

Potensi Bakteri Halofilik Ekstrim dari Tambak Garam Tradisional sebagai Penghambat Aktivitas Bakteri *Salmonella* sp.

Eka Nurrahema Ning Asih*, Dewi Anugrah Fitri, Ary Giri Dwi Kartika,
Sri Astutik, Makhfud Efendy

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang, PO BOX 02 Kecamatan Kamal, Bangkalan Jawa Timur 69162 Indonesia
Corresponding author, e-mail: eka.asih@trunojoyo.ac.id

ABSTRAK: Infeksi bakteri *Salmonella* sp. di perairan dapat merugikan perikanan budidaya, menurunkan kualitas hasil perikanan tangkap dan merusak kualitas produk olahan perikanan. Perlu dilakukan penelitian untuk mengatasi dan mencegah aktivitas bakteri *Salmonella* sp. pada beberapa sektor perikanan tersebut. Salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah memanfaatkan sumberdaya bakteri halofilik yang hidup melimpah di air meja kristalisasi tambak garam tradisional sebagai agen penghambat aktivitas bakteri *Salmonella* sp.. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri halofilik ekstrim yang dikultur dari tambak garam tradisional Pamekasan-Madura sebagai penghambat aktivitas bakteri *Salmonella* sp.. Metode yang digunakan dalam penelitian terdiri dari beberapa tahap yaitu isolasi, purifikasi, uji pewarnaan gram dan uji zona hambat bakteri. Karakteristik morfologi dan pengelompokan gram bakteri halofilik ekstrim diamati dibawah mikroskop binokuler model CX43RF dengan tipe kamera digital MDCE-5C. Uji aktivitas isolat bakteri halofilik ekstrim terhadap *Salmonella* sp. dilakukan dengan uji zona hambat menggunakan metode overlay dan difusi. Hasil penelitian diperoleh menunjukkan bahwa isolat bakteri halofilik ekstrim mampu menghambat aktivitas *Salmonella* sp. dengan kisaran zona hambat berdiameter 4,28 mm dan 2,45 mm. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi informasi awal untuk dipertimbangkan dalam pengembangan pemanfaatan bakteri halofilik ekstrim di bidang bioteknologi khususnya farmakologi laut kedepannya.

Kata Kunci: Bakteri halofilik ekstrem; Penghambat aktivitas; *Salmonella* sp.

Potential of Extreme Halophilic Bacteria from Traditional Salt Ponds as Inhibitors of *Salmonella* sp.

ABSTRACT: *Salmonella* sp. in the waters can be detrimental to aquaculture, reduce the quality of captured fishery products and damage the quality of processed fishery products. Research needs to be done to overcome and prevent the activity of *Salmonella* sp. in some of the fisheries sectors. One of the efforts that can be done is to utilize the halophilic bacteria resources that live abundantly in the crystallization table water of traditional salt ponds as agents that inhibit the activity of these bacteria. This study aims to determine the potential of extremely halophilic bacteria cultured from Pamekasan-Madura traditional salt ponds as inhibitors of *Salmonella* sp. bacteria activity. The method used in this study consisted of several stages, namely isolation, purification, gram staining test, and bacterial inhibition zone test. Morphological characteristics and gram grouping of extremely halophilic bacteria were observed under a CX43RF binocular microscope with a digital camera type MDCE-5C. Activity test of extremely halophilic bacteria isolates against *Salmonella* sp. was carried out by testing the zone of inhibition using overlay and diffusion methods. The results showed that the extreme halophilic bacteria isolates were able to inhibit the activity of *Salmonella* sp. with a range of 4.28 mm and 2.45 mm diameter inhibition zones. The results of this study are expected to be initial information to be considered in the development of the use of extremely halophilic bacteria in the field of biotechnology, especially marine pharmacology in the future.

Keyword: Extreme halophilic bacteria; Inhibitory activity; *Salmonella* sp.

PENDAHULUAN

Bakteri halofilik merupakan kelompok mikroorganisme yang dapat tumbuh di lingkungan dengan kadar garam rendah hingga tinggi (Sabdaningsih dan Lunggani 2020). Bakteri halofilik dibedakan menjadi 3 kelompok berdasarkan kemampuan hidupnya yaitu halofilik rendah (*slight halophiles*) tumbuh optimal kisaran 2-5% kadar NaCl, halofilik sedang (*moderate halophiles*) kisaran 5-20% kadar NaCl, dan halofilik ekstrim (*extreme halophiles*) kisaran 20-30% kadar NaCl. Bakteri ini sering ditemukan pada danau garam (Hassanshahian dan Jafar 2011) khususnya meja kristalisasi tambak garam (Marihati *et al.*, 2014). Malik *et al.*, (2019) menyatakan bahwa keberadaan bakteri halofilik ekstrim di meja kristalisasi dapat mempercepat proses evaporasi yang dapat membantu mengoptimalkan penyerapan sinar matahari. Bakteri ini juga memiliki kemampuan mempercepat proses kristalisasi garam (Marihati *et al.*, 2014) dan mempengaruhi kondisi fisik garam Malik *et al.*, 2019).

