gambar 2. Area Pembuangan Akhir Air Limbah

TPI menghadapi tantangan terkait dengan pencemaran lingkungan yang disebabkan kondisi *docking* (galangan kapal) dan area lelang dengan masalah kebersihan dan pemeliharaan di kawasan TPI yang kurang terawat sehingga mempengaruhi kualitas ikan yang dijual dan kenyamanan pengunjung (Radar Lamsel, 2016).

2.2 Bakteriofage

Bakteriofage atau sering juga disebut dengan Fage merupakan kelompok virus yang spesifik menginfeksi organisme prokariot yang pertama kali ditemukan oleh seorang ahli patologi Inggris Frederick William Twort pada tahun 1915 dan pada tahun 1919 ilmuwan Perancis Felix Hubert d'Herelle tercatat menggunakan fage untuk mengobati penyakit disentri. Beberapa negara Eropa dan Amerika Serikat telah memproduksi secara massal produk fage sebagai terapi sebelum era antibiotik oleh laboratorium farmasi D'Herelle's di Perancis dan perusahaan farmasi Eli Lilly di Amerika Serikat (Altamirano and Barr, 2019).

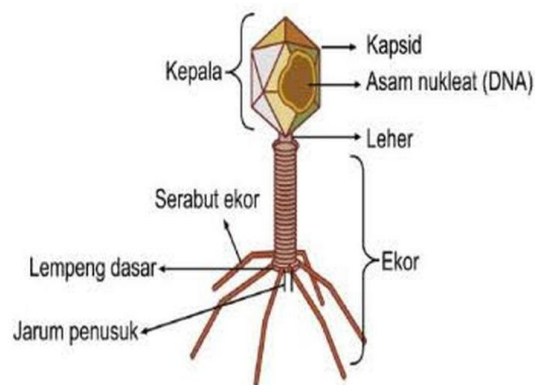
Bakteriofage atau virus bakteri ini merupakan parasit obligat intraseluler yang hanya dapat berkembang biak dengan cara memanfaatkan sel bakteri sebagai *host* atau inangnya. Oleh karena itu fage dapat digunakan sebagai agen biokontrol bakteri, karena fage

hanya bereaksi terhadap *host* dan hanya menginfeksi sebagian spesies dalam suatu kelompok bakteri sesuai dengan spesifisitasnya.

Kespesifikan dari fage digunakan untuk menghancurkan struktur sel bakteri-bakteri patogen. Spesifisitas dari fage terjadi karena adanya pengenalan protein pada fage terhadap reseptor dari sel bakteri yang telah dikenali sehingga dapat digunakan sebagai biokontrol bakteri patogen (Hardanti *et al.*, 2018). Kemampuan infeksi fage terhadap inangnya berbeda-beda. Hal tersebut dipengaruhi oleh spesies inangnya, sehingga fage yang menginfeksi spesies bakteri yang satu tidak dapat menginfeksi spesies bakteri lain sehingga hal ini dimanfaatkan oleh beberapa peneliti untuk menjadikannya sebagai agensia terapi pada beberapa kasus serangan patogen dari kelompok bakteri yang dikenal dengan sebutan terapi fage atau *Phage Therapy* (Pirnay, 2020).

2.2.1 Morfologi Bakteriofage

Bakteriofage atau dikenal dengan fage memiliki struktur yang sederhana. Bakteriofage berukuran nanometer yaitu sekitar 24-400 nm. Struktur pada bakteriofage terdiri dari protein dan materi genetik (Dewantoro dan Ningrum, 2024). Bakteriofage memiliki materi genetik berupa DNA dan RNA, struktur tubuhnya terdiri dari bagian ekor berserat yang digunakan untuk melekat pada sel bakteri dengan panjang yang dipengaruhi oleh pita pengukur protein, yang membentang pada tabung ekor seperti terlihat pada Gambar 3. Protein ini tidak hanya terlibat dalam penentuan panjang ekor, tetapi juga ikut terlibat dalam injeksi DNA fage ke dalam sel inang (Casey *et al.*, 2017).



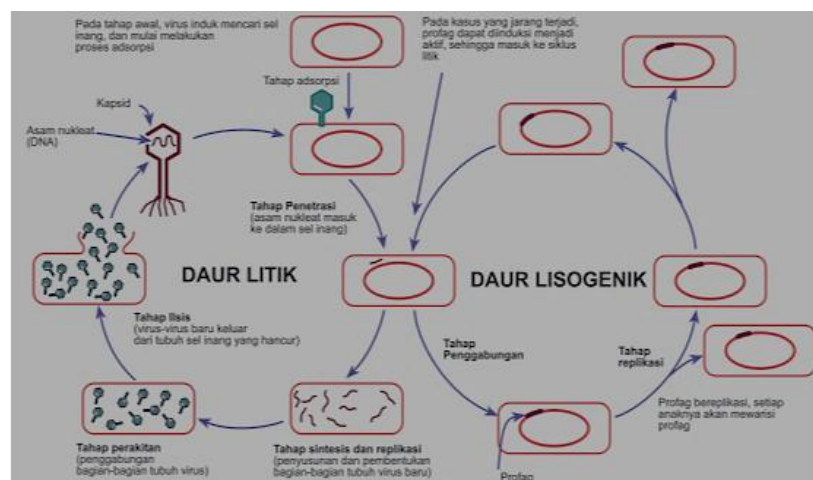
Gambar 3. Struktur Bakteriofage (Kesumah, 2020)

Bakteriofage juga memiliki bagian lain pada tubuhnya yakni kepala, leher, dan serabut ekor. Kepalanya berbentuk *polyhedral* (segi banyak) yang didalamnya hanya mengandung DNA atau RNA saja. Bagian luar kepala diselubungi oleh kapsid yang terdiri dari molekul-molekul protein, sehingga disebut sebagai selubung protein atau *protein shell*, berfungsi melindungi asam nukleat (DNA dan RNA). Kapsid membantu menginfeksi sel inang untuk menentukan jenis sel yang akan ditemelinya. Leher adalah bagian penghubung antara kepala dan ekor. Leher juga menjadi saluran keluarnya asam nukleat yang akan mengarah kebagian ekor. Tabung atau selubung memanjang yang dinamakan sebagai ekor virus yang berperan sebagai alat penginfeksi. Pada ekor terdapat bagian lempeng dasar yang berisi jarum penusuk untuk menginjeksikan DNA ke dalam sel inang. Serta bagian ujung ekor yang ditumbuhi oleh serabut-serabut ekor yang berperan sebagai penerima rangsang atau reseptor (Anjung, 2016).

2.2.2 Mekanisme kerja Bakteriofage

Bakteriofage adalah virus yang hanya menginfeksi bakteri dan menghancurkan sel bakteri secara langsung, atau dengan mengintegrasikan DNA ke dalam kromosom bakteri.

