

**PENAPISAN DAN IDENTIFIKASI BAKTERI KANDIDAT PROBIOTIK
DARI DANAU RANAU, LAMPUNG BARAT SEBAGAI AGEN
BIOKONTROL TERHADAP BAKTERI PATOGEN**

SKRIPSI

Oleh

**SHABRINA AISHA PUTRI
NPM 2054111002**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENAPISAN DAN IDENTIFIKASI BAKTERI KANDIDAT PROBIOTIK DARI DANAU RANAU, LAMPUNG BARAT SEBAGAI AGEN BIOKONTROL TERHADAP BAKTERI PATOGEN

Oleh

SHABRINA AISHA PUTRI

Kegiatan budidaya ikan air tawar merupakan salah satu komoditas penting di Indonesia, termasuk di Danau Ranau. Salah satu tantangan dalam budidaya adalah serangan penyakit akibat infeksi bakteri. Oleh karena itu, perlu upaya biokontrol untuk mengatasi bakteri patogen dan mendukung keberlanjutan budidaya ikan air tawar. Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh bakteri kandidat probiotik dari perairan Danau Ranau Lampung Barat sebagai agen biokontrol terhadap bakteri patogen. Penelitian ini menggunakan metode eksploratif dengan pengambilan sampel, isolasi bakteri, uji antibakteri, identifikasi bakteri. Hasil penelitian menunjukkan bakteri yang diisolasi dari Danau Ranau diperoleh 12 isolat. Dua belas isolat menghasilkan aktivitas antibakteri pada uji antibakteri yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat di sekeliling kertas cakram. Isolat bakteri ANR.1 menunjukkan aktivitas antagonis terhadap ketiga bakteri patogen dengan zona hambat terbesar yaitu 7,7 mm pada bakteri patogen *Aeromonas hydrophila*, 7,3 mm pada bakteri patogen *Streptococcus agalactiae*, dan 7,5 mm pada bakteri patogen *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan identifikasi bakteri melalui uji makroskopis, mikroskopis, biokimia, dan molekuler, isolat bakteri ANR.1 teridentifikasi *Bacillus thuringiensis* ANR.1 dengan presentase 99,73%. *Bacillus thuringiensis* ANR.1 memiliki potensi sebagai kandidat probiotik untuk digunakan sebagai agen biokontrol dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen.

Kata kunci : Agen Biokontrol, *Bacillus thuringiensis*, Bakteri Patogen, Penapisan, Probiotik

ABSTRACT

SCREENING AND IDENTIFICATION OF PROBIOTIC BACTERIAL CANDIDATES FROM LAKE RANAU, WEST LAMPUNG AS BIOCONTROL AGENTS AGAINST PATHOGENIC BACTERIA.

By

SHABRINA AISHA PUTRI

Freshwater fish farming activities are one of the important commodities in Indonesia, including in Lake Ranau. One of the challenges in cultivation is the attack of disease due to bacterial infection. Therefore, biocontrol efforts are needed to overcome pathogenic bacteria and support the sustainability of freshwater fish farming. The purpose of this study was to obtain probiotic candidate bacteria from the waters of Lake Ranau West Lampung as a biocontrol agent against pathogenic bacteria. This study used explorative method with sampling, isolation of bacteria, antibacterial test, identification of bacteria. The results showed that bacteria isolated from Lake Ranau obtained 12 isolates. Twelve isolates produced antibacterial activity in the antibacterial test indicated by the formation of an inhibition zone around the disc paper. Bacterial isolates ANR.1 showed antagonistic activity against the three pathogenic bacteria with the largest inhibition zone of 7.7 mm in pathogenic bacteria *Aeromonas hydrophila*, 7.3 mm in pathogenic bacteria *Streptococcus agalactiae*, and 7.5 mm in pathogenic bacteria *Staphylococcus aureus*. Based on bacterial identification through macroscopic, microscopic, biochemical, and molecular tests, bacterial isolate ANR.1 was identified as *Bacillus thuringiensis* ANR.1 with a percentage of 99.73%. *Bacillus thuringiensis* ANR.1 has potential as a probiotic candidate for use as a biocontrol agent in inhibiting the growth of pathogenic bacteria.

Keywords: *Bacillus thuringiensis*, Biocontrol Agent, Pathogenic Bacteria, Screening

**PENAPISAN DAN IDENTIFIKASI BAKTERI KANDIDAT PROBIOTIK
DARI DANAU RANAU, LAMPUNG BARAT SEBAGAI AGEN
BIOKONTROL TERHADAP BAKTERI PATOGEN**

Oleh

SHABRINA AISHA PUTRI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

: **PENAPISAN DAN IDENTIFIKASI
BAKTERI KANDIDAT PROBIOTIK
DARI DANAU RANAU, LAMPUNG
BARAT SEBAGAI AGEN BIOKONTROL
TERHADAP BAKTERI PATOGEN.**

Nama Mahasiswa

: **Shabrina Aisha Putri**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2054111002**

Program Studi

: **Budidaya Perairan**

Fakultas

: **Pertanian**



1. Komisi Pembimbing

Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.

NIP. 196402151996032001

Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si.

NIP. 199001282019032018

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Siti Hudaidah, M. Sc.



Sekretaris

: Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si.



Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi : 21 Maret 2025

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Shabrina Aisha Putri. Lahir pada 03 November 2001 di Bandar Lampung. Penulis adalah anak kedua dari Bapak Imam Mahdi Joko dan Ibu Beti Poerwandari. Penulis menempuh Pendidikan formal dari Taman Kanak-Kanak Amarta Tani HKTI pada tahun (2006-2007), lalu melanjutkan Pendidikan dasar di SD Al-Azhar 2 Bandar Lampung pada tahun 2008-2014, dilanjutkan ke Pendidikan menengah pertama di SMPN 19 Bandar Lampung pada tahun 2014-2017, dan Pendidikan menengah atas di SMAN 12 Bandar Lampung pada tahun 2017-2020.

Penulis kemudian melanjutkan Pendidikan ke jenjang Pendidikan tinggi di Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SMM Barat pada tahun 2020. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Fisiologi Ikan pada tahun 2021. Penulis juga pernah menjalani magang di Balai Budidaya Ikan (BBI) Metro pada tahun 2022. Penulis pernah aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK) sebagai anggota Bidang Kewirausahaan.

Penulis menjalankan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Januari-Februari tahun 2023 di Pekon Teba Liyokh, Kecamatan Batu Brak, Kabupaten Lampung Barat. Penulis juga melaksanakan Praktik Umum (PU) di Central Proteina Prima Tbk, Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan dengan judul “Pengelolaan Induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) PT. Central Proteina Prima Tbk, Kalianda, Kab. Lampung Selatan, Lampung”. Penulis melaksanakan penelitian di 2 tempat, pengambilan sampel dilaksanakan di Danau Ranau, Lampung Barat, Provinsi Lampung, isolasi dan identifikasi dilaksanakan di Laboratorium Budidaya Perairan Fakultas Pertanian dengan judul “Penapisan dan Identifikasi Bakteri Kandidat Probiotik dari Danau Ranau Lampung Barat Sebagai Agen Biokontrol Terhadap Bakteri Patogen”.

