

Isolasi dan Identifikasi Bakteri Halofilik di Danau Air Asin Gili Meno Kabupaten Lombok Utara

(Isolation and Identification of Halophilic Bacteria in the Saltwater Lake Gili Meno West Lombok Regency)

Simthuddurhori N. Khotmunnubuwah¹, Risa Umami², F. A. Rahman³

^{1,2,3}Program Studi Tadris IPA Biologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Mataram, Kota Mataram

*email: simthuddurhori@gmail.com

Diterima: 1 Mei 2026, Diperbaiki: 5 Juni 2026, Disetujui: 30 Juni 2026

Abstract. *Gili Meno Saltwater Lake is the only saltwater lake on Lombok Island, West Nusa Tenggara Province. Gili Meno Saltwater Lake is a source of life for various living creatures. One of these living creatures is halophilic bacteria. Halophilic bacteria are single-celled microorganisms, several micrometers in length, and thrive in high salinity environments. The uses of halophilic bacteria include in the food fermentation process, polymer production, toxic compound degradation, osmoprotectant compound production, and hydrolytic enzyme production such as amylase, protease, and nuclease which have potential value for use as commercial enzymes. This study aims to determine the type of bacteria in isolates isolated from Gili Meno Saltwater Lake. The method used in this study was isolation on Nutrient Agar media + sterile saltwater. Characterization was carried out by observing the morphology and physiology of the bacteria. Bacteria from Spl A1, Spl B1, Spl C1, Spl D1, Spl E1, and Spl E2 from saltwaterlake, and Spl F1 from the Gili Meno Beach were identified as Halobacterium sp., a type of Archaeobacteria that thrives only in high-salt environments.*

Keywords: *Halophilic bacteria; Archaea; Gili Meno Saltwater Lake; hypersaline environment; bacterial isolation.*

Abstrak. Danau Air Asin Gili Meno merupakan satu-satunya danau hipersalin di Pulau Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat, yang memiliki potensi sebagai habitat berbagai mikroorganisme ekstremofilik, termasuk bakteri halofilik. Bakteri halofilik merupakan mikroorganisme yang mampu tumbuh pada lingkungan dengan konsentrasi garam tinggi dan berpotensi menghasilkan berbagai senyawa bioaktif serta enzim yang bernilai ekonomi, seperti amilase, protease, dan nuklease, sehingga berpotensi dimanfaatkan dalam bidang bioteknologi, industri, dan lingkungan. Namun, informasi mengenai keanekaragaman bakteri halofilik di Danau Air Asin Gili Meno masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri halofilik yang berasal dari Danau Air Asin Gili Meno, Kabupaten Lombok Utara. Penelitian menggunakan metode isolasi bakteri pada media Nutrient Agar yang diperkaya dengan air asin steril, kemudian dilakukan karakterisasi berdasarkan morfologi koloni, pewarnaan Gram, serta uji fisiologis dan biokimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat Spl A1, Spl B1, Spl C1, Spl D1, Spl E1, dan Spl E2 yang berasal dari Danau Air Asin Gili Meno, serta isolat Spl F1 dari Pantai Gili Meno, memiliki karakteristik yang mengarah pada genus *Halobacterium* sp., yaitu kelompok Archaea halofilik yang mampu tumbuh pada lingkungan dengan salinitas tinggi. Hasil penelitian ini memberikan informasi awal mengenai keberadaan bakteri halofilik di Danau Air Asin Gili Meno sebagai dasar pengembangan penelitian biodiversitas mikroorganisme ekstremofilik dan pemanfaatannya dalam bidang bioteknologi.

Kata kunci: Bakteri halofilik; Archaea; Danau Air Asin Gili Meno; lingkungan hipersalin; isolasi bakteri.

PENDAHULUAN

Bakteri merupakan organisme prokariotik yang memiliki tingkat keragaman dan kemampuan adaptasi yang sangat tinggi sehingga dapat ditemukan hampir di seluruh ekosistem, mulai dari lingkungan daratan, perairan, hingga

habitat dengan kondisi ekstrem (Aransiola et al., 2024; Sharma et al., 2023). Selain berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem melalui berbagai siklus biogeokimia, bakteri juga memiliki nilai strategis dalam bidang kesehatan,

industri, pertanian, dan bioteknologi karena kemampuannya memanfaatkan beragam senyawa organik maupun anorganik sebagai sumber energi. Berdasarkan morfologinya, bakteri secara umum dikelompokkan menjadi tiga bentuk utama, yaitu kokus (*coccus*), basil (*bacillus*), dan spiral (*spirillum*), dengan struktur sel yang terdiri atas kapsul, dinding sel, membran plasma, sitoplasma, materi genetik, ribosom, serta organel pendukung lainnya yang memungkinkan bakteri beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan (Ima, 2022).

Salah satu kelompok bakteri yang memiliki kemampuan adaptasi tinggi adalah bakteri halofilik, yaitu mikroorganisme yang mampu tumbuh dan berkembang pada lingkungan dengan konsentrasi garam tinggi, seperti danau hipersalin, perairan laut, tambak garam, maupun endapan garam alami (Harish et al., 2025; Kanekar & Kanekar, 2022; Lach et al., 2021). Adaptasi fisiologis tersebut menjadikan bakteri halofilik sebagai sumber berbagai senyawa bioaktif dan enzim ekstrem (*extremozymes*) yang tetap stabil pada kondisi salinitas tinggi. Karakteristik tersebut membuka peluang pemanfaatan bakteri halofilik dalam berbagai bidang, antara lain produksi biofuel, biosensor, bioremediasi, pengolahan limbah salin, produksi bioplastik, industri farmasi, hingga rekayasa material ramah lingkungan (Dutta & Bandopadhyay, 2022; Gaffney et al., 2021; Gomaa, 2022). Oleh karena itu, eksplorasi keanekaragaman bakteri halofilik menjadi salah satu fokus penting dalam pengembangan bioteknologi berbasis sumber daya hayati.

Meskipun penelitian mengenai bakteri halofilik terus berkembang di berbagai ekosistem hipersalin dunia, informasi mengenai keanekaragaman bakteri halofilik pada ekosistem hipersalin tropis di Indonesia masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada karakteristik fisik-kimia perairan, kualitas lingkungan, atau potensi ekosistem pesisir, sedangkan kajian mengenai isolasi dan karakterisasi bakteri

halofilik masih relatif sedikit dilakukan. Keterbatasan informasi tersebut menyebabkan data dasar mengenai biodiversitas mikroorganisme ekstremofilik di Indonesia, khususnya di wilayah pulau-pulau kecil, masih belum terdokumentasi secara memadai.

Danau Air Asin Gili Meno merupakan salah satu ekosistem hipersalin yang unik karena berada di Pulau Gili Meno, Kabupaten Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat, dan menjadi satu-satunya danau air asin di Pulau Lombok (Hilyana & Rahman, 2022). Danau ini memiliki karakteristik lingkungan yang berpotensi mendukung keberadaan berbagai mikroorganisme halofilik. Penelitian sebelumnya di kawasan ini telah mengkaji kondisi kualitas perairan dan karakteristik ekologis danau (Melinda et al., 2021), namun belum secara spesifik mengidentifikasi jenis-jenis bakteri halofilik yang hidup di dalamnya.

Penelitian ini menawarkan kebaruan melalui eksplorasi dan karakterisasi bakteri halofilik dari Danau Air Asin Gili Meno sebagai salah satu ekosistem hipersalin pulau kecil yang belum banyak diteliti. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih berorientasi pada aspek lingkungan, penelitian ini berfokus pada isolasi dan identifikasi bakteri berdasarkan karakter morfologi koloni, pewarnaan Gram, serta karakter fisiologis dan biokimia sebagai data awal biodiversitas mikroorganisme ekstremofilik di kawasan tersebut. Informasi yang dihasilkan diharapkan dapat memperkaya basis data keanekaragaman mikroba Indonesia sekaligus menjadi referensi bagi penelitian lanjutan berbasis identifikasi molekuler.