Kebanyakan bakteriofage mengandung DNA utas ganda (dsDNA), sebagian kecil DNA utas tunggal (ssDNA), RNA utas tunggal (ssRNA) atau RNA utas ganda (dsRNA) (Chen *et al.*, 2018). Pada Gambar 4 terlihat bagaimana fage memanfaatkan sel bakteri sebagai inang untuk dapat bereplikasi. DNA fage yang terintegrasi ke dalam kromosom sel inang tanpa membahayakan inang disebut siklus lisogenik, namun disisi lain fage dapat juga melisis sel inang setelah bereplikasi dan keluar dengan sejumlah progeni melalui siklus litik (Monteiro *et al.*, 2019).



Gambar 4. Replikasi Virus Secara Litik dan Lisogenik (Sereliciouz, 2019)

Kemampuan partikel fage dalam menginfeksi sel inang dipengaruhi oleh keragaman reseptor penyusun permukaan sel seperti polisakarida (lipopolisakarida pada bakteri Gram negatif dan *teichoic acid* pada bakteri Gram positif), keberadaan flagel atau pili dan peranan dari berbagai jenis molekul permukaan sel yang terkait pengikatan protein (Azam and Tanji, 2019).

2.2.3 Potensi Bakteriofage dalam Mengendalikan Pertumbuhan Bakteri *Vibrio* sp.

Bakteriofage atau fage adalah virus yang secara spesifik menginfeksi dan membunuh bakteri. Mereka memiliki kemampuan yang unik untuk mengenali dan menghancurkan sel bakteri tanpa merusak sel sehat di sekitarnya. Dengan kekhususan ini, fage dapat menjadi alternatif yang aman dan efektif untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri *Vibrio*. Hal ini didukung oleh penelitian Mafaza (2023), mengenai penggunaan koktail bakteriofage untuk pengendalian infeksi *Vibrio parahaemolyticus* pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Takwin *et al.* (2024), mengenai penggunaan bakteriofage untuk pengendalian *Vibrio parahaemolyticus* secara invitro pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), dan Febriningtyas (2023), mengenai aplikasi bakteriofage untuk pengendalian infeksi *Vibrio harveyi* pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931). Ketiga hasil penelitian ini menunjukkan kemampuan bakteriofage yang digunakan dalam mengendalikan pertumbuhan bakteri *Vibrio* dari jenis yang berbeda. Dengan potensi yang dimiliki, bakteriofage menawarkan harapan baru dalam mengendalikan pertumbuhan bakteri *Vibrio* sebagai solusi yang ramah lingkungan, spesifik, dan efektif dalam melawan ancaman bakteri.

2.3 Bakteri *Vibrio* sp.

Vibrio adalah jenis bakteri gram negatif yang berkembangbiak melalui pembelahan biner. Sel nya tunggal, berbentuk batang pendek yang bengkok (koma), panjangnya 1,4-5,0 μm dan lebarnya 0,3-1,3 μm . Mereka bergerak, memiliki flagel polar, dapat bersifat anaerob, dan tidak memiliki kapsul. Setiap anggota jenis *Vibrio* adalah motil, atau dapat bergerak, dan memiliki kutub flagella yang dilindungi. Mereka biasanya ditemukan di air laut (Pelczar and Chan, 1986; Kreig and

Holt, 1984; Irmawati *et al.*, 2024). Mengutip dari Schoch *et al.*, (2020) taksonomi dari bakteri *Vibrio* sp. adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: <i>Vibrio</i> nales
Famili	: <i>Vibrio</i> naceae
Genus	: <i>Vibrio</i>
Spesies	: <i>Vibrio</i> sp.

(Schoch *et al.*, 2020)

Vibrio sp. adalah jenis bakteri yang habitatnya di perairan tawar, lautan, dan permukaan tanah. Bakteri ini mempunyai toleransi yang relatif tinggi terhadap salinitas, karena mampu tumbuh pada tingkat salinitas antara 20-40 ppt. *Vibrio* sp. di lingkungan laut mampu memecah bahan organik yang ada di perairan. Bakteri *Vibrio* sp. mampu menghasilkan beberapa enzim yaitu *proteolitic*, dan *kitinolytic*, serta bersifat patogen, sehingga dapat menimbulkan berbagai penyakit yang berbahaya bagi manusia. (Ihsan dan Retnaningrum, 2017). Penyakit ini menjangkit manusia melalui biota di lingkungan laut yang dijadikan konsumsi. Infeksi biasanya dimulai dari paparan air yang terkontaminasi atau konsumsi makanan laut mentah atau setengah matang dan menyebabkan berbagai gejala pada manusia (Baker-Austin *et al.*, 2018).

2.3.1 *Vibriosis* dan Patogenitas *Vibrio* sp.

Vibriosis adalah penyakit yang disebabkan oleh strain patogen dari genus bakteri *Vibrio* yang dapat menjangkit hewan maupun manusia. Terdapat dua cara umum penularan pada manusia yakni dengan kontak luka dan konsumsi makanan laut, khususnya konsumsi kerang bivalvia (tiram, remis, kerang hijau, dan kerang scallop) (Baker-Austin and Oliver, 2017).

V. parahaemolyticus adalah penyebab *Vibriosis* yang paling umum dan *V. vulnificus* adalah penyebab *Vibriosis* yang paling mematikan, spesies terkait laut lainnya yang dapat menyebabkan *Vibriosis* termasuk *V. alginolyticus*, *V. fluvialis*, *V. hollisae*, *V. metschnikovii*, dan *V. cholerae* (Bell and Michael, 2021).

Proses infeksi bakteri *Vibrio* dimulai dengan proses pelekatan atau adsorpsi pada permukaan sel inang. Dalam proses ini, struktur mirip rambut yang terbuat dari protein yang disebut pili pada bakteri memainkan peran penting dalam proses perlekatan (Guli, 2016). Bakteri kemudian masuk ke dalam sel, dilanjutkan dengan tahap invasi dan penyebaran lokal atau sistemik dalam tubuh inang. Selanjutnya tahap pengeluaran dari tubuh inang, mulai dari tahap pelekatan hingga perusakan inang mikroorganisme menggunakan faktor virulensi, seperti pili untuk bertahan dalam tubuh inang dan menyebabkan kerusakan (Hikmawati dkk., 2019). Bakteri *Vibrio* memiliki gen spesifik yakni *toxR* yang akan mengaktifkan gen-gen lainnya untuk memproduksi toksin berupa hemolisin seperti *thermostable direct hemolysin* (*tdh*) dan *thermostable direct hemolysin* (*trh*). Patogenisitasnya ini berhubungan dengan produksi gen *tdh* dan gen *trh* yang memberikan respon terhadap β -hemolysis (Kurniawan, 2016; Hikmawati dkk., 2019).