Untuk orang tua tercinta, Ibu Beti Poerwandari dan Bapak Imam Mahdi Joko S.,
serta kakak Ibnu Mahdilevi S. yang tiada henti mendoakan yang terbaik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “ *Penapisan dan Identifikasi Bakteri Kandidat Probiotik Dari Danau Ranau Lampung Barat Sebagai Agen Biokontrol Terhadap Bakteri Patogen* ” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan FP Unila;
2. Munti Sarida, S.Pi. M.Sc. Ph.D selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Ir. Siti Hudaidah, M.Sc selaku Pembimbing Utama;
4. Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris;
5. Dr. Agus Setyawan, S. Pi., M.P. selaku Penguji Utama;
6. Dr. Yudha Trinoegraha A.,S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Kedua orang tua tercinta Bapak Imam Mahdi Joko S. dan Ibu Beti Poerwandari.

Bandar Lampung, Juni 2025

Shabrina Aisha Putri

3.4.2.3 Media O/F Basal	21
3.4.3 Pengambilan sampel	21
3.4.4 Isolasi bakteri	22
3.4.5 Pemurnian bakteri	22
3.4.6 Uji Antibakteri	22
3.4.7 Identifikasi Morfologi	23
3.4.7.1 Identifikasi Bakteri Secara Makroskopis	23
3.4.7.1 Identifikasi Bakteri Secara Mikroskopis	23
3.4.8 Uji Biokimia	23
3.4.8.1 Uji Motilitas	24
3.4.8.2 Uji Katalase	24
3.4.8.3 Uji Oksidatif Fermentatif	24
3.4.9 Uji Molekuler	25
3.5 Analisis Data	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil	26
4.1.1 Isolasi Bakteri Kandidat Probiotik	26
4.1.2 Uji Antibakteri	26
4.1.3 Identifikasi bakteri	27
4.1.3.1 Identifikasi Morfologi	27
4.1.3.2 Uji Biokimia	29
4.1.4 Identifikasi Bakteri Secara Molekuler	30
4.2 Pembahasan	31
V. SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	42

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bahan penelitian.....	18
2. Alat penelitian	19
3. Diameter zona hambat bakteri kandidat probiotik terhadap bakteri patogen.....	26
4. Morfologi koloni bakteri dari berbagai isolat ANR dengan metode pengamatan makroskopis.....	28
5. Morfologi sel bakteri dari berbagai isolat ANR dengan metode pewarnaan Gram	29
6. Hasil uji biokimia dari berbagai isolat ANR.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	11
2. Budidaya ikan nila di Danau Ranau.....	15
3. Uji antibakteri isolat Bakteri ANR.1.....	27
4. Pewarnaan Gram	29
5. Hasil analisis 16S rRNA dalam pohon filogenetik isolat bakteri ANR.1	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi penelitian	43
2. Format FASTA	44
3. Penjajaran sekuens parsal 16s rRNA	46
4. Hasil pengamatan makroskopis isolat bakteri.....	48
5. Hasil pengamatan mikroskopis isolat bakteri	49
6. Uji katalase.....	50
7. Uji O/F	50
8. Uji motilitas	50

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Budidaya ikan air tawar merupakan salah satu sektor penting dalam memenuhi kebutuhan protein hewani di berbagai negara, termasuk Indonesia. Permintaan pasar yang tinggi terhadap ikan air tawar menyebabkan produksi ikan air tawar juga meningkat. Seiring meningkatnya permintaan pasar, sektor budidaya ikan air tawar kerap mengalami berbagai tantangan, salah satunya adalah serangan penyakit yang disebabkan oleh bakteri. Penyakit bakteri pada ikan air tawar dapat menyebabkan kematian pada ikan serta kerugian ekonomi yang tidak sedikit (Tarkil *et al.*, 2021). Penyakit yang disebabkan oleh bakteri merupakan ancaman serius bagi keberhasilan budidaya ikan air tawar. Beberapa penyakit yang umumnya menyerang ikan air tawar akibat infeksi bakteri antara lain *Aeromonas hydrophila*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas* spp (Manurung dan Susantie, 2017). Infeksi bakteri ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kualitas air yang buruk, kepadatan yang tidak merata, serta pengelolaan pakan dan lingkungan yang kurang optimal. Oleh karena itu, pengelolaan penyakit menjadi salah satu aspek yang sangat penting dalam keberhasilan budidaya ikan air tawar.

Penggunaan antibiotik seringkali menjadi solusi upaya mengatasi masalah ini, namun hal ini akan membawa dampak negatif bagi budidaya ikan air tawar antara lain resisten bakteri terhadap antibiotik dan akan berdampak buruk terhadap lingkungan (Ibrahim *et al.*, 2013). Oleh sebab itu, penting untuk menemukan alternatif solusi yang lebih ramah lingkungan dan dapat dipertahankan dalam jangka panjang. Salah satu solusi potensial untuk mengatasi penyakit ikan yang diakibatkan bakteri adalah dengan menggunakan agen biokontrol berbasis bakteri

probiotik. Bakteri probiotik merupakan mikroorganisme yang menguntungkan, yang jika diaplikasikan pada ikan dapat bermanfaat bagi kesehatan inangnya dengan cara menghambat pertumbuhan bakteri patogen, memproduksi senyawa antimikroba seperti asam laktat dan hydrogen peroksida, serta meningkatkan respon imun ikan. Menurut Muthu et al., (2024) penggunaan probiotik dapat membantu mengurangi ketergantungan dan menurunkan risiko resisten antibiotik. Beberapa bakteri probiotik, seperti *Lactobacillus spp.*, *Bacillus spp.*, dan *Pediococcus spp.*, telah terbukti efektif dalam meningkatkan ketahanan ikan terhadap infeksi bakteri patogen.

Bakteri probiotik dapat ditemukan diberbagai ekosistem perairan, baik di lingkungan air tawar maupun laut. Contohnya, ekosistem seperti danau, sungai, waduk, termasuk Danau Ranau yang merupakan habitat alami bagi beragam mikroorganisme yang memiliki potensi sebagai bakteri probiotik. Danau Ranau merupakan pusat kegiatan budidaya ikan air tawar, pada tahun 2022 tercatat terdapat 450 unit keramba jaring apung (KJA) (Dinas Perikanan Kabupaten Lampung Barat 2022). Ikan yang dihasilkan dari kegiatan budidaya di Danau Ranau memiliki keunggulan dari ikan air tawar lainnya, hal ini dikarenakan kondisi kualitas perairan danau yang masih baik, sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan dari ikan (Wibowo et al., 2021). Dengan adanya kegiatan budidaya ikan air tawar, Perairan Danau Ranau memiliki potensi sumber bakteri probiotik sebagai agen biokontrol bakteri patogen. Pemanfaatan bakteri yang berasal dari perairan danau sebagai bakteri probiotik pernah dilakukan, pada penelitian Dwithania (2019), menghasilkan bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas sp.* dari Danau Biru, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat.

Penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri probiotik dari Danau Ranau menjadi langkah penting dalam mengembangkan agen biokontrol yang efektif dan berkelanjutan. Pemanfaatan bakteri probiotik lokal juga dapat menjadi model pengelolaan sumber daya alam berbasis berkelanjutan, yang relevan dengan upaya pelestarian ekosistem Danau Ranau. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menemukan bakteri kandidat probiotik dari Danau Ranau yang efektif sebagai agen biokontrol terhadap bakteri patogen.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan bakteri yang berpotensi menjadi kandidat probiotik dari perairan Danau Ranau sebagai agen biokontrol terhadap bakteri patogen.

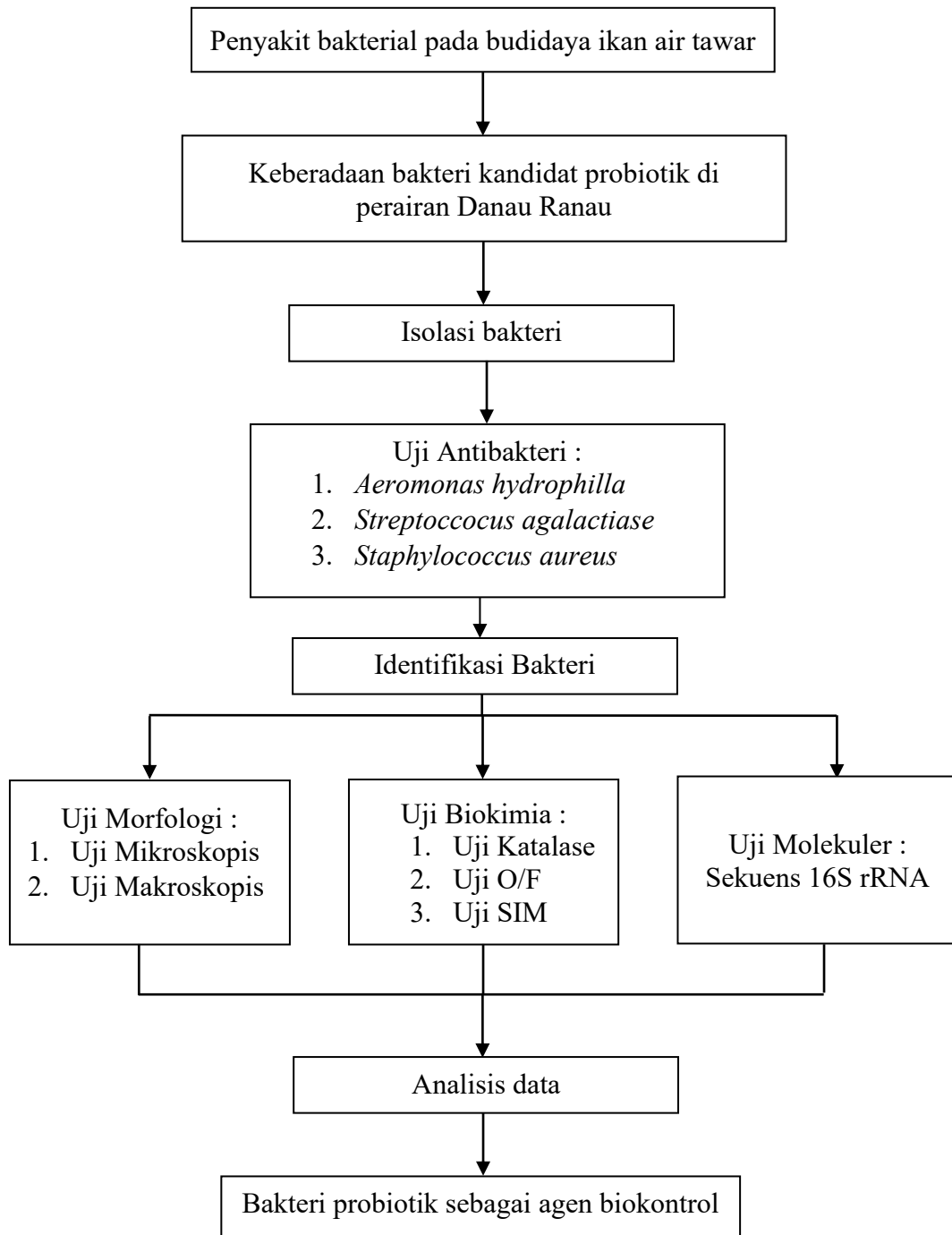
1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memperoleh isolat kandidat probiotik dari perairan Danau Ranau sebagai agen biokontrol yang bermanfaat bagi budidaya ikan air tawar.

1.4 Kerangka Penelitian

Masalah utama yang dihadapi dalam budidaya ikan air tawar salah satunya tingginya insiden penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri patogen, seperti (*Aeromonas*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*). Penyakit ini mengakibatkan kerugian ekonomi yang signifikan, termasuk kematian ikan secara massal. Solusi yang digunakan dengan pemberian antibiotik sering kali menimbulkan masalah baru berupa resistensi bakteri dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Sebagai solusi alternatif, bakteri probiotik menawarkan pendekatan ramah lingkungan dengan menghambat patogen, meningkatkan imunitas ikan, dan memperbaiki kualitas air.

Untuk mendukung implementasi ini perlu dilakukan eksplorasi sumber probiotik alami yang potensial. Danau Ranau, merupakan salah satu ekosistem alami yang kaya akan keanekaragaman mikroorganisme. Tahapan penelitian dimulai dengan isolasi bakteri dari air Danau Ranau, bakteri yang berhasil diisolasi kemudian diuji sifat probiotiknya, seperti kemampuan menghasilkan senyawa antibakteri. Oleh karena itu, dilakukannya penelitian ini untuk memperoleh isolat bakteri kandidat probiotik sebagai agen biokontrol terhadap bakteri patogen. Kerangka pikir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Budidaya Ikan Air Tawar dan Permasalahannya

Budidaya ikan air tawar merupakan sektor penting dalam akuakultur yang memberikan kontribusi besar terhadap pangan dan ekonomi global, terutama di negara tropis seperti Indonesia. Jenis ikan yang umum dibudidayakan mencakup ikan nila (*Oreochromis niloticus*), ikan mas (*Cyprinus carpio*), ikan lele (*Clarias spp.*), dan ikan patin (*Pangasius spp.*). Sektor ini sangat mendukung ketahanan pangan serta menjadi sumber pendapatan utama bagi masyarakat pesisir dan pedalaman (FAO, 2020).

Meskipun memiliki potensi besar budidaya ikan air tawar sering menghadapi tantangan serius yang diakibatkan infeksi penyakit. Salah satu penyakit yang sangat berbahaya yaitu infeksi bakteri atau penyakit bakterial. Bakteri patogen yang menyerang ikan air tawar beragam, termasuk spesies seperti *Aeromonas*, *Streptococcus*, dan *Staphylococcus* (Mishra et al, 2017). Masing-masing dari spesies ini memiliki karakteristik unik dan dapat menyebabkan berbagai jenis penyakit ikan. *Aeromonas hydrophila* merupakan salah satu jenis bakteri patogen yang paling umum menyebabkan wabah penyakit pada ikan air tawar yang dibudidayakan (Irshath et al., 2023). Bakteri patogen ini mengakibatkan ulserasi, infeksi sistemik, hingga kematian masal pada ikan. Hal ini berdampak pada penurunan produktivitas, peningkatan biaya produksi, dan kerugian ekonomi yang signifikan bagi para pembudidaya (Hossain et al., 2021).