Pemanfaatan bakteri halofilik tidak hanya sebatas untuk meningkatkan kualitas garam. Kelompok bakteri ini memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dibidang biofarmakologi, salah satunya untuk menghambat aktivitas bakteri patogen misalnya *Salmonella sp.* *Salmonella sp.* merupakan bakteri patogen yang dapat menginfeksi hewan maupun manusia (Ijong 2015). Beberapa jenis penyakit akibat infeksi bakteri ini diantaranya demam tifoid, tipes dan gangguan pencernaan (Mogea 2006). Bakteri *Salmonella sp.* juga termasuk kategori bakteri mutu yang menjadi indikator keamanan pangan pada produk perikanan karena keberadaan bakteri ini tidak boleh ditemukan atau negatif/25 gram pada produk ikan dan udang di Indonesia (Standart Nasional Indonesia, 2009). Cemaran bakteri *Salmonella sp.* pada produk perikanan dapat menyebabkan *salmonellosis* yang mengindikasikan keracunan pada manusia (Hatmanti *et al.*, 2009). Kontaminasi bakteri *Salmonella sp.* pada produk perikanan umumnya berasal dari lingkungan laut yang telah tercemar limbah domestik seperti sampah, tinja, bangkai yang dihasilkan masyarakat setempat dan proses pengolahan produk yang tidak *hygenis* (Wahyuni *et al.*, 2017). Kontaminasi bakteri ini juga berasal dari sumber air tambak dari bahan mentah perikanan misalnya lokasi udang tersebut berkembang biak (Narumi *et al.*, 2009) dan manajemen pengelolaan kualitas air tambak yang tidak baik (Sutiknowati 2014).

Infeksi *Salmonella sp* pada manusia dan produk perikanan ini perlu dilakukan upaya penanganan agar tidak memberikan dampak negatif jangka panjang. Upaya penanganan awal dapat dilakukan dengan melaksanakan eksplorasi pemanfaatan bakteri halofilik ekstrim yang dikultur dari meja kristalisasi tambak garam tradisional untuk menghambat aktivitas *Salmonella sp.* Isolasi bakteri halofilik ekstrim dapat diperoleh dari wilayah yang termasuk areal sentra produksi garam di Indonesia salah satunya Pulau Madura. Pulau Madura merupakan wilayah yang memiliki luas lahan produksi garam terbesar di Jawa Timur sekitar 11.170,9 Ha (Amami dan Ihsannudin, 2016). Salah satu Kabupaten yang termasuk dalam daerah pusat produksi garam terbesar di Madura adalah Pamekasan (Efendy *et al.*, 2012). Tambak garam tradisional di Kabupaten Pamekasan memiliki potensi yang besar untuk menyediakan isolat bakteri halofilik ekstrim yang melimpah. Pentingnya informasi dan penelitian awal terkait potensi bakteri halofilik ekstrim yang melimpah di tambak garam tradisional Pamekasan untuk menghambat aktivitas *Salmonella sp.* inilah yang melatarbelakangi penelitian ini dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi bakteri halofilik ekstrim yang dikultur dari tambak garam tradisional Pamekasan-Madura sebagai penghambat aktivitas bakteri *Salmonella sp.* Informasi ini diharapkan menjadi tahap awal untuk mempertimbangkan pemanfaatan bakteri halofilik ekstrim dibidang biofarmakologi laut Indonesia kedepannya.

MATERI DAN METODE

Pengambilan sampel air meja kristalisasi tambak garam dilakukan di Tambak Garam Tradisional di Desa Tanjung Kecamatan Pademawu Kabupaten Pamekasan (Gambar 1) dengan titik koordinat 7°13'49.64"S, 113°32'12.33"E. Sampel air meja kristalisasi di ambil sebanyak 10 ml menggunakan tabung reaksi ulir yang telah disterilisasi. Pengambilan sampel air meja kristalisasi