2.3.2 Resistensi *Vibrio* sp. Terhadap Antibiotik Kimia

Uji resistensi digunakan untuk menentukan kepekaan bakteri terhadap suatu antibiotik. Penggunaan antibiotik yang berlebihan atau tidak terkontrol menyebabkan efek samping berbahaya, yang menyebabkan beberapa bakteri menjadi resisten (tahan) terhadap antibiotik (Fitri *et al.*, 2020).

Beberapa spesies *Vibrio*, seperti *Vibrio cholera*, *Vibrio harveyi*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio fluvialis*, dan *Vibrio campbelli*, dilaporkan memiliki resistensi antibiotik (Yano *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2015; Kusmarwati dkk., 2017).

Dalam studi lain, bakteri penyebab *Vibriosis*, *V. damsela*, *V. fluvialis*, dan *V. mimicus*, resisten terhadap enrofloksasin, eritromisin, dan oksitetrasiklin (Sarjito dkk., 2015; Aziza dan Chaidir, 2024). Pada penelitian Perkasa tahun 2017 di temukan bakteri *V. harveyi* yang resisten terhadap kloramfenikol yang ditemukan dalam sampel udang vaname dari Jawa Timur serta pada penelitian Aziza dan Chaidir pada tahun (2024), mengenai resistensi bakteri *Vibrio* sp. terhadap antibiotik kloramfenikol, tetrasiklin, dan ampicilin. Carroll *et al.* (2016), menunjukkan beberapa mekanisme yang menyebabkan bakteri menjadi resisten terhadap obat-obatan. Ini termasuk bakteri menghasilkan enzim yang menghancurkan zat aktif dalam obat, mengubah permeabilitasnya terhadap obat, mengembangkan struktur target lain untuk obat, mengembangkan jalur metabolisme yang melewati saat reaksi penghambatan obat terjadi, dan menghasilkan enzim lain yang tetap.

2.4 Potensi Ekstrak Etanol Jintan Hitam (*Nigella sativa*) dalam Pengendalian Bakteri *Vibrio* sp.

Maraknya bakteri yang mengalami resistensi akibat antibiotik kimia serta residu yang dihasilkan yang mempengaruhi lingkungan, hal ini menyebabkan berbagai upaya dilakukan salah satunya yakni dengan pemberian imunostimulan (Ridlo dan Rini, 2009; Linianti dkk., 2017)

Imunostimulan tidak meninggalkan residu dan aman untuk lingkungan. Ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) merupakan salah satu bahan imunostimulan. Ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) diketahui mengandung senyawa *thimoquinon* yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. dengan mekanisme mencegah pembentukan biofilm (Chaleb *et al.*, 2011; Linianti dkk., 2017; Sumardi dkk., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. yang ada di lingkungan tanpa meninggalkan residu.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Januari-Mei 2025. Pengambilan sampel dilakukan dari Tempat Pelelangan Ikan (TPI) BOM Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan. Adapun tempat penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah, cawan petri, vortex, erlenmeyer, sentrifus, micropore 0,22 μm , kaca objek, kaca penutup, pipet tetes, jarum ose, mikroskop, mikropipet, tabung reaksi, rak tabung reaksi, pipet ukur 1 ml, *microtube*, pembakar spiritus, pipet ukur, bulb, *paper disc*, pinset, cotton bud, dan *Biological Safety Cabinet*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah media APW (0,2 g pepton; 20 ml aquades; dan 0,1 g NaCl), media TCBS (0,8 g yeast ekstrak; 1,6 g pepton; 3,2 g sukrosa; 1,6 sodium ion sulfat; 1,6 sodium sitrat; 0,48 g sodium kolat; 0,8 g oxgal; 1,6 NaCl; 0,16 g feric citrat; 0,0064 g bromtimol blue; 0,0064 g timol blue; 2,4 g agar; dan 160 ml aquades), air pepton 0,1%, SM buffer (1,16 g NaCl; 0,4 g MgSO_4 ; 1,21 tris-HCl; 0,02 g gelatin dan pH= 7,5), CaCl_2 , TSA (8,5 g tripton; 1,5 g soya pepton; 1,25 g dipotasium fosfat; dan 6 g agar) media NB (1,5 g pepton; 0,6 g yeast ekstrak; 1,5 g sodium klorid; dan 0,3 g beef

ekstrak), media TSB (0,085 g pepton casein; 0,015 g pepton dari soimeal; 0,0125 g D (+) glukos monohidrat; 0,025 g sodium klorid; dan 0,0125 g dipotasium hidrogen fosfat), media SWC (0,5 g pepton, 0,1 g yeast ekstrak, 0,3 mL gliserol, 1,5 g agar, 25 mL aquades dan 75 mL air laut), media TSA NaCl, kloroform, Cat pewarnaan Gram (kristal violet; iodin; alkohol; dan safranin), ekstrak jintan hitam (100%), aquades, dan sampel air limbah yang diperoleh dari TPI BOM Kalianda.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada 3 saluran pembuangan air limbah yang berbeda di TPI BOM Kalianda terlihat (Gambar 5, 6, dan 7). Sampel tersebut diambil hingga memenuhi botol gelap ukuran 150 mL yang telah disterilkan sebelumnya dan diberi label berbeda, selanjutnya sampel disimpan dalam *ice box* untuk dibawa ke laboratorium mikrobiologi, setelah sampai di laboratorium sampel dimasukkan ke dalam low inkubator sebelum nantinya dianalisis.



Gambar 5. Saluran Pertama Pengambilan Sampel



Gambar 6. Saluran Kedua Pengambilan Sampel



Gambar 7. Saluran Ketiga Pengambilan Sampel

3.3.2 Isolasi dan Pengayaan Bakteri Inang (*Vibrio* sp.)

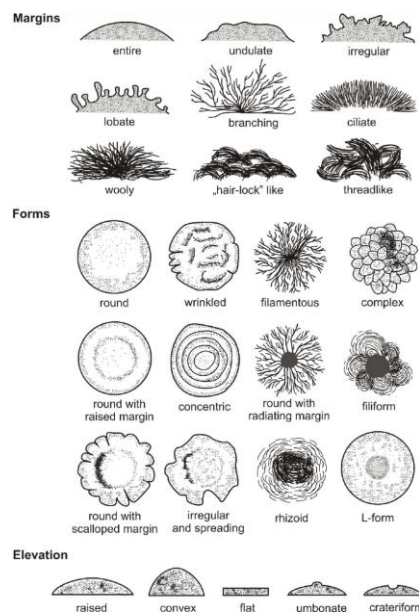
Isolasi dan pengayaan bakteri *Vibrio* sp. mengacu pada Pramono dkk. (2015), dengan modifikasi. Untuk memperbanyak bakteri *Vibrio* sp. dipipet sebanyak 5 mL sampel air limbah, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi media APW sebanyak 5 mL, setelah itu diinkubasi selama 5 jam pada suhu ruang. Selanjutnya, sampel diambil sebanyak 1 ose lalu diinokulasikan ke cawan berisi media TCBS secara *streak plate* dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang.