Selain memberikan informasi mengenai keberadaan bakteri halofilik di Danau Air Asin Gili Meno, penelitian ini juga memiliki nilai strategis sebagai dasar pengembangan eksplorasi sumber daya mikroba lokal yang berpotensi dimanfaatkan dalam bidang bioteknologi, lingkungan, maupun industri. Data biodiversitas mikroorganisme dari ekosistem hipersalin tropis masih sangat terbatas, sehingga hasil penelitian ini

diharapkan dapat mendukung pengembangan penelitian lanjutan mengenai potensi enzim halofilik, metabolit sekunder, maupun aplikasi bioteknologi berbasis mikroorganisme ekstremofilik di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri halofilik yang berasal dari Danau Air Asin Gili Meno, Kabupaten Lombok Utara, berdasarkan karakter morfologi, pewarnaan Gram, dan uji biokimia sebagai informasi awal mengenai keanekaragaman bakteri halofilik pada ekosistem hipersalin tropis di Indonesia.

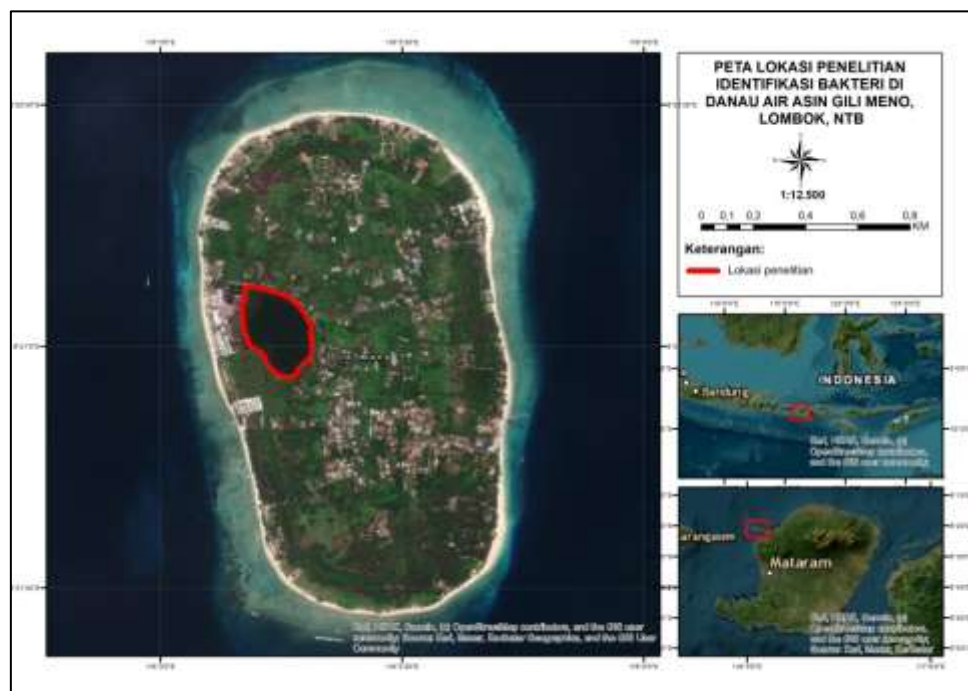
METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Danau Air Asin Gili Meno, Lombok Utara, NTB, dan di

Laboratorium Terpadu UIN Mataram pada bulan Maret-September 2025. Sampel diambil di 5 titik. Titik 1, berada pada koordinat Lat -8.349625° Long 116.055372° . Titik 2 berada pada koordinat Lat -8.348401° Long 116.054597° . Titik 3 berada pada koordinat Lat -8.348222° Long 116.052856° . Titik 4 berada pada koordinat Lat -8.349026° Long 116.052682 . Titik 5 berada pada koordinat Lat -8.350509° Long 116.05518° , dan titik 6 berada pada koordinat Lat -8.352543° Long 116.061779° .

Pengambilan sampel air dikoleksi dari dua lokasi berbeda di Pulau Gili Meno, Kabupaten Lombok Utara, yang terdiri atas lima sampel dari Danau Air Asin Gili Meno dan satu sampel perbandingan dari perairan pantai Gili Meno yang berjarak sekitar ± 800 m dari danau.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Pengambilan Sampel

Penentuan lokasi pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu berdasarkan karakteristik habitat yang diduga memiliki potensi tinggi sebagai habitat bakteri halofilik. Titik pengambilan sampel meliputi kawasan ekosistem mangrove dan area yang dipengaruhi aktivitas pariwisata untuk merepresentasikan variasi kondisi lingkungan. Sampel air diambil secara

aseptik pada lapisan permukaan perairan menggunakan botol kaca steril, kemudian segera disimpan dalam cool box untuk mempertahankan kondisi mikrobiologis selama proses transportasi. Seluruh sampel selanjutnya dibawa ke Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Mataram untuk dilakukan proses isolasi dan identifikasi bakteri halofilik.

Pengukuran Parameter Lingkungan

Pengukuran parameter lingkungan dilakukan di 4 titik, pada saat pengamatan di lapangan dan di laboratorium dengan mengukur faktor-faktor kimia air yaitu pH air, suhu, salinitas, DO (*Dissolved Oxygen*), dan BOD (*Biological Oxygen Demand*).

Pembuatan Media

Media kultur bakteri yang digunakan yaitu media Nutrient Agar (NA) lempeng, media Nutrient Broth (NB), media Methyl Red-Vogues Praskaeur (MR-VP), media Sulfide Indole Motility (SIM), media Simmon's Citrate, dan media Triple Sugar Iron Agar (TSIA).

1. Media *Nutrient Agar* (NA)

Media NA dibuat dengan mencampurkan 14gram bubuk NA ke dalam 250 ml air asin steril pada erlenmeyer yang berkapasitas 250 ml dan diaduk, kemudian dipanaskan sampai bubuk NA larut. Setelah bahan larut, erlenmeyer ditutup menggunakan kapas dan alumunium foil dan disterilkan di dalam autoclave selama ± 1 jam dengan suhu 121°C.

2. Media *Nutrient Broth* (NB)

Media NB dibuat dengan mencampurkan 0,8gram bubuk NB ke dalam 100 ml air asin steril pada erlenmeyer berkapasitas 250 ml, kemudian diaduk sampai bubuk NB larut. Setelah bahan larut, erlenmeyer ditutup menggunakan kapas dan alumunium foil dan disterilkan.

3. Media *Methyl Red-Vogues Praskaeur* (MR-VP)

Media MR-VP dibuat dengan cara melarutkan 1,02 gram bubuk MR-VP dengan 60 ml air asin steril, kemudian dihomogenkan dan dipanaskan sampai bubuk MR-VP larut. Setelah bahan larut, media dituangkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 5 ml, dan ditutup menggunakan kapas dan alumunium foil. Selanjutnya, media disterilkan di dalam autoclave dengan suhu 121°C.

4. Media *Sulfide Indole Motility* (SIM)

Untuk membuat media SIM, bubuk media SIM sebanyak 0,9 gram

dilarutkan ke dalam 30 ml air asin steril, kemudian dipanaskan. Setelah bahan larut, media dituangkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 5 ml, dan ditutup menggunakan kapas dan alumunium foil. Selanjutnya, media disterilkan di dalam autoclave dengan suhu 121°C.

5. Media *Simmon's Citrate* (SC)

Media Simmon's Citrate dibuat dengan cara melarutkan 0,67 gram dengan 30 ml air asin steril, kemudian dipanaskan. Setelah bahan larut, media dituangkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 5 ml, dan ditutup menggunakan kapas dan alumunium foil. Selanjutnya, media disterilkan di dalam autoclave dengan suhu 121°C.

6. Media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA)

Media TSIA dibuat dengan cara melarutkan 1,88 gram bubuk TSIA dengan 29 ml air asin steril, kemudian dipanaskan. Setelah bahan larut, media dituangkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 7 ml, dan ditutup menggunakan kapas dan alumunium foil. Selanjutnya, media disterilkan di dalam autoclave dengan suhu 121°C.

Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri dari Danau Air Asin ini menggunakan 6 cawan petri, dengan 6 sampel air danau. Terlebih dahulu, dilakukan pengenceran terhadap sampel air. Tujuan dilakukannya pengenceran adalah untuk memperkecil atau mengurangi jumlah mikroba yang tersuspensi dalam cairan. Metode pengenceran dilakukan dengan mengambil sebanyak 1 ml sampel air kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml air asin steril kemudian dihomogenkan menggunakan vortex. Selanjutnya, mengambil 1 ml larutan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml air asin steril, sehingga didapatkan pengenceran 10^{-2} . Untuk mendapatkan pengenceran 10^{-3} dilakukan dengan mengambil 1 ml dari pengenceran 10^{-2} dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml air asin steril, demikian seterusnya sampai didapatkan pengenceran

10^{-5} . Sampel dalam tabung reaksi pada pengenceran 10^{-5} diambil sebanyak 0,1 ml menggunakan mikropipet, kemudian dituangkan ke cawan petri yang telah dituangkan media NA, kemudian sampel air disebar dengan *spread method*. *Spread method* umumnya digunakan untuk memisahkan mikroorganisme yang terdapat dalam volume sampel kecil, yang disebar di permukaan plat agar, sehingga membentuk koloni terpisah yang tersebar merata di permukaan media agar (Sanders, 2012). Selanjutnya, masing-masing cawan petri diinkubasi dengan 37°C selama 24 jam.

Pemurnian Isolat Bakteri Halofilik

Bakteri yang telah tumbuh dalam media NA diseleksi dengan memilih bakteri dari kenampakan bentuk, ukuran dan warna koloni yang berbeda. Setelah didapatkan isolat yang berbeda ditumbuhkan kembali ke media NA untuk mendapatkan isolat murni. Dengan menggunakan teknik aseptik, dilakukan pemurnian bakteri pada media NA lempeng. Pada media NA lempeng, dengan menggunakan ose (jarum berkolong) steril, dilakukan inokulasi dengan teknik goresan (*streak*). Selanjutnya dilakukan pengamatan setelah inkubasi semua biakan pada suhu 37°C selama 24 jam.

Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri

Karakterisasi bakteri dilakukan dengan pengamatan morfologi dan fisiologi bakteri. Morfologi bakteri diamati secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan morfologi secara makroskopis dilakukan terhadap bentuk koloni, tepian, elevasi, dan warna koloni bakteri pada media NA, dengan cara diamati dengan bantuan kaca pembesar (lup). Pengamatan morfologi secara mikroskopis dilakukan terhadap bentuk bakteri, dan sifat gram bakteri dengan metode pewarnaan gram. Untuk pengamatan fisiologis, dilakukan uji respirasi (kebutuhan oksigen), dan uji biokimia yang terdiri dari uji Methyl-Red (MR), Vogues Proskaeur (VP), uji *Sulfide Indole Motility* (SIM), uji katalase, uji *Simmon's Citrate*, dan uji TSIA. Setelah dilakukan pengamatan terhadap morfologi

dan fisiologi bakteri, langkah selanjutnya adalah mencocokkan hasil pengamatan morfologi koloni, morfologi sel, dan hasil uji biokimia dengan karakter kunci berdasarkan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Lingkungan

Salinitas Danau Air Asin Gili Meno menunjukkan nilai salinitas yang tinggi yaitu $41,5 \pm 0,58$ ppt. Pada penelitian terdahulu menyatakan bahwa tingkat salinitas Danau air asin Gili Meno rata-rata $54,00 \pm 0,82$ ppt (Rahman & Hadi, 2021). Penurunan tingkat salinitas ini kemungkinan dipengaruhi oleh pengambilan sampel di musim hujan. Hujan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi salinitas, curah hujan yang tinggi menyebabkan salinitas air berkurang (Rema et al., 2019). Semakin tinggi nilai salinitas maka akan semakin rendah pula kandungan oksigen terlarut di perairan. Tingkat salinitas yang tinggi pada Danau Air Asin Gili Meno memungkinkan bakteri halofilik sedang sampai ekstrem untuk berkembang biak.

Berdasarkan kebutuhan terhadap garam, bakteri halofilik dikasifikasikan sebagai halofilik ringan, sedang, dan ekstrem. Halofilik ringan (*slight*) membutuhkan 0.2-0.85 M NaCl (1-5%) untuk tumbuh secara optimal (Lach et al., 2021). Halofilik sedang (*moderate*) membutuhkan 0.85-3.4 M NaCl (5-20%) dan halofilik ekstrem mebutuhkan 3.4-5.1 M NaCl (20-30%) untuk tumbuh optimal (Dutta & Bandopadhyay, 2022; Yoo et al., 2023).

Nilai rata-rata DO (*Dissolved Oxygen*) termasuk rendah yaitu 3,96 mg/L menunjukkan bahwa air pada Danau air asin Gili Meno berada di bawah standar baku mutu air. Nilai DO yang baik adalah di atas 5 mg/L, hal ini didasarkan pada Peraturan Pemerintah 22 Tahun 2021 mengenai Baku Mutu Air Laut. Nilai DO (*Dissolved Oxygen*) adalah jumlah oksigen yang terlarut dalam volume air tertentu pada suatu suhu dan tekanan atmosfer tertentu. Perairan dikatakan mengalami

pencemaran yang serius jika kadar DO dibawah 4 ppm. DO yang sangat rendah di suatu perairan dapat menyebabkan kondisi lingkungan sungai menjadi anaerob sehingga dapat mengakibatkan timbulnya gas hidrogen sulfida (H_2S) penyebab bau

dan menjadi lingkungan untuk pertumbuhan bakteri anaerob. DO dalam air dapat menurun karena terjadinya proses oksidasi bahan organik oleh mikroba di perairan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan

Sampel	Salinitas (ppt)	Suhu ($^{\circ}C$)	pH	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
T1	41	32	7,94	2,29	2,22
T2	42	34	7,66	2,39	2,43
T3	41	34,8	7,69	2,30	2,22
T4	42	33,9	7,60	8,87	9,09
Rata-Rata	41,5	33,7	7,72	3,96	3,99
STDEV	0,58	1,41	0,15	3,27	3,40

Nilai BOD (*Biological Oxygen Demand*) pada danau dengan nilai rata-rata 3,99 mg/L menunjukkan nilai BOD di Danau air Asin Gili Meno tergolong baik. Konsentrasi perairan yang baik menurut WHO memiliki kadar BOD dengan nilai 0–10 mg/L, sedangkan perairan yang memiliki kandungan BOD > 10 mg/L dianggap telah mengalami pencemaran.

Nilai BOD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Tingginya kadar BOD dalam air menandakan tingginya kandungan mikroorganisme. Ketika BOD tinggi, mikroorganisme akan menggunakan lebih banyak oksigen terlarut dalam proses penguraian bahan organik tersebut. Akibatnya, konsentrasi oksigen terlarut dalam air akan menurun. Maka dapat diartikan bahwa, BOD yang tinggi menandakan minimnya oksigen terlarut atau DO yang terdapat di dalam perairan. Sebaliknya, semakin tinggi kandungan DO maka akan semakin rendah nilai BOD di dalam perairan.

Suhu dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri dimana suhu optimal bakteri dapat bertumbuh lebih baik sesuai jenisnya masing-masing. Jenis bakteri berdasarkan suhu optimum pertumbuhannya dapat dibedakan menjadi tiga yaitu psikofilik, mesofilik, dan termofilik (García-Descalzo et al., 2022). Psikofilik (*cold-loving bacteria*) bakteri ini dikenal sebagai mikroorganisme yang

beradaptasi dengan lingkungan dingin (Debroy & George, 2023), bakteri ini hidup atau dapat ditemukan di suhu 10–20 $^{\circ}C$. Mesofilik (*moderate temperature loving bacteria*) tumbuh pada suhu 20–40 $^{\circ}C$; dan Termofilik (*heat loving bacteria*) tumbuh pada suhu 50–60 $^{\circ}C$ (Purnowo et al., 2024).