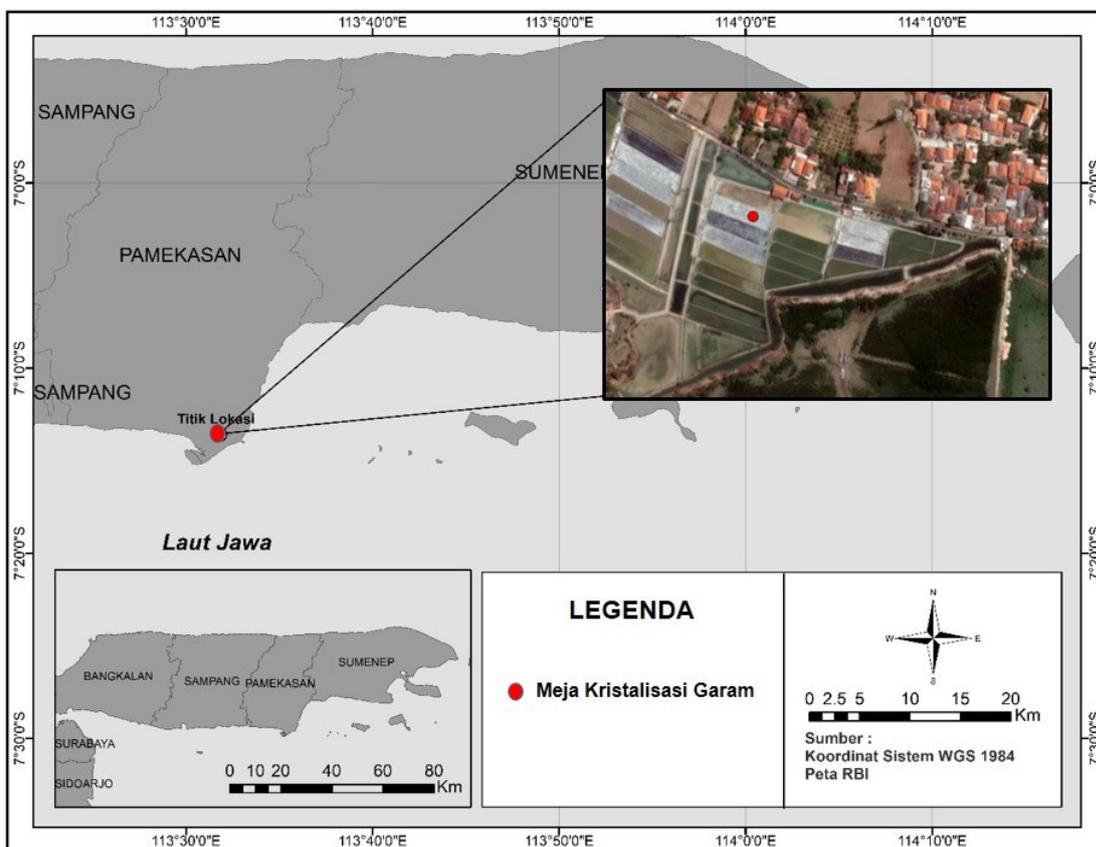
dilakukan dengan memasukkan tabung reaksi ulir dengan keadaan tertutup kedalam air, kemudian membuka tutup tabung di dalam air dan ditutup kembali dengan posisi tabung masih di dalam air. Sampel air yang telah didapatkan dimasukan kedalam *cool box* yang telah di isi es batu. Sampel selanjutnya dibawa ke Laboratorium Biologi Laut Prodi Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo Madura untuk dilakukan isolasi bakteri.

Isolasi dan Purifikasi Koloni Bakteri Halofilik

Isolasi bakteri halofilik dilakukan dengan memipet sampel air meja kristalisasi sebanyak 50 μL per cawan petri dengan sistem duplo. Sampel yang telah diisolasi di simpan ke dalam inkubator dengan suhu 28-30°C selama 21x24jam. Koloni bakteri yang tumbuh selanjutnya dipurifikasi atau dimurnikan. Purifikasi atau yang dikenal metode pemurnian koloni bakteri dengan menggunakan metode penggoresan (Waluyo 2007). Teknik purifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah goresan kuadran (4 goresan dalam lempengan agar). Purifikasi koloni bakteri dilakukan dengan mengambil 1 lup koloni bakteri, kemudian dilakukan penggoresan pada media padat, kemudian sampel disimpan ke dalam inkubator dengan suhu 28-30°C selama 21x24 jam. Koloni bakteri yang telah tumbuh saat purifikasi, kemudian dipindahkan ke dalam media agar miring.

Identifikasi Morfologi Bakteri Halofilik Ekstrim

Identifikasi morfologi bakteri yang dilakukan meliputi morfologi koloni dan sel bakteri. Pengamatan morfologi koloni bakteri dilakukan secara langsung dengan melakukan pengamatan warna, *opacity*, *form*, *elevasi*, *margin* dan permukaan koloni bakteri. Karakteristik morfologi koloni bakteri yang tumbuh di media padat tersebut ditentukan berdasarkan bentuk koloni bakteri merujuk pada Leboffe (2012). Pengamatan morfologi sel dilakukan secara mikroskopik dengan menggunakan metode pewarnaan gram.