3.3.3 Karakterisasi Isolat Bakteri *Vibrio* sp.

Karakterisasi bakteri *Vibrio* sp. pada penelitian ini dilakukan dengan dua pengujian yakni karakterisasi secara makroskopis meliputi pengamatan bentuk, margin, elevasi, dan warna koloni serta pengujian secara mikroskopis dengan pewarnaan Gram.

3.3.3.1 Karakterisasi Secara Makroskopis

Isolat bakteri yang telah berhasil dimurnikan kemudian dikarakterisasi secara makroskopis dengan melakukan pengamatan morfologi koloni bakteri, yang meliputi bentuk, margin, elevasi, dan warna koloni (Aida dan Manalu, 2023).



Gambar 8. Morfologi Koloni Bakteri (Istikhory, 2022)

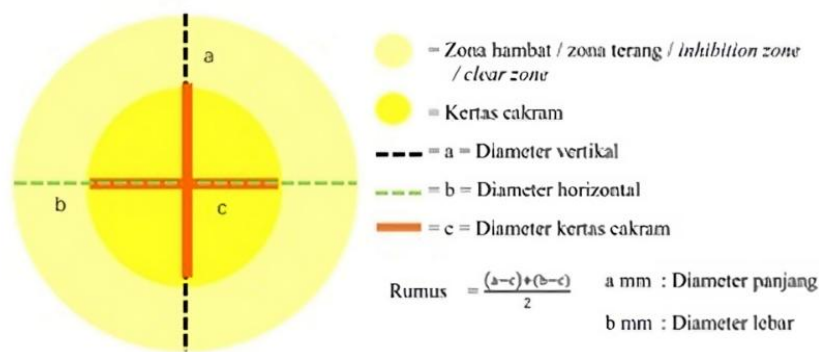
3.3.3.2 Uji Pewarnaan Gram

Kaca objek ditetesi 1-2 tetes aquades steril, kemudian diratakan 1 ose biakan isolat bakteri pada kaca objek lalu difiksasi di atas bunsen. Isolat yang sudah difiksasi kemudian ditetesi dengan cairan kristal violet didiamkan selama 1 menit kemudian di bilas dengan air mengalir. Selanjutnya isolat ditetesi iodine lalu didiamkan selama 1 menit kemudian di bilas dengan air mengalir. Selanjutnya dilakukan dekolorisasi isolat bakteri menggunakan alkohol 96% selama 30 detik.

Pemberian cat penutup pada isolat bakteri dilakukan menggunakan safranin dan didiamkan selama 1 menit, kemudian di bilas dengan air mengalir. Tutup isolat yang telah diperoleh dengan kaca penutup dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100 x (Ratnaningsih dkk., 2020).

3.3.4 Uji Aktivitas Daya Hambat Ekstrak Etanol Jintan Hitam Terhadap Pertumbuhan *Vibrio* sp.

Uji zona daya hambat dilakukan untuk mengetahui kemampuan biji jintan hitam dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. dengan menggunakan kertas cakram diameter 5 mm dibuat dari kertas saring Whatman yang direndam dalam larutan ekstrak biji jintan hitam pada konsentrasi 100%, kontrol (-) berupa aquades, dan kontrol (+) kloramfenikol selama 24 jam. Prosedur ini merujuk pada metode *Kirby-Bauer*, yang ditunjukkan dengan adanya zona bebas/hambat di sekitar kertas cakram. Dilakukan pengenceran isolat bakteri *Vibrio* sp. dengan mengambil 1 ose biakan murni yang kemudian diencerkan dalam larutan fisiologis Natrium Klorida (NaCl) 9 mL yang berfungsi sebagai pemisah bakteri. Selanjutnya media SWC (*Sea Water Complete*) disiapkan pada cawan petri, kemudian sebanyak 0,1 mL isolat *Vibrio* sp. disebar pada permukaan agar secara merata menggunakan *cotton bud*. *Paper disc* 5 mm yang sebelumnya telah direndam dalam larutan ekstrak jintan hitam, selanjutnya diletakan pada permukaan media inokulasi dengan *cotton bud*. Bakteri diinkubasi pada suhu ruang, lalu diamati setelah 24 jam. Diameter zona hambat lalu diukur dengan menggunakan jangka sorong (Liniati dkk., 2017). Seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Cara Pengukuran Zona Hambat (Tjiptoningsih, 2020).

Nilai zona hambatan yang terukur kemudian dirata-ratakan dan dikategorikan menggunakan pedoman penggolongan kekuatan daya antibakteri menurut Davis dan Stout (1971) (Bryan dkk., 2024) yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Kekuatan Daya Antibakteri Berdasarkan Davis dan Stout (1971).

Daya Hambat Antibakteri	Kategori Daya Hambat Antibakteri
≥ 21 mm	Sangat Kuat
11-20 mm	Kuat
6-10 mm	Sedang
≤ 5 mm	Lemah

3.3.5 Preparasi Sampel

Mengacu pada metode Hardanti dkk. (2018), dengan modifikasi. Sebanyak 1 mL sampel air dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 9 mL air pepton 0,1% pada tabung reaksi kemudian dihomogenkan dengan vortex selama 3 menit hingga terbentuk suspensi sampel. Setelah itu dipindahkan ke dalam tabung reaksi steril yang berpenutup.

3.3.6 Pengayaan Sampel

Mengacu pada metode Hardanti dkk. (2018), dengan modifikasi. Suspensi sampel sebanyak 1 mL diencerkan dalam SM buffer

dengan perbandingan 1:10, kemudian divortex selama 5 menit. Selanjutnya suspensi diinkubasi selama 24 jam pada suhu 4 °C dengan tujuan untuk membuat fage terelusi ke dalam buffer. Kemudian disentrifuge sebanyak 1 mL dengan kecepatan 12.000 rpm selama 3 menit untuk menghilangkan sisa-sisa sel yang terfragmentasi akibat kematian sel atau kerusakan. Selanjutnya supernatan yang terbentuk disaring dengan *micropore* berukuran 0,22 µm.

3.3.7 Isolasi Bakteriofage dan Uji Pengendalian Pertumbuhan Bakteri *Vibrio* sp. Menggunakan Bakteriofage

Mengacu pada metode Hardanti dkk. (2018), dengan modifikasi untuk teknik isolasi bakteriofage. Sebanyak 100 µl filtrat sampel hasil pengayaan diencerkan ke dalam 900 µl SM buffer (pengenceran 10^{-1} hingga 10^{-5}). Kemudian dari setiap tabung hasil pengenceran diambil sebanyak 100 µl dipindahkan ke dalam *microtube* steril, selanjutnya ditambahkan 100 µl kultur *broth* bakteri *Vibrio* sp. yang telah ditambahkan CaCl_2 konsentrasi 10 mM, kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 20 menit, selanjutnya hasil inkubasi tersebut ditambahkan ke dalam 4 mL TSA dan SWC (*soft agar*) yang suhunya berkisar 47 °C dalam tabung reaksi, kemudian dihomogenkan untuk mencampur kedua bahan tersebut, setelah homogen kemudian dituangkan ke dalam cawan petri yang sudah berisi TSA dan SWC (*hard agar*) dan dibiarkan hingga memadat. Untuk kontrol digunakan tabung reaksi yang mengandung bakteri *Vibrio* dan TSA dan SWC (*soft agar*) tanpa filtrat diinokulasikan di atas TSA dan SWC (*hard agar*) pada cawan petri, selanjutnya semua cawan uji dan kontrol diinkubasi semalaman pada suhu ruang, kemudian dilakukan pengamatan plak dari bakteriofage.