Termofil dan psikofil adalah kelompok spesies ekstremofil yang beradaptasi untuk tumbuh subur di lingkungan bersuhu ekstrem, tidak seperti mesofil, yang tumbuh dalam kondisi normal dan tidak tahan terhadap kondisi ekstrem. Termofil, yang umumnya ditemukan di sumber air panas, sementara psikofil tumbuh subur dalam kondisi dingin di bawah 15 $^{\circ}C$, seperti di wilayah kutub dan habitat laut dalam. Suhu pada danau Air Asin Gili Meno menunjukkan nilai rata-rata 33,7 $^{\circ}C$ yang memungkinkan bagi bakteri mesofil untuk tumbuh dengan baik pada suhu optimumnya (Alblooshi et al., 2025).

pH danau ini adalah rata-rata 7,72 sehingga bakteri yang tumbuh pada danau ini termasuk bakteri neutrofil. pH dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup bakteri. Setiap bakteri memiliki pH optimal untuk pertumbuhannya. Kondisi pH yang optimal pada tempat hidup bakteri memungkinkan bakteri untuk hidup dengan baik, apabila pH tidak optimal maka pertumbuhan bakteri akan terganggu bahkan terhenti (Sayuti et al., 2022). Berdasarkan pH tempat hidup bakteri, bakteri dibagi menjadi neutrofil, asidofil, dan alkalifil.

Bakteri umumnya bersifat neutrofil. Mereka tumbuh paling baik pada pH netral mendekati 7,0. Asidofil tumbuh optimal pada pH mendekati 3,0. Alkalifil adalah organisme yang tumbuh optimal antara pH 8 dan 10,5. Asidofil ekstrem dan alkalifil tumbuh lambat atau bahkan tidak tumbuh sama sekali di pH netral.

Morfologi Bakteri

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 6 isolat yang berhasil diisolasi yaitu isolat Spl A, Spl B, Spl C, Spl D, dan Spl E, merupakan isolat

dari sampel air yang diambil di Danau Air Asin Gili Meno. Sedangkan Spl F, adalah isolat dari sampel air dari pantai yang berjarak 800 m dari Danau Air Asin Gili Meno. Hasil pengenceran dari Spl A ditemukan satu koloni yang sama, begitu juga pada Spl B, Spl C, Spl D, dan Spl F, sehingga hanya didapatkan satu isolat murni. Pada Spl E, ditemukan dua koloni yang berbeda dalam hal ukuran koloni, kedua koloni tersebut dimurnikan, sehingga didapatkan dua isolat murni. Kode sampel pada setiap isolat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kode sampel pada isolat bakteri

No	Titik Sampel	Kode Sampel	
		Hasil Isolasi (Koloni Campuran)	Isolat Murni
1	Titik 1	Spl A	Spl A
2	Titik 2	Spl B	Spl B
3	Titik 3	Spl C	Spl C
4	Titik 4	Spl D	Spl D
5	Titik 5	Spl E	Spl E ₁ , Spl E ₂
6	Titik 6	Spl F	Spl F

Pengamatan morfologi makroskopik dilakukan dengan melihat langsung morfologi isolat bakteri yang tumbuh dari hasil isolasi yang telah dilakukan dengan bantuan lup. Pengamatan bakteri hasil isolasi dari pengenceran 10^{-5} dilakukan pada cawan petri yang telah diinkubasi selama 24 jam. Pengenceran dilakukan

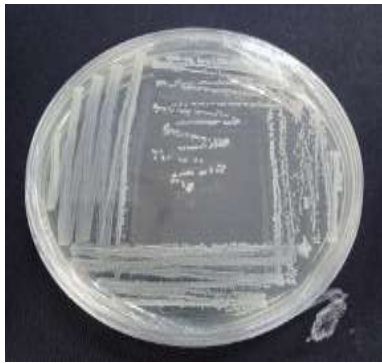
agar memperkecil atau mengurangi jumlah mikroba yang tersuspensi dalam cairan. Koloni yang memiliki kenampakan berbeda dipilih dan dimurnikan, sehingga dapat digunakan untuk tahap penelitian selanjutnya. Isolat murni yang dipilih dari hasil pengenceran 10^{-5} pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengamatan morfologi makroskopis

No.	Isolat	Bentuk koloni	Tepian	Elevasi	Warna
1	Spl A ₁	Circular	Entire	Convex	Cream
2	Spl B ₁	Circular	Entire	Convex	Cream
3	Spl C ₁	Circular	Entire	Convex	Cream
4	Spl D ₁	Circular	Entire	Convex	Cream
5	Spl E ₁	Circular	Entire	Convex	Cream
6	Spl E ₂	Circular	Entire	Convex	Cream
7	Spl F ₁	Circular	Entire	Convex	Cream

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh isolat bakteri menunjukkan karakter morfologi koloni yang relatif seragam. Koloni pada setiap isolat berwarna krem (*cream*), berbentuk bulat (*circular*), memiliki tepian rata (*entire*), serta menunjukkan elevasi cembung (*convex*). Keseragaman karakter morfologi

tersebut mengindikasikan adanya kemiripan fenotip antarisolat, meskipun identifikasi lebih lanjut tetap diperlukan untuk memastikan perbedaan pada tingkat taksonomi yang lebih spesifik. Morfologi koloni masing-masing isolat disajikan pada Gambar 2.



A



B



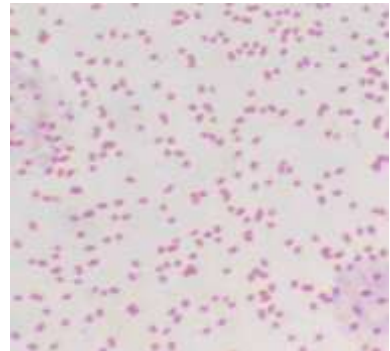
C



D



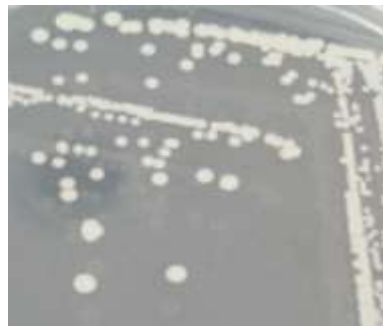
E



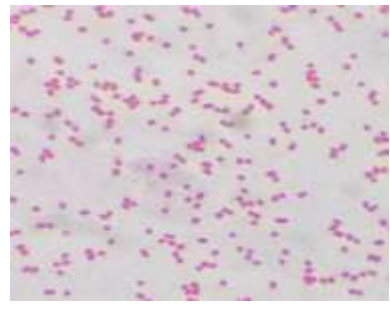
F



G



H



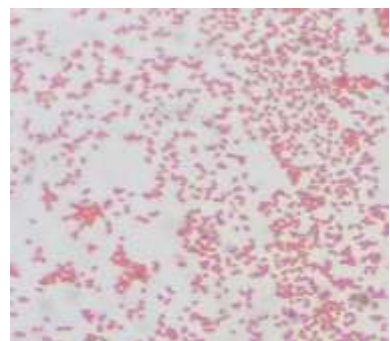
I



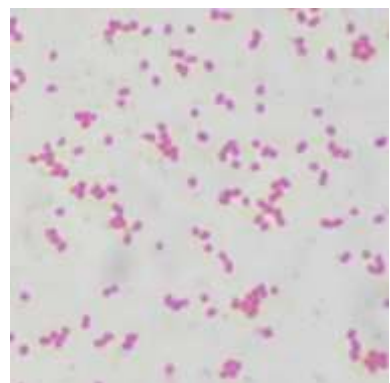
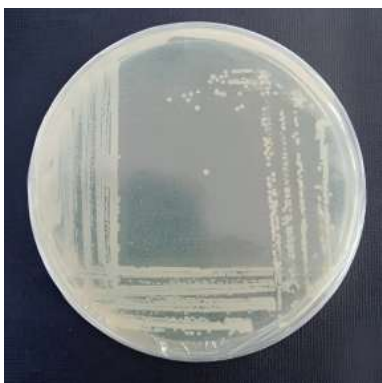
J