Untuk mengatasi permasalahan ini, antibiotik telah digunakan secara luas sebagai metode pengendalian penyakit. Meskipun efektif dalam jangka pendek, penggunaan antibiotik yang tidak terkontrol menimbulkan berbagai dampak negatif. Salah satu dampaknya adalah muncul resistensi antimikroba pada bakteri

patogen, yang mengurangi efektivitas pengobatan di masa depan (Gustiana et al., 2015).

Selain itu, residu antibiotik yang tertinggal pada tubuh ikan dapat berdampak negatif bagi kesehatan konsumen. Penggunaan antibiotik dapat mencemari ekosistem perairan, sehingga dapat merusak keseimbangan ekologi pada sisi lingkungan (Cabello et al., 2016).

2.2 Probiotik di Akuakultur

Istilah probiotik pertama kali diciptakan pada tahun 1965 oleh Lilly dan Stilwell, yang mendefinisikan probiotik sebagai mikroorganisme yang dirancang untuk merangsang pertumbuhan mikroorganisme lain. Secara sederhana probiotik adalah bakteri hidup yang mempunyai pengaruh menguntungkan pada kesehatan host (Antarini, 2011). Probiotik berperan penting dalam menjaga atau melestarikan suatu lingkungan, dengan menciptakan lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan suatu inang dengan berbagai cara salah satunya yaitu dengan meningkatkan kualitas air.

Menurut Patang et al. (2022), probiotik dalam bidang akuakultur merupakan mikroorganisme hidup yang mempunyai sifat bermanfaat bagi inang, sehingga populasi mikroorganisme berbahaya tidak bertambah. Probiotik juga dapat mengendalikan patogen dengan cara meningkatkan nilai nutrisi, meningkatkan respon inang terhadap penyakit dan memperbaiki kualitas lingkungan. Pengaplikasian probiotik pada bidang akuakultur dapat dilakukan dengan beberapa metode, sesuai dengan tujuan yang diinginkan antara lain pencampuran pakan dan diaplikasikan langsung pada media budidaya.

Penggunaan probiotik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan sebagai upaya dalam mencegah penyakit telah banyak digunakan dalam kegiatan budidaya. Pada dasarnya sumber kultur bakteri probiotik berasal dari lingkungan akuatik, yaitu air atau pasir, dan khususnya dari saluran pencernaan (Anggorowati, 2019). Pengaplikasian penggunaan probiotik pada budidaya akan memberikan keuntungan yaitu meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan ikan budidaya, sesuai dengan pernyataan Widanarni et al. (2014), bahwa pemberian probiotik dapat

meningkatkan sintasan dan respon imun terhadap inang dibandingkan tanpa probiotik.

Penggunaan dalam akuakultur adalah aplikasi *Bacillus subtilis* pada budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*), probiotik ini biasanya dicampurkan ke dalam pakan ikan. Hasil penelitian oleh Aly et al, (2008) menunjukkan bahwa suplementasi *B. subtilis* secara signifikan dapat meningkatkan sistem imun ikan nila, memperbaiki tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*), serta menurunkan angka infeksi akibat serangan *Aeromonas hydrophila*, salah satu patogen bakteri yang umum menyebabkan penyakit pada ikan air tawar. Mekanisme kerja *B. subtilis* melibatkan produksi senyawa antimikroba, peningkatan aktivitas imun non-spesifik, dan kompetisi terhadap patogen di saluran pencernaan ikan. Dengan demikian, aplikasi probiotik ini tidak hanya memperkuat kesehatan ikan secara alami, tetapi juga mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan antibiotik dalam budidaya ikan nila (Aly et al., 2008).

2.3 Mikroorganisme Potensial dari Danau Ranau

Danau ranau (Gambar 2) merupakan salah satu danau terbesar di Indonesia yang terletak di perbatasan Provinsi Sumatera Selatan dan Lampung. Danau ini memiliki ekosistem perairan tawar yang kaya akan keanekaragaman hayati, termasuk mikroorganisme yang berpotensi memberikan manfaat ekologis maupun ekonomi (Handoko, 2023). Mikroorganisme yang berada di danau telah terbukti memiliki kemampuan untuk bioremediasi dan pengendalian patogen. Keanekaragaman hayati mikroorganisme di Danau Ranau mencerminkan adaptasi mereka terhadap kondisi lingkungan lokal yang unik, seperti fluktuasi suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut. Kondisi ini memungkinkan mikroorganisme, termasuk bakteri dapat mengembangkan sifat-sifat khusus yang bermanfaat dalam berbagai

aplikasi termasuk sebagai probiotik dalam akuakultur (Angreni et al., 2018).



Gambar 2. Budidaya ikan nila di Danau Ranau

Beberapa bakteri yang berhasil diisolasi dari ekosistem air tawar menunjukkan kemampuan antagonistik terhadap bakteri patogen ikan. Sebagai salah satu sumber daya hayati lokal, mikroorganisme dari Danau Ranau memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai probiotik. Probiotik ini dapat digunakan sebagai agen biokontrol dalam budidaya ikan untuk menggantikan penggunaan antibiotik yang sering menimbulkan masalah resistensi. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi mikroorganisme dari Danau Ranau, termasuk pengujian kemampuan antagonistik dan daya dukungnya dalam meningkatkan kesehatan ikan.

2.4 Uji Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri digunakan untuk menilai suatu senyawa atau organisme dalam menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri. Metode ini memiliki peran penting dalam bidang pengembangan agen antimikroba alami, berbagai Teknik dapat digunakan dalam pengujian ini diantaranya metode difusi, metode dilusi dan metode kombinasi.

Metode difusi merupakan teknik yang paling umum digunakan dan terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu metode difusi cakram (*disk diffusion method*) dan metode difusi sumuran (*well diffusion method*). Pada metode difusi cakram, cak-

ram kertas yang telah diresapi dengan agen antibakteri diletakkan pada permukaan media agar yang telah diinokulasi dengan bakteri uji. Setelah proses inkubasi, zona hambat di sekitar cakram diukur untuk menilai efektivitas agen antibakteri. Sementara itu, metode difusi sumuran dilakukan dengan membuat sumuran kecil pada media agar yang telah diinokulasi bakteri, kemudian agen antibakteri ditetaskan ke dalam sumuran tersebut. Aktivitas antibakteri ditunjukkan oleh diameter zona hambat yang terbentuk di sekitar sumuran (Nurul et al., 2023).

2.5 Identifikasi Bakteri

Identifikasi merupakan proses penentuan nama ilmiah suatu organisme dalam kelompok tertentu berdasarkan karakteristik persamaan dan perbedaan yang dimiliki. Pada isolat bakteri yang baru diperoleh, identifikasi dilakukan melalui pengamatan morfologi dan pengujian fisiologis, kemudian hasilnya dibandingkan dengan karakteristik mikroorganisme yang telah dikenal. Proses ini memerlukan deskripsi rinci dan perbandingan dengan deskripsi mikroorganisme yang telah dipublikasikan sebelumnya (Michael et al., 1988).