Plak yang terbentuk di cawan diambil menggunakan jarum ose bulat hingga bagian media agar dasarnya, lalu dipindahkan dalam 1 mL SM buffer yang telah ditambahkan kloroform sebanyak 1 tetes yang dilakukan pada suhu ruang. Kemudian disimpan pada suhu 4 °C semalaman (18-20 jam) agar partikel bakteriofage berdifusi keluar dari agar (suspensi fage) dan memberikan waktu untuk bakteri *Vibrio* sp. yang terinfeksi fage yang masih tersisa untuk lisis. Selanjutnya sampel uji ini disimpan pada suhu ruang selama 1 jam dan disentrifuge dengan kecepatan 12.000 rpm selama 15 menit. Supernatan yang terbentuk disaring dengan menggunakan *micropore* berukuran 0,22 µm. Hasil yang diperoleh berupa suspensi fage yang disimpan untuk selanjutnya di ujikan.

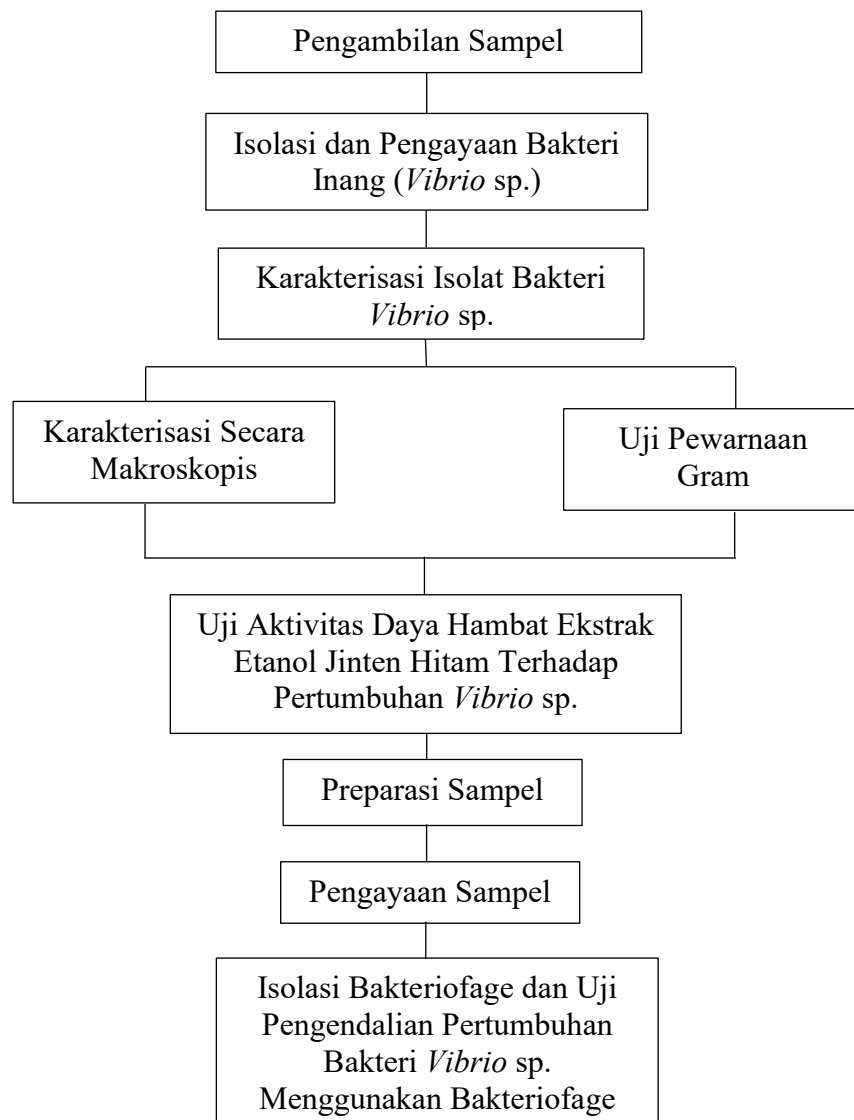
Pada uji pengendalian pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp. menggunakan bakteriofage dilakukan hal yang sama seperti teknik isolasi bakteriofage, namun penggunaan 100 µl filtrat sampel hasil pengayaan diganti dengan 100 µl filtrat fage yang telah diperoleh dari teknik isolasi bakteriofage.

3.4 Analisis Data

Pada penelitian ini, data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk isolasi Bakteriofage meliputi pembentukan plak dan menyajikan data perbedaan waktu pembentukan plak dalam bentuk gambar dan tabel. Pada isolasi bakteri *Vibrio* sp. dianalisis secara deskriptif kuantitatif mencakup morfologi koloni, morfologi sel (sifat Gram), serta hasil perhitungan diameter zona hambat (mm) yang disajikan dalam bentuk tabel yang menunjukkan nilai rerata.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan seperti pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Bagan Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut.

1. Terdapat dua koloni berbeda dari satu isolat bakteri *Vibrio* sp. yang didapatkan dengan karakteristik morfologi berbentuk *circular*, berwarna kuning, margin *entire*, elevasi *convex* dan juga *raised*, menunjukkan karakteristik fisiologis bersifat bakteri Gram negatif berbentuk basil tegak lurus pada koloni yang elevasinya *convex* dan yang sedikit bengkok pada koloni yang elevasinya *raised*.
2. Hasil pengukuran zona hambat pada uji aktivitas ekstrak etanol jintan hitam (*Nigella sativa*) menunjukkan nilai ≤ 5 mm yang dikategorikan lemah dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp.
3. Bakteriofage mampu melisis bakteri *Vibrio* sp. dan termasuk fage litik karena adanya plak yang terbentuk pada media TSA (*Trypton Soya Agar*) dan media SWC (*Sea Water Complete*), sehingga fage mampu digunakan dalam pengendalian bakteri *Vibrio* sp.