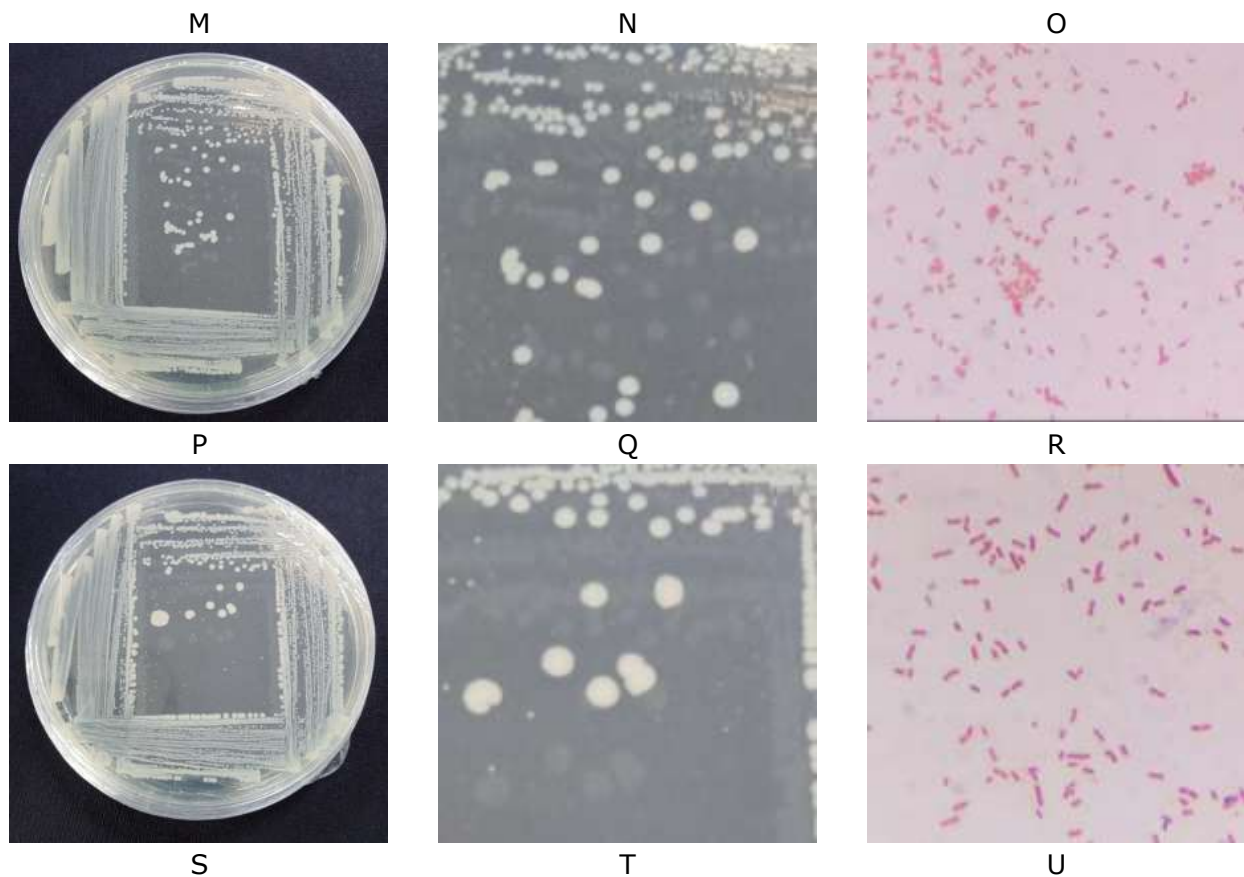


K



L





Gambar 2. Pengamatan Morfologi Koloni dan Sel Bakteri. Keterangan: A-C (bakteri Spl A), D-F (bakteri Spl B), G-I (bakteri Spl C), J-L (bakteri Spl D), M-O (bakteri Spl E₁), P-R (bakteri Spl E₂), dan S-U (bakteri Spl F). A, D, G, J, M, P, S (Morfologi koloni), B, E, H, K, N, Q, T (Detail morfologi koloni), dan C, F, I, L, O, R, U (Morfologi sel dan & gram bakteri pada perbesaran 1000x).

Berdasarkan Tabel 4, seluruh isolat menunjukkan karakter morfologi sel yang seragam, yaitu berbentuk kokobasil (coccobacilli). Bentuk kokobasil merupakan bentuk transisi antara bakteri kokus (*coccus*) dan basil (*bacillus*), yaitu sel berbentuk batang yang sangat pendek sehingga secara mikroskopis sering tampak menyerupai sel bulat kokus (Fauziah et al., 2023; Munson & Carroll, 2022; Ningsih & Wiranto, 2022). Keseragaman bentuk sel pada seluruh isolat mengindikasikan adanya kemiripan karakter fenotipik, yang menunjukkan bahwa isolat kemungkinan berasal dari kelompok bakteri atau Archaea yang memiliki karakter morfologi serupa. Namun demikian, karakter morfologi sel saja belum dapat digunakan sebagai dasar penentuan identitas hingga tingkat spesies karena banyak mikroorganisme memiliki bentuk sel yang hampir sama meskipun berbeda secara fisiologis maupun genetik.

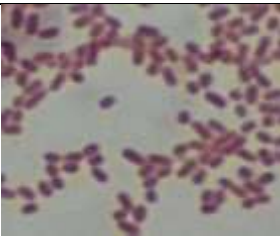

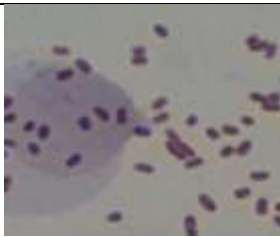





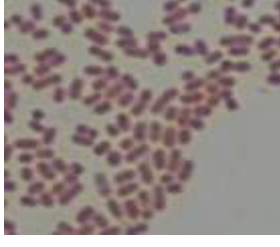

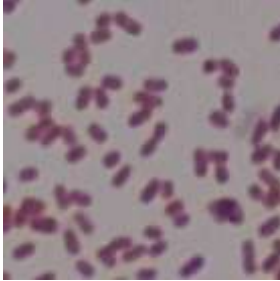
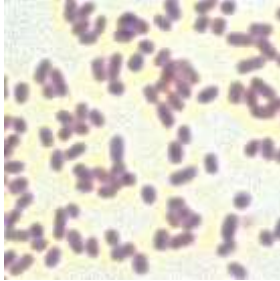

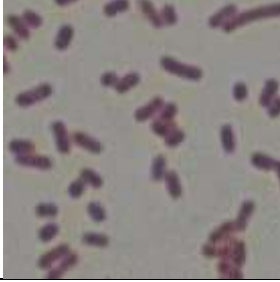

Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa seluruh isolat berwarna merah setelah proses pewarnaan, yang secara konvensional diinterpretasikan sebagai karakter Gram negatif. Warna merah tersebut menunjukkan bahwa dinding sel mikroorganisme tidak mampu mempertahankan kompleks kristal violet-iodin selama proses dekolorisasi dengan alkohol, sehingga hanya menyerap pewarna tandingan, yaitu safranin. Pada bakteri Gram negatif, karakter ini berkaitan dengan struktur dinding sel yang memiliki lapisan peptidoglikan tipis dan membran luar yang kaya akan lipopolisakarida (LPS), sehingga kompleks kristal violet mudah terlepas selama proses dekolorisasi (Munson & Carroll, 2022). Struktur dinding sel tersebut berperan penting dalam meningkatkan kemampuan adaptasi mikroorganisme terhadap berbagai tekanan lingkungan,