2.5.1 Morfologi Bakteri

Pengamatan morfologi dapat dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Menurut Dwidjoseputro (1998), pengamatan secara makroskopis yang dapat diamati meliputi bentuk koloni yaitu berbentuk titik, bulat, tidak beraturan seperti akar dan berfilamen atau berbenang serta kumparan. Tepi koloni dapat berbentuk utuh, berombak, berbelah, bergerigi, berbenang, dan keriting. Warna koloni terdiri dari keputihan, kekuningan, kemerahan, coklat, jingga, merah muda, hijau, dan ungu. Elevasi koloni meliputi rata, timbul mendatar, timbul melengkung, dan timbul membukit. Pengamatan morfologi bakteri secara mikroskopis dapat dilakukan dengan mengamati bentuk sel bakteri dan pewarnaan Gram.

2.5.2 Uji Biokimia

Uji biokimia bakteri adalah metode atau prosedur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi suatu kultur murni bakteri yang diisolasi, berdasarkan sifat-sifat fisiologisnya (Rahayu dan Gumilar, 2017). Proses ini melibatkan serangkaian pengujian yang dirancang untuk mengamati reaksi spesifik bakteri terhadap substrat tertentu, sehingga memungkinkan identifikasi hingga tingkat spesies. Beberapa uji biokimia yang umum digunakan meliputi uji katalase, uji motilitas, uji indol, dan uji fermentasi karbohidrat (Santi et al., 2014).

2.5.3 Uji Molekuler

Uji molekuler merupakan teknik identifikasi bakteri dengan menganalisis DNA atau RNA-nya. Salah satu metode identifikasi bakteri yang paling umum digunakan adalah dengan menggunakan penanda gen 16S rRNA. Untuk sekuensing, gen yang digunakan dapat berupa gen penuh sepanjang 1500 bp maupun gen sebagian (lebih kurang 500 bp). Langkah secara umum adalah ekstraksi DNA, amplifikasi daerah 16S menggunakan PCR, visualisasi gen, sekuensing, lalu hasil sekuensing dibandingkan dengan database yang ada (Noer, 2021).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Maret hingga November 2024

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan pengambilan sampel di perairan Danau Ranau, Lampung Barat.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan penelitian

No	Nama Bahan	Konsentrasi	Merk	Kegunaan
1	Air sampel	-	-	Sampel yang diuji.
2	Media TSA	-	Merck	Media agar menumbuhkan bakteri.
3	Media TSB	-	Merck	Media cair menumbuhkan bakteri.
4	Akuades	-	-	Pelarut bahan kimia.
5	Spritus	-	-	Bahan bakar bunsen.
6	Alcohol	70%	-	Bahan untuk sterilisasi.
7	Kristal violet	-	Pupick med	Pewarnaan gram.
8	Safranin	-	Pupick med	Pewarnaan gram.
9	Lugol	-	Pupick med	Pewarnaan gram.
10	<i>Skim Milk Agar</i>	-	Himedia	Media agar menumbuhkan bakteri.
11	Minyak imersi	-	Indo reagen	Memperjelas objek.
12	H ₂ O ₂	-	Lab mitra	Larutan uji.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat penelitian.

No	Nama Alat	Konsentrasi	Merk	Kegunaan
1	<i>Coolbox</i>	24S	Lion star	Wadah penyimpanan sampel uji.
2	Tabung <i>corning</i>	Volume 15 ml	Onemed	Wadah penyimpanan sampel air.
3	Cawan petri	-	Anumbra	Wadah media bakteri.
4	Jarum ose	-	-	Alat pengambil koloni bakteri.
5	Bunsen	Ketebalan 3 – 4 mm	Rofa laboratorium	Alat sterilisasi.
6	Erlenmeyer	Kapasitas 500 ml	PYREX	Alat mencampurkan cairan.
7	<i>Magnetic stirrer</i>	Ukuran 4 cm	-	Alat pengaduk sampel.
8	<i>Hot plate</i>	Max volume 2000 ml	SH-2 digital lab	Alat memanaskan larutan.
9	Timbangan digital	Ketelitian 0.01	OEM	Menimbang bahan.
10	Spatula	-	Labmart	Mengambil bahan bentuk serbuk.
11	<i>Laminar airflow</i>	Ukuran 71x26x50	Nuaire	Ruang kerja sterilil.
12	Inkubator	360x280x360 mm	INC 100	Alat menginkubasi bakteri.
13	Autoklaf	Volume 24 L	Gea YX24LDJ	Mensterilisasikan alat.
14	<i>Spreader</i>	-	-	Alat meratakan bakteri pada media.
15	Mikropipet	Ukuran 0,5 – 10 µl		Mengambil larutan.
16	Lemari pendingin	187 L	LG	Meyimpan sampel.
17	Karet gelang	-	-	Mengikat plastik tahan panas.
18	<i>Plastic wrap</i>	-	Klinpak	Menutup alat yang diperlukan.
19	Alluminium foil	-	Klinpak	Menutup alat yang diperlukan.
20	Kaca Objek	Ketebalan 1,2 mm	Sailbrand	Meletakkan bakteri pada mikroskop.
21	Mikroskop	-	Leica	Mengamati bakteri.
22	Tabung reaksi	Volume 15 ml	Iwaki	Wadah media bakteri.
23	Vortex	200 – 2500 rpm	Stuart scientific	Menghomogenkan sampel.
24	Kamera	-	Apple	Mendokumentasikan kegiatan.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksploratif dengan pengambilan sampel di Perairan Danau Ranau Lampung Barat dan dilanjutkan dengan penapisan bakteri, identifikasi bakteri, uji antibakteri, uji biokimia, uji molekuler untuk mendapatkan kandidat probiotik sebagai agen biokontrol terhadap bakteri patogen.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sebagian alat dan bahan yang akan digunakan disterilisasi, tujuan dari proses sterilisasi adalah untuk mematikan mikroorganisme yang berada pada permukaan benda atau sediaan (Tungadi, 2017). Alat-alat yang berbahan kaca dicuci dengan menggunakan air mengalir hingga bersih dan dikeringkan, lalu dibungkus menggunakan kertas HVS yang kemudian dimasukkan kedalam plastik tahan panas. Bahan yang akan digunakan dilarutkan di dalam Erlenmeyer dan ditutupi oleh *aluminium foil*. Alat dan bahan yang berbahan kaca disterilkan dengan cara pemanasan lembab yang dilakukan menggunakan autoklaf, pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm dengan kurun waktu selama 20 menit. Alat lainnya yang tidak tahan panas disterilisasi menggunakan bunsen dan alcohol 70%.