5.2 Saran

Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk melakukan uji lanjutan untuk identifikasi fage dan bakteri secara molekuler untuk mengetahui jenis bakteriofage dan strain bakteri *Vibrio* sp. serta melakukan uji stabilitas fage dalam kondisi lingkungan (pH, salinitas, dan suhu) berbeda untuk memastikan efektivitasnya dalam aplikasi nyata di perairan laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, K. P., S. H. Subramanya., and B. S. Lopes. (2019). Combatting Antimicrobial Resistance in Nepal: The Need for Precision Surveillance Programmes and Multi-sectoral Partnership. *JAC-Antimicrobial Resistance*. 1(3): 1-3.
- Ahmed, M., M. A. Khan., and M. S. Khan. (2017). Role of thymoquinone in antimicrobial efficacy of *Nigella sativa* L. A review. *J. Herb. Med.* 6(2): 67-76.
- Aida, H., dan K. Manalu. (2023). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains (BIOEDUSAINS)*. 6(1): 47-57.
- Ali, B. H., G. Blunden., G. A. Tanira., and A. Nemmar. (2018). Some Phytochemical, Pharmacological and Toxicological Properties of *Nigella sativa*: A review of the literature. *Food and Chemical Toxicology*. 1: 40-45.
- Altamirano, F. L. G., and J.J. Barr. (2019). Phage Therapy in the Postantibiotic Era. *Clinical Microbiology Reviewews*. 32(2): 1–25.
- Amin, S. (2023). Identifikasi Bakteri dari Telapak Tangan dengan Pewarnaan Gram. *Chemviro*. 1(1): 29-34.
- Anggita, D., Y. Yusriani., D. A. Abdi., dan D. Desiani. (2018). Effectiveness of Chinese Leaf Extract and Leaf Plants (*Jatropha Multifida* L.) As Antibacterial to Bacterial Growth *Staphylococcus Aureus* In Vitro. *Window of Health*. 1(1): 29-33.
- Anjung, M. U. K. (2016). Identifikasi Cemaran *Salmonella* sp. dan Isolasi Bakteriofage sebagai Biokontrol dalam Penanganan Pasca Panen Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) [Doctoral dissertation].
- Anugrah, A. N., dan A. Alfarizi. (2021). Literature Review Potensi dan Pengelolaan Sumber Daya Perikanan Laut di Indonesia. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI)*. 3(2).
- Asyifa, N. A., D. Novalina., dan T. D., Astuti. (2024). Potensi dan Uji Stabilitas Ekstrak Lawsonia Inermis sebagai Cat Penutup pada Gram Strain dengan Variasi Suhu. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology (BJMLT)*. 6(2): 540-546.

- Azam, A. H., and Y. Tanji. (2019). Bacteriophage-*host* arm race: an update on the mechanism of phage resistance in bacteria and revenge of the phage with the perspective for phage therapy. *App. Microbiol. Biotech.* 103: 2121-2131.
- Aziza, R. N., dan R. R. A. Chaidir. (2024). Isolasi Bakteri *Vibrio* sp. Resisten Antibiotik Pada Sampel Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) dari Pasar Seketeng. *Journal of Life Science and Technology.* 2(1): 26-35.
- Baker-Austin, C., and J. D. Oliver. (2018). *Vibrio vulnificus*: new insights into a deadly opportunistic pathogen. *Environmen Microbiology.* 20(2): 423-430.
- Baker-Austin, C., J. D. Oliver., M. Alam., A. Ali., M. K. Waldor., F. Qadri., and J. Martinez-Urtaza. (2018). *Vibrio* spp. infections. *Nature Reviews. Diease Primers.* 4(1): 1-19.
- Bell, A., and M. Bott. (2021). *Vibriosis*: what you and your patients need to know. *Delaware Journal of Public Health.* 7(1): 14.
- Caroll, K. C., J.S. Butel., S. A. Morse., T. Mietzner., B. Detrick., T. G. Mitchell., J. H. McKerrow., and J. A. Sakanari. (2016). Jawetz, Melnick, and Adelberg's Medical Microbiology, 27th Edition. McGraw-Hill, New York, Amerika Serikat.
- Casey, E., B. Fitzgerald., J. Mahony., G. A. Lugli., M. Ventura., and van Sinderen, D. (2017). Genome sequence of *Serratia marcescens* phage BF. *Genome. Announc.* 5: e211–e217.
- Chaleb, Kamel., K. Bochra., J. Hanene., M. Kacem., and B. Amina. (2011). "Antibacterial Activity of Thimoquinone an Active Principle of *Nigella sativa* and Its Potency to Prevent Bacterial Biofilm Formation. *BMC Complementary and Alternative Medicine.* 11: 11-29.
- Chen, J., N. Quiles-Puchalt., Y. N. Chiang., R. Bacigalupe., A. Fillol-Salom., M. S. J. Chee., J. R. Fitzgerald., and J. R. Penadés. (2018). Genome Hypermobility by Lateral Transduction. *Science.* 362(6411): 207–212.
- Christin, M., M. Verawaty., R. N. Sunarti. (2022). Isolasi dan Uji Kemampuan Lisis Bakteriofage Terhadap *Escherichia coli* dari Lingkungan Akuatik di Indralaya, Ogan Ilir. *Thesis.* Undergraduate Sriwijaya University.
- Davis, W. W., and T. R. Stout. (1971). Disc Plate Method of Microbiological Assay. *Journal of Microbiology.* 22: 659-665.
- Deshanda, R.P., R. Lingga., N. A. Hidayati., E. Sari., dan R. Hertati. (2018). Fage *Salmonella* Asal Limbah Pasar Ikan dan Air Sungai di Sekitar Kampus Universitas Bangka Belitung. *Ekotonia.* 3: 45-49.