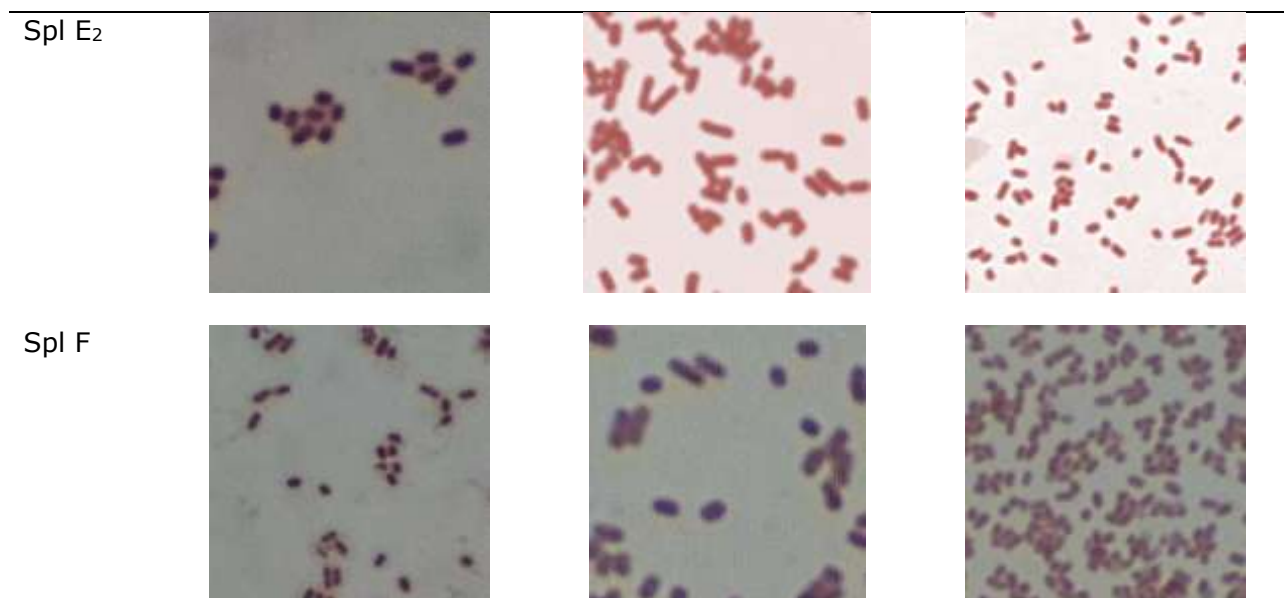
termasuk perubahan salinitas, tekanan osmotik, dan faktor lingkungan lainnya.

Tabel 4. Hasil pengamatan morfologi mikroskopik

No	Isolat	Bentuk sel	Gram
1	Spl A1	<i>Coccobacillii</i>	Negatif
2	Spl B1	<i>Coccobacilli</i>	Negatif
3	Spl C1	<i>Coccobacilli</i>	Negatif
4	Spl D1	<i>Coccobacilli</i>	Negatif
5	Spl E1	<i>Coccobacilli</i>	Negatif
6	Spl E2	<i>Coccobacilli</i>	Negatif
7	Spl F1	<i>Coccobacilli</i>	Negatif

Tabel 5. Hasil pengamatan morfologi mikroskopik

Sampel	Hari ke-		
	1	2	3
Spl A			
Spl B			
Spl C			
Spl D			
Spl E ₁			



Karakter kokobasil dan hasil pewarnaan Gram negatif yang diperoleh pada penelitian ini sejalan dengan karakteristik mikroorganisme halofilik yang banyak dilaporkan dari lingkungan hipersalin. Habitat dengan kadar garam tinggi menuntut mikroorganisme memiliki mekanisme adaptasi fisiologis dan struktural yang memungkinkan sel tetap mempertahankan keseimbangan osmotik. Selain melalui akumulasi ion kalium (*salt-in strategy*) atau sintesis senyawa kompatibel (*compatible solutes*), adaptasi tersebut juga didukung oleh karakteristik selubung sel yang mampu menjaga stabilitas membran dan aktivitas enzim pada kondisi salinitas tinggi. Oleh karena itu, karakter morfologi dan sifat Gram yang diamati pada seluruh isolat memberikan indikasi awal bahwa mikroorganisme tersebut memiliki kemampuan beradaptasi pada lingkungan hipersalin seperti Danau Air Asin Gili Meno.

Meskipun demikian, interpretasi hasil pewarnaan Gram terhadap mikroorganisme halofilik, khususnya kelompok Archaea, perlu dilakukan secara hati-hati. Archaea halofilik, termasuk anggota genus *Halobacterium*, umumnya menunjukkan respons menyerupai Gram negatif karena tidak memiliki lapisan peptidoglikan seperti bakteri sejati (*Eubacteria*), melainkan tersusun atas lapisan protein permukaan (*S-layer*) atau pseudopeptidoglikan yang memiliki sifat kimia berbeda. Akibatnya, hasil pewarnaan

Gram pada kelompok Archaea tidak selalu mencerminkan struktur dinding sel sebagaimana konsep Gram pada bakteri. Karakter morfologi dan pewarnaan Gram dalam penelitian ini sebaiknya dipandang sebagai identifikasi pendahuluan (*presumptive identification*) yang perlu analisis lanjut melalui sekuens gen 16S rRNA untuk memperoleh identifikasi taksonomi yang lebih akurat dan valid.

Uji Biokimia Bakteri

Uji fisiologi merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui sifat biokimia bakteri. Uji fisiologi yang dilakukan terdiri dari uji MR-VP, uji SIM, uji katalase, uji *Simmon's Citrate*, uji TSIA, dan uji respirasi atau kebutuhan oksigen (Tabel 6).

Uji MR (*Methyle Red*), uji MR digunakan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam mengasamkan asam dari fermentasi glukosa. Indikator pH metil merah akan mendeteksi asam seperti asam laktat, asam asetat atau asam format. Bakteri akan mengubah glukosa menjadi asam piruvat melalui jalur Embden-Meyerhof yang selanjutnya akan dimetabolisme menjadi asam. Jenis asam yang dihasilkan berbeda dari satu spesies ke spesies lainnya tergantung dari jalur enzimatik pada bakteri tersebut. Indikator metil merah pada kisaran pH 4,4 akan berubah menjadi merah yang menandakan uji positif. Sedangkan pada pH 6,0 akan menghasilkan warna kuning yang

menandakan uji negatif. Hasil uji MR pada isolat Spl A, Spl E₂, dan Spl F menunjukkan hasil positif. Sedangkan isolat Spl B, Spl C,

Spl D, dan Spl E₁ menunjukkan hasil negatif.

Tabel 6. Hasil Uji Biokimia

No	Jenis Uji	Isolat						
		Spl A	Spl B	Spl C	Spl D	Spl E ₁	Spl E ₂	Spl F
1	Methyle Red	+	-	-	-	-	+	+
2	Vogues Praskaeur	-	-	-	-	-	-	-
3	Sulfid	-	-	-	-	-	-	-
4	Indole	-	-	-	-	-	-	-
5	Motility	-	-	-	-	-	-	-
6	Katalase	+	+	+	+	+	+	+
7	Simmon's Citrate	+	+	+	+	+	+	+
8	TSIA	K/K	K/K	K/K	K/K	K/K	K/K	K/K
9	Respirasi	Aerobic	Aerobic	Aerobic	Aerobic	Aerobic	Aerobic	Aerobic
Jenis Bakteri		<i>Halobacterium trapanicum</i>						

Uji VP digunakan untuk membedakan bakteri berdasarkan kemampuan dalam menghasilkan acetylmethylcarbinol (acetoin)/2,3-butanediol dari fermentasi glukosa. Bakteri mengfermentasi glukosa melalui jalur butanediol sehingga menghasilkan acetoin (asetil metil karbinol atau 3-hidrosibutanon) yang selanjutnya akan direduksi menjadi 2,3-butanediol. Hasil uji VP pada penelitian ini menunjukkan hasil yang sama pada setiap isolat, yaitu negatif yang ditandai dengan warna kuning pada media.

Uji SIM (*Sulfide, Indole, Motility*) merupakan uji yang menggunakan media kombinasi yang mampu mengidentifikasi karakteristik bakteri berupa reduksi sulfur, indol dan motilitas. Media SIM mengandung ferric ammonium sitrat, kasein pepton dan sodium tiosulfat. *Ferric ammonium citrate* akan bereaksi dengan H₂S yang dihasilkan oleh bakteri membentuk besi sulfida (endapan hitam). Produksi indol terdeteksi pada media karena adanya kasein pepton. Mikroba yang memiliki enzim triptofanase akan mendegradasi triptofan untuk menghasilkan indol, asam piruvat dan ammonia. Asam piruvat dan ammonia akan digunakan mikroba sebagai sumber energi sedangkan indol akan terakumulasi dalam media. Indol dapat dideteksi pada media

dengan adanya penambahan reagen Kovacs. Indol akan berinteraksi dengan *p-dimethylaminobenzaldehyde* dalam reagen menghasilkan cincin merah pada bagian atas media. Motilitas mikroba dapat terlihat karena adanya penambahan agar sehingga menghasilkan media semi padat yang ideal untuk mendeteksi motilitas mikroba. Hasil uji SIM pada penelitian ini menunjukkan hasil yang sama pada setiap isolat, yaitu tidak menghasilkan sulfida, tidak menghasilkan indole, dan tidak bergerak.