3.4.2 Pembuatan Media

3.4.2.1 Media TSA (*Triptic Soy Agar*) dan TSB (*Triptic Soy Broth*)

Media TSA ditimbang sebanyak 20 g dimasukkan kedalam erlenmeyer 500 ml dan dicampur dengan akuades sebanyak 500 ml. Campuran dihomogenkan pada *hot plate stirrer* menggunakan *magnetic stirrer* hingga mendidih, ditunggu hingga hangat-hangat kuku. Tabung erlenmeyer ditutup menggunakan *aluminium foil* secara rapat dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 20 menit, medium TSA yang sudah sterilisasi dituang ke

cawan petri yang sudah steril.

Media TSB ditimbang sebanyak 15 g dimasukkan kedalam erlenmeyer 500 ml dan dicampur dengan akuades sebanyak 500 ml, tabung erlenmeyer ditutup menggunakan *aluminium foil* secara rapat. Campuran dihomogenkan diatas *hot plate* dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit, media TSB yang sudah disterilisasi dituang ke tabung reaksi yang sudah steril.

3.4.2.2 Media SIM (*Sulfide Indole Motility*)

Media SIM ditimbang sebanyak 15 g dimasukkan kedalam erlenmeyer dan dicampur dengan akuades sebanyak 500 ml. Campuran dihomogenkan pada *hot plate stirrer* menggunakan *magnetic stirrer* hingga mendidih. Tabung erlenmeyer ditutup menggunakan *aluminium foil* secara rapat dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 20 menit.

3.4.2.3 Media O/F Basal

Media O/F ditimbang sebanyak 0,938 gram dan ditambahkan glukosa sebanyak 1 gram dalam 100 ml akuades steril. Media O/F dihomogenkan pada *hotplate stirrer* menggunakan *magnetic stirrer* hingga mendidih. Tabung erlenmeyer ditutup menggunakan *aluminium foil* secara rapat dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 20 menit.

3.4.3 Pengambilan Sampel Air

Metode yang digunakan pada pengambilan sampel menggunakan metode *pur- posive* sampling. Sampel air diambil menggunakan botol eppendorf bervolume 50 ml dengan posisi leher botol kearah bawah dan dicelupkan beberapa detik, kemudian ditutup saat botol masih berada pada air.

3.4.4 Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri yang dilakukan menggunakan metode *spread plate* pada media TSA. Sampel diambil menggunakan mikropipet 100 µl sampel. Air sampel yang sudah dituang ke media disebar secara merata menggunakan *spreader*, kemudian media TSA diinkubasi selama 48 jam pada suhu ruang untuk diamati pertumbuhan koloni. Bakteri yang berhasil diisolat diberi kode ANR (Air Nila Ranau) dengan penomoran.

3.4.5 Pemurnian Bakteri

Bakteri isolat yang berhasil dan sudah berumur 48 jam diambil dengan menggunakan jarum ose yang sudah steril, kemudian dilakukan pemurniaan pada media TSA dengan metode cawan gores. Koloni yang dikultur adalah koloni tunggal yang memiliki perbedaan dari koloni yang lain.

3.4.6 Uji Antibakteri

Uji antibakteri memiliki tujuan melihat seberapa besar kemampuan dari kandidat probiotik dalam melawan patogen. Metode yang digunakan adalah difusi kertas cakram, dilakukan dengan media cawan dioleskan bakteri patogen (*Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*) menggunakan *cuttenswab* secara menyeluruh, kertas cakram diletakkan pada media cawan dengan jarak dan ditetesi dengan isolat bakteri hasil inokulasi dari media TSB sebanyak 5 µL. Pengamatan dilakukan setelah dilakukan inkubasi bakteri selama 1 x 24 jam pada suhu 36 °C (Mayefis et al., 2020). Isolat yang menghasilkan zona hambat merupakan kandidat probiotik.

3.4.7 Identifikasi Morfologi

3.4.7.1 Identifikasi Bakteri Secara Makroskopis

Hasil dari bakteri tunggal murni akan dikarakterisasikan dengan makroskopis. Bakteri hasil isolasi selanjutnya dikarakterisasi secara makroskopis menggunakan lup. Setiap koloni yang berhasil tumbuh akan diamati morfologinya yang meliputi warna, bentuk dan tepi koloni yang diamati dari bagian atas, sedangkan permukaan koloni diamati dari bagian samping.

3.4.7.2 Identifikasi Bakteri Secara Mikroskopis

Setelah dilakukan pengamatan secara makroskopis selanjutnya dilakukan pengamatan karakterisasi mikroskopis menggunakan pewarna gram. Kultur isolat yang berumur 24 jam diambil dengan menggunakan jarum ose steril kemudian digoreskan pada preparat. Kemudian difiksasi di atas bunsen dan ditetaskan larutan kristal violet dan dibiarkan selama 3 menit kemudian dibilas menggunakan air mengalir. Selanjutnya ditetesi dengan larutan lugol selama 1 menit lalu dibilas kembali dengan air mengalir, larutan lugol berfungsi untuk mengikat warna dasar ungu atau sebagai penguat warna dan membentuk kristal iodin (Silaban et al., 2018). Kemudian ditetesi dengan alkohol hingga sisa zat warna hilang, dibilas kembali dengan air mengalir. Tahap terakhir adalah ditetesi dengan larutan saf-ranin dan dibiarkan hingga mengering. Sebelum dilakukan pengamatan di bawah mikroskop, ditetesi dengan minyak emersi selanjutnya dilakukan pengamatan di bawah mikroskop pembesaran 100x. Hasil yang diperoleh menunjukkan warna biru keunguan adalah bakteri Gram-positif, sedangkan hasil yang menunjukkan warna merah adalah Gram-negatif,

3.4.8 Uji Biokimia

Uji biokimia merupakan salah satu uji untuk mengidentifikasi bakteri, uji ini dilakukan bertujuan mengetahui karakteristik atau sifat fisiologis bakteri.

3.4.8.1 Uji Motilitas

Uji motilitas merupakan salah satu uji yang dilakukan guna membuktikan ada tidaknya pergerakan dari isolat bakteri. Media yang digunakan adalah SIM untuk melakukan pengujian motilitas isolat bakteri yang murni diambil sedikit menggunakan jarum ose yang sudah disterilkan lalu tusuk lurus sampai ke dasar media SIM, selanjutnya media diinkubasi dengan suhu 30°C selama 24 jam. Amati hasil yang diperoleh jika bakteri positif (motil) ditunjukkan dengan bakteri pada daerah setrikan terlihat menyebar pada garis tusukan dan jika bakteri negatif (non-motil) ditunjukkan dengan tidak adanya bakteri yang tumbuh pada garis tusukan.

3.4.8.2 Uji Katalase

Uji katalase dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi mikroba yang mampu menghasilkan enzim katalase. Untuk menguji keberadaan katalase, digunakan larutan hidrogen peroksida 3% (H_2O_2) yang diteteskan pada koloni yang terpisah, kemudian 1 tetes larutan H_2O_2 diteteskan diatas permukaan koloni. Pada bakteri yang menunjukkan sifat katalase positif, akan terlihat pembentukan gelembung gas di sekitar koloni, sementara jika tidak ada pembentukan gas maka bakteri tersebut bersifat katalase negatif (Mustaqim et al., 2014).