- Dewantoro, B. S. D., and S. G. Ningrum. (2024). *Host Range Bakteriofage yang diisolasi dari Limbah di Lingkungan Rumah Burung Walet*. In *Prosiding Seminar Nasional Kusuma*, 2: 493-503.
- Ekowati, C. N., M. Mirani., K. Handayani., and R. Agustina. (2021). Detection of Nitrogenase Producing Bacteria From the Soil of Liwa Botanical Garden. *Jurnal Ilmiah Biology Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*. 8(2): 53-58.
- Fauziah, S. 2022. Lampung Selatan, Makan Enak ambil Nikmati Sunset. <https://www.inews.id/travel/destinasi/dermaga-bom-kuliner-kalianda>. Diakses pada Sabtu, 23 November 2024 pukul 21.35 WIB.
- Febriningtyas, K. J. (2023). Aplikasi Bakteriofage untuk Pengendalian Infeksi *Vibrio harveyi* pada Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931). [Skripsi]. Universitas Gajah Mada.
- Feliatra, Zainuri, dan D. Yoswaty. (2014). Pathogenitas bakteri *Vibrio* sp. Terhadap Udang Windu. (*Penaeus monodon*). *Jurnal Sungkai*. 2(1): 23-36.
- Firawati dan Karlina. (2017). Pengaruh Pemberian Infusa Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *The National Journal of Pharmacy*. 14 (1): 25.
- Fitri, F. A., F. Feliatra., and D. Yoswati. (2020). Sensitivity Test of *Vibrio* sp Bacteria Isolated from Dumai Sea Waters to Antibiotics (Ciprofloxacin, Erytromycin and Streptomycin). *Asian Journal of Aquatic Sciences*. 3(2): 189-192.
- Gerungan, L.K. (2016). Penegakan Hukum di Wilayah Perairan Indonesia. *Lex et Societatis*. 4(5).
- Guli, M. M. (2016). Patogenesis Penyakit Kolera pada Manusia. *Biocelbes*. 10(2): 18-24.
- Hamidah, M. N., L. Rianingsih., dan R. Romadhon. (2019). Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Asam Laktat dari Peda dengan Jenis Ikan Berbeda Terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*. 1(2): 11-21.
- Handayani, D. W., G. Diansyah., dan Isnaini. (2020). Analisis Koloni Bakteri *Vibrio* sp. dan Kualitas Air pada Air Budidaya Juwana Kuda Laut (*Hippocampus* sp.). *Maspari Journal*. 12(1): 1-8.
- Hardanti, S., A. K. Wardani., dan W. D. Rukmi. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Bakteriofage Spesifik *Salmonella typhi* dari Kulit Ayam. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 19(2): 107–116.
- Hasan, E. (2016). Pengaruh Pemberian Ekstrak Kasar Jintan Hitam (*Nigella sativa*) Terhadap Daya Hambat Bakteri *Vibrio harveyi* Secara In Vitro. [Skripsi]. Universitas Brawijaya.

- Hikmawati, F., A. Susilowati., dan R. Setyaningsih. (2019). Deteksi Jumlah dan Uji Patogenitas *Vibrio* spp. pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) di kawasan Wisata Pantai Yogyakarta. *J Pros Sem Nas Masy Biodiv Indo*. 5(2): 334-339.
- Idami, Z., dan R. A. Nasution. (2020). Kelimpahan Koloni Bakteri *Vibrio* sp. Berdasarkan Lokasi Budidaya Tambak Udang di Kabupaten Pidie. Bioma. *Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*. 5(2): 121-134.
- Ihsan, B. (2021). Identifikasi Bakteri Patogen (*Vibrio* Spp. dan *Salmonella* Spp.) yang Mengkontaminasi Ikan Layang dan Bandeng di Pasar Tradisional. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 24(1): 89-96.
- Ihsan, B., dan E. Retnaningrum. (2017). Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Vibrio* sp. pada Kerang Kapah (*Meretrix meretrix*) di Kabupaten Trenggalek. *Jurnal Harpodon Borneo*. 10(1): 23-27.
- Irmawati, Y., F. Sudirjo., S. M. Salamun., and D. Aktaulora. (2024). *Vibrio* sp. Bacteria in the Gills and Kidneys of White Snapper Fish (*Lates calcalifer*). *Jurnal Agribisnis Perikanan*. 17(1): 529-534.
- Ismah, K., W. A. Zakaria., dan Y. Indriani. (2020). Pola Konsumsi dan Ketahanan Pangan Rumah Tangga Nelayan di Desa Maja Kecamatan Kalianda Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Ilmu Agribisnis*. 8(1):145-152.
- Kesumah, D. (2020). Modul Pembelajaran SMA Biologi. Direktorat SMA, Direktorat Jenderal PAUD, DIKDAS, dan DIKMEN.
- Krieg, N. R., and J. G. Holt. (1984). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. *Baltimore*. 1: 161-172.
- Kurniawan, R.A. (2016). Identifikasi dan Karakterisasi Molekuler Bakteri *Vibrio* pada Ikan Air Laut di Wilayah Batam dan Mataram. *Thesis*.
- Kusmarwati, A., Y. Yenni., dan N. Indriati. (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): 91-106.
- Kuswari, P. M. 2021. Antagonisme Bakteri yang Berasal dari Usus Ikan Sapu-sapu (*Hypostomus Plecostomus*) Terhadap Bakteri Patogen. *Thesis*. Universitas Islam Riau.
- Lestari, U., Mihaimin., Yuliana., dan L. Mekeama. (2024). Antibacterial Activities Test of Acne Gel Mask Black Cumin Oil (*Nigella sativa* Linn) combined with Olive Oil (*Olea europaea* var. *Europea*). *Indonesian Journal of Biological Pharmacy*. 4(3): 119-129.

- Lingga, A. R., U. Pato., dan E. Rossi. (2016). Uji Antibakteri Ekstrak Batang Kecombrang (*Nicolaia speciosa* horan) Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jom Faperta*. 3(1): 1-15.
- Linianti, L., I. Nur., M. Maulidiyah., dan Y. Yusnaini. (2017). Potensi Ekstrak Etanol Biji Jintan Hitam (*Nigella sativa*) untuk Pengendalian Bakteri *Vibrio harveyi* Penyebab Penyakit pada Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*. 1(1): 25-29.
- Mafaza, W. (2023). Aplikasi Koktail Bakteriofage untuk Pengendalian Infeksi *Vibrio hemolyticus* pada Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Mahulauw, F. R., A. Lamadi., dan M. Mulis. (2022). Patogenitas Bakteri *Vibrio* sp. Pada Udang Vannamei di Kabupaten Pohuwato. *The Nike Journal*. 10(1): 31-39.
- Monteiro, R., D. P. Pires., A. R. Costa., and J. Azeredo. (2019). Phage Therapy. *Microbiology*. 27(4): 368-378.
- Muthukrishnan, S., T. Defoirdt., M. Y. Ina-Salwany., F. M. Yusoff., M. Shariff., S. I. Ismail., dan I. Natrah. (2019). *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio harveyi* causing Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) in *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) isolated from Malaysian shrimp ponds. *Aquaculture*. 5(11): 734227.
- Neun, B. W., E. Cedrone., T.M. Potter., and M. A. Dobrovolskaia. (2020). *Detection of Bacterial Contamination using Tryptic Soy Agar Plates and RPMI Suspension Tests for the Purposes of Determining Bacterial ID*. <https://ncl.cancer.gov/resources/assay-cascade-protocols> . Diakses pada Selasa, 12 Agustus 2025 pukul 16.27 WIB.
- Pelczar, M. J., and E. C. S. Chan. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. UI Press. Jakarta.
- Perkasa, G. I. (2017). Resistensi Bakteri *Vibrio harveyi* Asal Perairan Tambak Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Jawa Timur Terhadap Antibiotik *Chloramphenicol*. [Doctoral dissertation, Universitas Airlangga].
- Pirnay, J. P. (2020). Phage Therapy in the Year 2035. *Front. Microbiol*. 11(1171): 1-8.
- Poeloengan, M., dan Andriani. 2013. Kandungan Senyawa Aktif dan Daya Antibakteri Daun Sambung Darah. *Jurnal Veteriner*. 14(2):145-152.
- Pramono, H., H. M. Noor., S. S. Fatimah., N. A. Harahap., dan Selia, A. A. (2015). Isolasi dan Identifikasi *Vibrio* sp. pada Produk Seafood Tradisional Area Timur Kota Surabaya [Isolation and Identification of *Vibrio* sp. from Traditional Seafood Products of Eastern Surabaya City Area]. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 7(1): 25-30.