Uji katalase merupakan rangkaian dari uji biokimia untuk mendeteksi enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri yaitu enzim katalase yang mampu menguraikan hydrogen peroksida menjadi molekul air dan oksigen (Apriani et al., 2023). Hasil uji katalase setiap isolat adalah positif. Hal ini ditandai dengan adanya gelembung pada isolat setelah ditetaskan hydrogen peroksida Oksigen yang terbentuk terperangkap menjadi sebuah gelembung.

Uji Simmon's Citrate digunakan untuk mendeteksi kemampuan isolat bakteri dalam memanfaatkan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi. Hasil positif pada uji ini berdasarkan pembentukan produk samping alkali dari metabolisme sitrat. Peningkatan pH medium yang terjadi ditunjukkan oleh

perubahan warna indikator pH menjadi warna biru (MacWilliams, 2009). Hasil *Simmon's Citrate* pada penelitian ini menunjukkan hasil yang sama pada setiap isolat, yaitu positif yang ditandai dengan perubahan warna media menjadi biru.

Uji TSIA didasarkan pada fermentasi karbohidrat (glukosa dan laktosa atau sukrosa) dan produksi hydrogen sulfide (H_2S). Fenol merah merupakan indikator untuk identifikasi kemampuan bakteri dalam melakukan fermentasi karbohidrat. Adanya fermentasi jika terjadi perubahan warna dari merah (basa) menjadi kuning (asam). *Ferric ammonium citrate* merupakan indikator adanya H_2S . H_2S terbentuk dari adanya reaksi antara natrium tiosulfat dengan Ferric ammonium citrate membentuk endapan hitam di dasar tabung. Produksi gas ditunjukkan dengan adanya gelembung atau pecahnya media agar di dalam tabung. Hasil uji TSIA menunjukkan hasil negatif pada setiap isolat, yang dapat dilihat dari tidak adanya gas, tidak adanya warna hitam (H_2S), dan tidak adanya perubahan warna pada media (Apriani et al., 2023).

Uji Respirasi dilakukan untuk mengetahui kebutuhan oksigen bakteri. Bakteri aerob ditandai dengan adanya kekeruhan pada bagian atas media yang memiliki konsentrasi oksigen tinggi. Bakteri anaerob ditandai dengan adanya endapan pada tabung. Bakteri mikroaerofil ditandai dengan terbentuknya cincin keruh pada bagian atas tabung, tetapi cincin tersebut tidak sampai pada permukaan tabung. Bakteri anaerob fakultatif ditandai dengan adanya kekeruhan pada seluruh bagian tabung. Pada penelitian ini, terlihat adanya kekeruhan pada bagian atas tabung, maka dapat diartikan bahwa bakteri yang ditemukan merupakan bakteri aerob.

Berdasarkan karakteristik morfologi dan hasil uji biokimia, serta karakter kunci genus bakteri pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, dapat diduga bahwa bakteri dari Spl A, Spl B, Spl C, Spl D, Spl E₁, Spl E₂, dan Spl F diidentifikasi sebagai bakteri *Halobacterium trapanicum*, yang termasuk ke dalam *Archaeobacteria*

yang hidup pada lingkungan berkadar garam tinggi. Bakteri ini juga terlibat dalam pembusukan daging dan produk ikan yang diasinkan (Moschetti et al., 2006). Pedugaan jenis bakteri yang diisolasi pada Danau Air asin Gili Meno ini didasarkan pada karakter kunci bakteri halofilik ekstrem pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*.

Berdasarkan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, bakteri *Halobacterium trapanicum* merupakan bakteri gram negatif yang tidak bergerak atau nonmotile. Bakteri *Halobacterium trapanicum* memiliki bentuk sel berupa batang atau basil dan pleomorfik (Holt et al., 1994). Pleomorfik artinya bakteri menunjukkan bentuk beragam pada kondisi fisiologi dan lingkungan yang sama, bahkan dalam satu kultur yang sama. Berdasarkan pertumbuhan bakteri pada media NA dan media NA+NaCl, bakteri ini hanya dapat tumbuh pada lingkungan ataupun media yang mengandung garam.

Manfaat bakteri *Halobacterium trapanicum* yang merupakan bakteri proteolitik, yaitu bakteri yang dapat menghidrolisis protein menjadi asam amino sederhana, dengan menghasilkan enzim protease. Protease merupakan enzim yang berfungsi menghidrolisis ikatan peptida pada protein menjadi oligopeptida dan asam amino. Protease (protease serin, protease sistein/tiol, protease aspartat dan protease logam) adalah enzim yang banyak digunakan dalam industri, misalnya industri farmasi, kulit, detergen, makanan, minuman, dan pengolahan limbah (Dutta & Bandopadhyay, 2022; Shankar et al., 2021). Protease yang digunakan di dalam industri jumlahnya sekitar 60% dari penjualan enzim di dunia. Protease dapat diisolasi dari berbagai organisme seperti bakteri 44,78%, tanaman 43,85%, dan hewan 11,15%, Protease dari bakteri merupakan jumlah yang paling banyak dibandingkan dengan sumber lain, yaitu protease dari tumbuhan dan hewan. Enzim protease berguna dalam pengolahan makanan, dan susu (Dutta & Bandopadhyay, 2022).

Pada penelitian terdahulu bakteri dari genus ini sudah pernah diisolasi dari berbagai lingkungan hipersalin, diantaranya Dead Sea, Great saltLake, dan Sabkhan Lake. Selain itu, bakteri dari genus *Halobacterium* juga telah diisolasi dari sampel tanah dan air danau yang dikumpulkan dari empat wilayah di Iran, yaitu danau air asin Qom dan Fars, Danau Oromiea, dan Teluk Persia (Hassanshahian & Mohamadian, 2011).

Bakteri *Halobacterium trapanicum* ditemukan diidentifikasi pada tahun 1931 oleh Petter. Pada tahun 1995 bakteri ini dianggap seharusnya masuk ke dalam genus *Halorubrum*. Penelitian mengenai pemindahan *Halobacterium trapanicum* ke *Halorubrum trapanicum* oleh (McGenity & Grant, 1995) menyatakan bahwa berdasarkan analisis filogenetik menunjukkan bahwa spesies *Halobacterium trapanicum* seharusnya dipindahkan ke genus *Halorubrum* sebagai *Halorubrum trapanicum*. Genus *halorubrum* adalah genus paling besar di kelas Halobacteria (Vázquez-Madrigal et al., 2021). Pemindahan genus ini didasarkan oleh perbandingan 16s rRNA, komposisi lipid polar, dan sifat fenotip tambahan. Spesies *Halorubrum trapanicum* dengan *type strain* NRC 34021 telah divalidasi pada tahun 1996 (Grant et al., 1998).

SIMPULAN

Berdasarkan karakteristik morfologi baik secara makroskopik maupun mikroskopik, dan hasil uji biokimia, serta karakter kunci genus bakteri pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, dapat diduga bahwa bakteri dari Spl A, Spl B, Spl C, Spl D, Spl E₁, Spl E₂, dan Spl F diidentifikasi sebagai bakteri *Halobacterium trapanicum*, yang termasuk ke dalam *Archaeobacteria* yang hidup pada lingkungan berkadar garam tinggi. Bakteri ini juga terlibat dalam pembusukan daging dan produk ikan yang diasinkan. Pedugaan jenis bakteri yang diisolasi pada Danau Air asin Gili Meno ini didasarkan pada karakter kunci bakteri halofilik ekstrem pada buku

Bergey's Manual of Determinative Bacteriology.