3.4.8.3 Uji Oksidatif Fermentatif

Pengujian Oksidatif Fermentasi (O/F) memiliki tujuan untuk mengetahui bakteri dapat memfermentasikan karbohidrat pada kondisi anaerob. Pengujian ini dilakukan menggunakan dua media O/F yang dimana salah satu tabung ditutup parafin cair, kemudian tabung-tabung tersebut diinkubasi selama 24 jam. Jika media yang ditutup parafin berubah warna menjadi kuning, bakteri memfermentasi karbohidrat dalam kondisi anaerob, sehingga bersifat fermentatif. Jika perubahan warna hanya terjadi pada media terbuka, bakteri mengoksidasi karbohidrat dalam kondisi aerob, sehingga bersifat oksidatif (Arfiandi & Tumbol. 2020).

3.4.9 Uji Molekuler

Identifikasi bakteri secara molekuler dilakukan dengan cara mengirim isolat murni terpilih ke PT. INDOLAB UTAMA Cengkareng, Jakarta Barat. Sekuensing dilakukan pembandingan dengan *database* nukleotida menggunakan program *Basis Local Alignment Search Tool* (BLAST) secara online melalui situs www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/. Hasil analisis BLAST menunjukkan nama bakteri dan tingkat kesamaan urutan nukleotida dari rRNA isolat dengan urutan nukleotida dari spesies bakteri yang sesuai dalam *database Gene Bank*.

3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk gambar dan tabel.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Didapatkan 12 isolat bakteri dari Perairan Danau Ranau dan dipilih 1 isolat kode ANR.1 teridentifikasi bakteri *Bacillus thuringiensis* ANR.1 yang menjadi kandidat probiotik sebagai agen biokontrol.

5.2 Saran

Perlu kajian lebih lanjut pada isolat bakteri *Bacillus thuringiensis* ANR.1 terkait patogenisitas pada ikan budidaya air tawar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aly, S. M., Rahman, A. M. A., John, G., & Mohamed, M. F. (2008). Characterization of some bacteria isolated from *Oreochromis niloticus* and their potential use as probiotics. *Aquaculture*, 227(1), 1-6.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.021>
- Anggorowati, D.A., Munandar, H., & Indriani, L.F., (2019). Isolasi dan penapisan bakteri penghasil enzim protease selulase, dan amilase dari sedimen dan saluran pencernaan teripang hitam *Holothuria atra*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(2), 377-386.
<http://doi.org/10.29244/jitkt.v11i2.21353>
- Anggraini, R., Aliza, D., & Mellisa, S. (2016). Identifikasi bakteri *Aeromonas hydrophila* dengan uji mikrobiologi pada ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) yang dibudidayakan di Kecamatan Baitussalam Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(2), 270-286. <https://jim.usk.ac.id/fkp/article/view/546/pdf>
- Angreni, N. P. W., Arthana, I. W., & Wulandari, E. S. (2018). Distribusi bakteri patogen pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Danau Batur, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1(1), 98-105.
<https://doi.org/10.24843/CTAS.2018.v01.i01.p13>
- Antarini. A.A.N. (2011). Sinbiotik antara prebiotik dan probiotik. *Jurnal Ilmu Gizi*, 2(2), 148-155. <https://poltekkes-denpasar.ac.id/files/JIG/V2N2/Nanak%20Antarini.pdf>
- Arfiandi., & Tumbol, R. A. (2020). Isolasi dan identifikasi bakteri patogen pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dibudidayakan di Kecamatan Dimembe Kabupaten Minahasa Utara Tahun 2019. *Budidaya Perairan*, 8(1), 19-26. <https://doi.org/10.35800/bdp.8.1.2020.27229>
- Baron, S. (1996). *Medical Microbiology 4th edition*. The University of Texas Medical Branch at Galveston.
- Barus, L. P., Lukistyowati, I., & Nusyirwani. (2016). Isolasi bakteri kandidat probiotik dari usus ikan gurami (*Osphronemus gouramy* Lac.) untuk pengendalian *Aeromonas hydrophila*, *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*, 3(1), 1-11.
<https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPERIKA/article/view/8417/8085>

- Cabello, F. C., Godfrey, H. P., Buschmann, A. H., & Dolz, H. J. (2016). Aquaculture as yet another environmental gateway to the development and globalization of antimicrobial resistance. *The Lancet Infectious Diseases*, 16(7), 127-133. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)00100-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)00100-6)
- Cutting, S. M. (2011). *Bacillus* probiotics. *Food Microbiology*, 28(2), 214-220. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.03.007>
- David, W. W., & Stout, T. R. (1971). Disc plate method of microbiological antibiotic assay. *Journal of Microbiology*, 22(4), 659-665. <https://doi.org/10.1128/am.22.4.659-665.1971>
- Dwidjoseputro, D. (1998). *Dasar – Dasar Mikrobiologi*. Djambatan.
- Dwithania, M. (2019). Isolasi, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Antibiotik Bakteri asal Sampel Air Danau Biru, Kota Sawahlunto, Sumatera Utara [Skripsi, Universitas Andalas]. e-Skripsi Universitas Andalas.
- FAO, (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in Action*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fadilah, W., Rasyidah., & Mayasari, U. (2022). Isolasi dan karakterisasi bakteri heterotrofik pada Kawasan perairan Pantai Indah Kalangan, Tapanuli Tengah. *Journal of Biological Sciences*, 9(2), 306-317. <http://repository.uinsu.ac.id/id/eprint/18531>
- Gustiana., Rantetondok, A., & Zainuddin, E. N. (2015). Efektifitas ekstrak biji jintan hitam (*Nigella sativa* Linn.) terhadap infeksi bakteri *Streptococcus agalactiae* pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 25(1), 26-31. <https://doi.org/10.35911/torani.v25i1.258>
- Handoko, S. (2023). Keanekaragaman jenis-jenis fitoplankton di daerah litoral Danau Ranau Kabupaten OKU Selatan dan sumbangannya pada pembelajaran biologi SMA. [Skripsi, Universitas Sriwijaya]. Sriwijaya University Institutional Repository.
- Hossain, A., Islam, S., Al-Asif, A., & Rahman, H. (2021). Aqua medicines, drugs and chemicals (AMDC) used in freshwater aquaculture of South-Eastern Bangladesh. *Asian-Australasian Journal of Bioscience and Biothechnology*, 6(2), 103-107. <http://dx.doi.org/10.3329/aajbb.v6i2.56145>
- Ibrahim, A., Adiputra, Y.T., Setyawan, A., & Hudaiah, S. (2013). Potensi ekstrak kulit buah dan biji rambutan (*Nephelium lappaceum*) sebagai senyawa anti bakteri patogen pada ikan. *e-Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Budidaya Perairan*, 1(2), 136-144. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/bdpi/article/view/117>