- Pratiwi, R. H. (2021). Virus Bakteri sebagai Terapi untuk Penyakit Infeksi. *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains (BIOEDUSAINS)*. 4(2): 193-204.
- Puspasari, Heny., S. Suhaimi., H. Husnani., dan I. F. Krismonika. 2020. Uji Daya Hambat Ekstrak Kental Daun Kratom (*Mitragyna Speciosa Korth*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus epidermidis* Sebagai penyebab Jerawat. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*. 4(2): 87-94.
- Radar Lamsel. (2016). Kondisi Docking di PPI Kalianda Mengkhawatirkan. <https://radarlamsel.disway.id/read/2931/kondisi-docking-di-ppi-kalianda-mengkhawatirkan>. Diakses pada Sabtu, 23 November 2024 pukul 21.35 WIB.
- Ratnaningsih, H. R., D. A. Prameswari., dan R. A. Taopan. (2020). Isolasi Bakteri Pendegradasi Pestisida dan Herbisida. *Science Tech. Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. 6(1):17-25.
- Renneberg, R. (2023). *Biotechnology for beginners*. Academic Press.
- Ridlo, A., dan P. Rini. (2009). Aplikasi Ekstrak Rumput Laut Sebagai Agen Immunostimulan Sistem Pertahanan Non-spesifik pada Udang (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Ilmu Kelautan*. 14: 133-137.
- Saefunida, D S., Wijanarka., R. M. G. Isworo., N. H. Novik. (2016). Isolasi Bakteriofage *Escherichia coli* dari Sistem Distribusi Air Minum Isi Ulang sebagai Antibiofilm. *Jurnal Biologi*. 5(2): 68-75.
- Saleh, F. A., E. L. Darra., K. Raafat., and El Ghazzawi. (2018). Phytochemical Analysis of *Nigella Sativa* L. Utilizing GC-MS Exploring Its Antimicrobial Effects Against Multidrug-Resistant Bacteria. *Pharmacogn Journal*. 10(1): 99-105.
- Sampaio, A., V. Silva. P. Poeta., dan F. Aonofriesei., (2022). *Vibrio* spp.: Life strategies, ecology, and risks in a changing environment. *Diversity*. 14(2): 97.
- Sandle, T. (2024). *Biocontamination control for Pharmaceuticals and Healthcare*. Elsevier.
- Sarjito, Apriliani, dan Afriani. (2015). “Agensia Penyebab *Vibriosis* Pada Udang Vaname (*Litopenaeus gariepinus*) yang Dibudidayakan Secara Intensif di Kendal. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(3): 189–196.
- Schoch, C. L., S. Ciufu., M. Domrachev., C. L. Hotton., S. Kannan., R. Khovanskaya., and I. Karsch-Mizrachi. (2020). NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. *Database*. 1-21.
- Serelicious. 2019. <https://www.quipper.com/id/blog/mapel/biologi/materi-virus-kelas-10/>. Diakses pada Minggu 24 November 2024 pada pukul 12.54 WIB.

- Sitohang, L., T. Rahardjo., and M. Syahril. (2019). Environmental Impact of Synthetic Chemicals in Aquaculture: A review. *Aquatic Ecosystem and Management*. 22(1): 53-63.
- Sumardi, K. Handayani., G. N. Susanto., N. Ayuandira., dan E. Prihadhi. (2025). Pengaruh Berbagai Macam Empon dan Simbiotik Terhadap Pertumbuhan Larva Udang Putih (*Litopenaeus vannamei*). *Biospecies*. 18(1): 25-33.
- Suprakto, B., M. D. Lestari., D. Aulia., N. Hakimah., dan S. Wartini. (2024). Analisis Komposisi dan Kelimpahan Bakteri *Vibrio* sp. Pada Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Sistem Intensif. *Jurnal Perikanan Unram*. 14 (1): 215-224.
- Takwin, B. A., D. Wahjuningrum., W. Widanarni., and H. Nasrullah. (2024). The Potential of Bacteriophage for Controlling *Vibrio parahaemolyticus* as in-vitro. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 23(2): 122-133.
- Thayalini, A. K. (2015). Dietary Supplementation of Black Cumin Seed Meal on Rumen Fermentation in Goats. *Tesis*. Universiti Putra Malaysia.
- Tjiptoningsih, U. G. (2020). Uji Daya Hambat Air Perasan Buah Lemon (*Citrus limon* (L.) burm. F.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*. *Jurnal Ilmiah dan Teknologi Kedokteran Gigi*. 16(2):86-96.
- Wally, A. Da., S. P. Eko., S. Surachmi. (2021). Bakteriofage Spesifik *Escherichia coli* yang diisolasi dari Berbagai Sumber Air di Bogor Tengah, Kota Bogor sebagai Antibiotika Alternative. Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor. *Jurnal Biologi Udayana*. 25(2): 183-188.
- Wang, D., Q. Zheng., Q. Lv., C. Zhang., Y. Zheng., H. Chen., and W. Zhang. (2021). Assessment of seawater bacterial infection in rabbit tibia by Illumina MiSeq sequencing and bacterial culture. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 16: 1-14.
- Wang, L., Y. Chen., H. Huang., Z. Huang., H. Chen., and Z. Shao. (2015). Isolation and identification of *Vibrio campbellii* as a bacterial pathogen for luminous *Vibriosis* of *Litopenaeus vannamei*. *Aquac. Res*. 46: 395-404.
- Wulandari, N. (2024). Keanekaragaman dan Patogenitas *Vibrio* sp. Pada Tambak Udang Vanname (*Litopenaeus Vannamei*) di Kawasan Desa Rawa Gampong Kec. Pidie Kab. Pidie. *Doctoral Dissertation*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Yano, Y., K. Hamano., M. Satomi., I. Tsutsui., M. Ban., and D. Aue-umneoy. (2014). Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Vibrio* species related to food safety isolated from shrimp cultured at inland ponds in Thailand. *Food. Control*. 38: 30-36.

- Zhang, M., Zhang, T., Yu, M., Chen, Y. L., and Jin, M. (2022). The Life Cycle Transitions of Temperate Phages: Regulating Factors and Potential Ecological Implications. *Viruses*. 14(9), 1904.
- Zuraida, Z., S. Sulistiyani., D. Sajuthi., dan I. H. Suparto. (2021). Fenol, Flavonoid, Dan Aktivitas Antioksidan Pada Ekstrak Kulit Batang Pulau (*Alstonia scholaris* R.Br). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 35(3): 211-219.