DAFTAR PUSTAKA

- Alblooshi, A. S., Nasar, M. I., Rehman, S. S. U., & Alam, M. T. (2025). Genomic and metabolic network properties in thermophiles and psychrophiles compared to mesophiles. *Scientific Reports*, *15*(1), 19757. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05030-z>
- Apriani, Bintari, N. W. D., Ilsan, N. A., Istyanto, F., Suhartati, R., Dewi, R. K., Zuraida, Herlina, Inggraini, M., Djasfar, S. P., Nur, J., Setiawan, D., Wijayanti, D. R., & Safari, W. F. (2023). *Bakteriologi Untuk Mahasiswa Keehatan*. PT. Masagena Mandiri Medica.
- Aransiola, S. A., Selvaraj, B., & Maddela, N. R. (2024). Bacterial biofilm formation and anti-biofilm strategies. *Research in Microbiology*, *175*(3), 104172. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2023.104172>
- Debroy, A., & George, N. (2023). Psychrophiles and psychrozymes: Structural adaptations and applications. *AIP Conference Proceedings*, *2558*(1). <https://doi.org/10.1063/5.0120019>
- Dutta, B., & Bandopadhyay, R. (2022). Biotechnological potentials of halophilic microorganisms and their impact on mankind. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, *11*(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s43088-022-00252-w>
- Fauziah, P. N., Rohmah, M. K., Umar, F., Wahdi, F. H., Setiyabudi, L., Sihombing, M. A. E. M., & Firmansyah. (2023). *BIOLOGI MOLEKULER*. TOHAR MEDIA.
- Gaffney, E. M., Simoska, O., & Minteer, S. D. (2021). The Use of Electroactive Halophilic Bacteria for Improvements and Advancements in

- Environmental High Saline Biosensing. *Biosensors*, 11(2), 48. <https://doi.org/10.3390/bios11020048>
- García-Descalzo, L., García-López, E., & Cid, C. (2022). Comparative Proteomic Analysis of Psychrophilic vs. Mesophilic Bacterial Species Reveals Different Strategies to Achieve Temperature Adaptation. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.841359>
- Gomaa, E. Z. (2022). Production, characterization, and antitumor efficiency of l-glutaminase from halophilic bacteria. *Bulletin of the National Research Centre*, 46(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00693-w>
- Grant, W. D., Oren, A., & Ventosa, A. (1998). Proposal of strain NCIMB 13488 as neotype of *Halorubrum trapanicum*. Request for an Opinion. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 48(3), 1077–1078. <https://doi.org/10.1099/00207713-48-3-1077>
- Harish, A., Raja Jeya Sekar, R., Sreeja, S. J., Vijila, S. M., Vidhya, V., & Ponmurugaraj, N. (2025). Biodegradation and phytotoxicity evaluation of textile azo dye effluent using alkaline protease enzyme from halophilic bacterium *Halobacillus trueperi* RRJS1. *Journal of the Indian Chemical Society*, 102(11), 102060. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2025.102060>
- Hassanshahian, M., & Mohamadian, J. (2011). Isolation and characterization of *Halobacterium salinarum* from saline lakes in Iran. *Suppl*, 95-65.e75779.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Taley, J. T., & Williams, S. T. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (9th ed., hlm. 1–1130). Williams & Wilkins Co. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.10728>
- Ima, K. (2022). Types, characteristics, and facts about bacteria. *Global Journal of Microbiology Research*, 1–2. <https://doi.org/10.15651/GJMR.22.10.411>
- Kanekar, P. P., & Kanekar, S. P. (2022). Halophilic and Halotolerant Microorganisms. Dalam P. P. Kanekar & S. P. Kanekar (Ed.), *Diversity and Biotechnology of Extremophilic Microorganisms from India* (hlm. 13–69). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1573-4_2
- Lach, J., Jęcz, P., Strapagiel, D., Matera-Witkiewicz, A., & Stączek, P. (2021). The Methods of Digging for “Gold” within the Salt: Characterization of Halophilic Prokaryotes and Identification of Their Valuable Biological Products Using Sequencing and Genome Mining Tools. *Genes*, 12(11), 1756. <https://doi.org/10.3390/genes12111756>
- MacWilliams, M. (2009, Desember 8). *Citrate Test Protocol*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Citrate-Test-Protocol-MacWilliams/7e45e63eadec5f37619363e8dec9f7410affc0b4>
- McGenity, T. J., & Grant, W. D. (1995). Transfer of *Halobacterium saccharovororum*, *Halobacterium sodomense*, *Halobacterium trapanicum* NRC 34021 and *Halobacterium lacusprofundi* to the Genus *Halorubrum* gen. Nov., as *Halorubrum saccharovororum* comb. Nov., *Halorubrum sodomense* comb. Nov., *Halorubrum trapanicum* comb. Nov., and *Halorubrum lacusprofundi* comb. Nov. *Systematic and Applied Microbiology*, 18(2), 237–243. [https://doi.org/10.1016/S0723-2020\(11\)80394-2](https://doi.org/10.1016/S0723-2020(11)80394-2)
- Melinda, T., Sholehah, H., & Abdullah, T. (2021). Penentuan Status Mutu Air

- Danau Air Asin Gili Meno Menggunakan Metode Indeks Pencemaran. *Jurnal Sanitasi Dan Lingkungan*, 2(2), Article 2.
- Moschetti, G., Aponte, M., Blaiotta, G., Casaburi, A., Chiurazzi, M., Ventorino, V., & Villani, F. (2006). Characterization of halophilic Archaea isolated from different hypersaline ecosystems. *Annals of Microbiology*, 56(2), 119–127. <https://doi.org/10.1007/BF03174992>
- Munson, E., & Carroll, K. C. (2022). Update on Accepted Novel Bacterial Isolates Derived from Human Clinical Specimens and Taxonomic Revisions Published in 2020 and 2021. *Journal of Clinical Microbiology*, 61(1), e00282-22. <https://doi.org/10.1128/jcm.00282-22>
- Ningsih, I., & Wiranto, E. (2022). Permasalahan dan Pemeriksaan Actinobacillus. *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*, 7(2), 92–104. <https://doi.org/10.33019/ekotonia.v7i2.3727>
- Nosalova, L., Piknova, M., Malinicova, L., Pelova, M., & Pristas, P. (2025). Biodiversity and biotechnological potential of cultivable Halophilic bacteria from Slana voda (Oravska Polhora, Slovakia) natural salt spring. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 22(10), 8631–8642. <https://doi.org/10.1007/s13762-024-05941-w>
- Purnowo, D., Setiawan, A., & Yusmaniar, Y. (2024). Pengaruh Faktor Suhu dan Kelembaban pada Lingkungan Kerja terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Mikroba. *JRSKT - Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*, 9(2), 45–54. <https://doi.org/10.21009/JRSKT.092.01>
- Rahman, F. A., & Hadi, A. P. (2021). Kandungan C-Organik Substrat Ekosistem Mangrove di Danau Air Asin Gili Meno Kabupaten Lombok Utara. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(2), 516–526. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v9i2.4276>
- Rema, D. N., Kurniawan, K., & Umroh, U. (2019). Analisis Pencemaran Perairan Pesisir Bedukang, Desa Deniang, Kabupaten Bangka. *Journal of Tropical Marine Science*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v2i1.910>
- Sanders, E. R. (2012). Aseptic Laboratory Techniques: Plating Methods. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, 63, 3064. <https://doi.org/10.3791/3064>
- Satari, L., Guillén, A., Latorre-Pérez, A., & Porcar, M. (2021). Beyond Archaea: The Table Salt Bacteriome. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.714110>
- Sayuti, I., Zulfariana, & Widodo, T. J. (2022). Influence of Potential Hydrogen (pH) on the Growth of Bacillus cereus IMB-11 during Hydrocarbon Degradation in vitro. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 8(3), 686–693.
- Shankar, R., Upadhyay, P. K., & Kumar, M. (2021). Protease Enzymes: Highlights on Potential of Proteases as Therapeutics Agents. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 27(2), 1281–1296. <https://doi.org/10.1007/s10989-021-10167-2>
- Sharma, A., Gupta, A. K., & Devi, B. (2023). Current trends in management of bacterial pathogens infecting plants. *Antonie van Leeuwenhoek*, 116(4), 303–326. <https://doi.org/10.1007/s10482-023-01809-0>
- Vázquez-Madrigal, A. S., Barbachano-Torres, A., Arellano-Plaza, M., Kirchmayr, M. R., Finore, I., Poli, A.,

Nicolaus, B., De la Torre Zavala, S., & Camacho-Ruiz, R. M. (2021). Effect of Carbon Sources in Carotenoid Production from *Haloarcula* sp. M1, *Halolamina* sp. M3 and *Halorubrum* sp. M5,

Halophilic Archaea Isolated from Sonora Saltern, Mexico. *Microorganisms*, 9(5), 1096. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9051096>