- Irshath, A.A., Rajan, A.P., Vimal, S., Prabhakaran, V.S., & Ganesa., R. (2023). Bacterial Pathogenesis in Various Fish Diseases: Recent Advances and Specific Challenges in Vaccine Development. *Vaccines (Basel)*, 11(2), 470. <https://doi.org/10.3390/vaccines11020470>
- Manurung, U.N. & Susantie, D. (2017). Identifikasi bakteri patogen pada ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di lokasi budidaya ikan air tawar Kabupaten Kepulauan Sangihe. *e-Journal Budidaya Perairan*, 5(3), 11-17. <https://doi.org/10.35800/bdp.5.3.2017.17609>
- Mayefis, D., Hainil, S., & Afika, N. (2020). Antibacterial and antifungal activity of sponge extract from Natuna Water, Riau Islands. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 11(5), 1-8. [https://www.rjpbcs.com/pdf/2020_11\(5\)/\[1\].pdf](https://www.rjpbcs.com/pdf/2020_11(5)/[1].pdf)
- Michael, J., Pelczar., Chan, E. C. S. (1988). *Dasar - Dasar Mikrobiologi Jilid 1*. (Ratna, Teja, Sutami, Sri, Penerjemah). UI Press.
- Mishra, S. S., Rakesh, D., Dhiman, M., Choudhary, P., Debbarma, J., Sahoo, S.N., Barua, A., Girl, B.S., Ramesh, R., Ananda, K., Mishra, C. K., & Swain, P. (2017). Present status of fish disease management in freshwater aquaculture in India: State-of-the-Art-Review. *Journal of Aquacultur & Fisheries*, 1(1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.24966/AAF-5523/100003>
- Moriarty, D. J. W. (1998). Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture ponds using probiotic bacteria. *Aquaculture*, 164(1), 351–358. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00199-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00199-9)
- Mustaqim., Roza, R. M., & Leni, B. F. (2014). Isolasi dan karakterisai bakteri probiotik pada saluran pencernaan ikan lais (*Kryptopterus* spp.). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau*, 1(2), 248-257. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFMIPA/article/view/3954>
- Muthu, C. M. M., Vickram, A. S., Sowndharya, B. B., Saravanan, A., Kamalesh, R. & Dinakarkumar, Y. (2024). A comprehensive review on the utilization of probiotics in aquaculture towards sustainable shrimp farming. *Fish & Shellfish Immunology*, 147(109459). <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.109459>
- Noer, S. (2021). Identifikasi bakteri secara molecular menggunakan 16S rRNA. *Biological Science and Education Journal*, 1(1), 1-6. <https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/edubiologia/article/view/8596/0>
- Nurmila. (2020). Identifikasi bakteri pada perairan Danau Manuk Bungkul Kecamatan Sembakung Kabupaten Nunukan (SKR FPIK MSP 2020 018) [Skripsi, Universitas Borneo Tarakan]. Repository Universitas Borneo Tarakan.

- Nurul, A., Setiawan, I., Yusa, D., Trisna, D., Halisa, N., Putri, O., Ekawati, O., Umi, Y., & Fanya, Z. (2023). Tinjauan artikel: uji mikrobiologi. *Jurnal Farmasi (Journal of Pharmacy)*, 12(2), 31-36. <https://doi.org/10.37013/jf.v12i2.237>
- Patang, Lahming, Subariyanto, & Mustarin, A. (2022). Peranan probiotik pada media budidaya terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Seminar Nasional Hasil Penelitian 2022. Makassar*, 3(3), 471-478. <https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/article/view/39534/18695>
- Rahayu, S. A., & Gumilar, M. H. (2017). Uji cemaran air minum masyarakat sekitar Margahayu Raya Bandung dengan identifikasi bakteri *Escherichia coli*. *Indonesian Journal of Pharamaceutical Science and Technology*, 4(2), 50- 56. <https://doi.org/10.15416/ijpst.v4i2.13112>
- Safrida, Y. D., Yulvizar, C., & Devira, C. N. (2012). Isolasi dan karakterisasi bakteri berpotensi probiotik pada ikan kembung (*Rastrelliger sp.*). *Depik*, 1(3), 200-203. <https://doi.org/10.13170/depik.1.3.124>
- Santi, I. W., Radjasa, O. K., & Widowati, I. (2014). Potensi rumput laut *Sargassum duplicatum* sebagai sumber senyawa antifouling. *Journal of Marine Research*, 3(3), 274-284. <https://doi.org/10.14710/jmr.v3i3.5999>
- Sasmita., Halim, A., Saprianti, A. N., & Kursia, S. (2018). Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat dari liur basa (limbah sayur bayam dan sawi). *As-syifaa*, 10(02), 141-151. <https://jurnal.farmasi.umi.ac.id/index.php/as-syifaa/article/view/339>
- Senduk, T. W., Linggama, G. A., Kembaren, M. S., & Montolalu, L. A. D. Y. (2019). Aktivitas antibakteri air rebusan daun mangrove *Sonneratia alba*. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 7(3), 68-71. <https://doi.org/10.35800/mthp.7.3.2019.23623>
- Silaban, S. & Simamora, P. (2018). Isolasi dan karakterisasi bakteri penghasil amilase dari sampel air tawar danau toba. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 3(2), 222- 231. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/EduChemia/article/view/3438>
- Sinubu, W. V., Tumbol, R. A., Undap, S. L., Manoppo, H., & Kreeckhoff, R. L. (2022). Identifikasi bakteri patogen *Aeromonas sp.* pada ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Desa Matungkas, Kecamatan Dimembe, Kabupaten Minahasa Utara. *Budidaya Perairan*, 10(2), 109-120. <https://doi.org/10.35800/bdp.10.2.2022.36633>
- Tarkil., Ansar, M., & Sakia, N. (2021). Efektivitas gel lidah buaya dengan dosis berbeda untuk pengobatan ikan mas (*Cyprinus carpio*) terinfeksi *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 2(2), 135-141. <https://doi.org/10.31605/siganus.v2i2.989>

- Tungadi, R. (2017). *Teknologi Sediaan Steril*. Sagung Seto.
- Valtiera-de-Luis, D., Villanueva, M., Berry, C., & Caballero, P. (2020). Potensial of *Bacillus thuringiensis* and other bacterial toxins as biological control agents to combat dipteran pests of medical and agronomic importance. *Toxins*, 12(12), 1-28. <https://doi.org/10.3390/toxins12120773>
- Wanger, A., Chavez, V., Huang, R. S. P., Wahed, A., Actor, J. K., & Dasguspta, A. (2017). *Microbiology and Molecular Diagnosis in Pathology*. Elsevier.
- Wibowo, T. A., Untari, D. S., & Anwar, R. (2021). Tingkat penerimaan Masyarakat terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus*) segar dengan habitat yang berbeda. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 12(1), 72-79. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v12i1.1124>
- Widanarni., Jeanni, I.N. & Sukenda. (2014). Prebiorik, probiotik dan sinbiotik untuk mengendalikan koinfeksi *Vibrio harveyi* dan IMNV pada udang vaname. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 13(1), 11-20. <http://dx.doi.org/10.19027/jai.13.11-20>
- Yuka, R. A., Setyawan, A., & Supono. (2021). Identifikasi bakteri bioremediasi pendegradasi TAN (*Total Ammonia Nitrogen*). *Jurnal Kelautan*, 14(1), 20-29. <https://journal.trunojoyo.ac.id/jurnalkelautan/article/view/899>