Gambar 1 Peta lokasi pengambilan sampel di tambak garam tradisional Pamekasan

Pewarnaan Gram Bakteri Halofilik Ekstrim

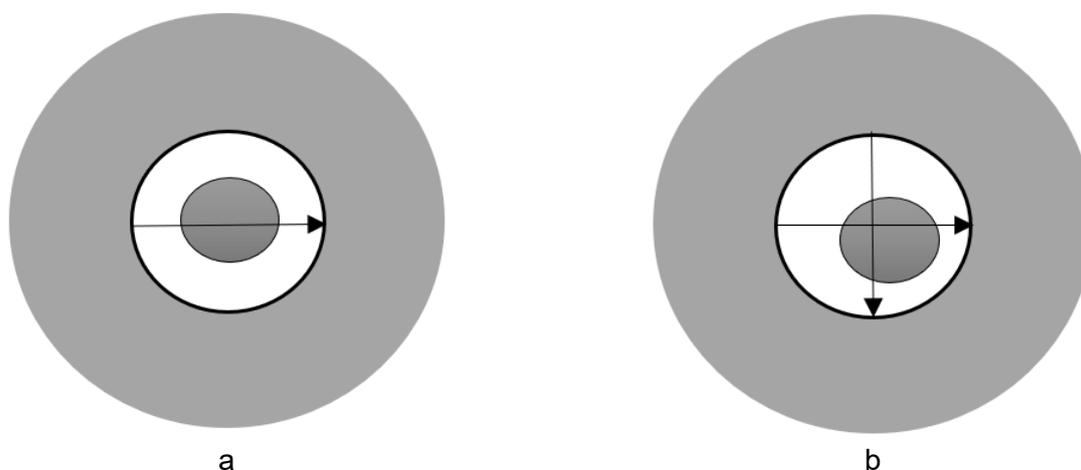
Pewarnaan gram bakteri merupakan metode karakterisasi bakteri secara mikroskopik yang digunakan untuk mengetahui morfologi sel bakteri dan sifat gramnya (Wulandari dan Purwaningsih 2019). Uji gram bakteri yang pertama dilakukan preparasi preparat. Preparat dibersihkan menggunakan alcohol, kemudian panaskan jarum ose hingga memerah. Jarum ose yang telah panas ditetesi aquades, kemudian digoreskan pada preparat. Panaskan jarum ose lagi hingga memerah kemudian ambil 1 lup isolat murni dan digoreskan secara membulat pada preparat, kemudian dikeringkan dengan cara dilewatkan diatas api bunsen. Preparat yang telah kering dan membentuk lingkaran isolat, kemudian di tetesi kristal violet sebanyak 1-2 tetes selama 1 menit selanjutnya dibilas dengan aquades. Isolat kemudian ditetesi dengan lugol sebanyak 1-2 tetes selama 1 menit kemudian dibilas dengan aquades dan guyur acetone alkohol untuk meluruhkan warna ungu selanjutnya ditetesi safranin sebanyak 1-2 tetes dan dibiarkan selama 1 menit kemudian dibilas dengan aquades. Isolat yang telah selesai pewarnaan gram diamati dibawah mikroskop binokuler CX43RF dengan digital kamera tipe MDCE-5C.

Uji Aktivitas Isolat Halofilik Ekstrim Terhadap *Salmonella* sp.

Uji aktivitas isolat bakteri halofilik ekstrim terhadap bakteri *Salmonella* sp. dilakukan menggunakan metode difusi disk mengacu pada Trianto *et al.*, (2019). Tahap ini dimulai dengan mengkultur isolat bakteri murni dengan cara menshaker isolat bakteri menggunakan media cair selama 2x24 jam. Hasil pengkulturan bakteri diisolasi pada media padat yang selanjutnya diletakkan kertas cakram steril. Kertas cakram steril dibasahi dengan isolat bakteri halofilik ekstrim sebanyak 3 μ L, kemudian diinkubasi selama 2x24 jam. Zona hambat yang terbentuk diukur menggunakan jangka sorong. Pengukuran zona hambat bakteri dilakukan berdasarkan bentuk bulatan yang dihasilkan oleh agen zona hambat (Gambar 2). Pengukuran diameter zona hambat terbentuk yang bulat sempurna menggunakan pengukuran berdasarkan Oroh *et al.*, (2015). Metode pengukuran zona hambat yang tidak terbentuk bulat penuh dilakukan dengan cara merata-rata diameter yang terbentuk (Widiana *et al.*, 2011). Berikut cara pengukuran zona hambat menurut Oroh *et al.*, (2015) dan Widiana *et al.*, (2011).

Analisa Data

Analisa data pada penelitian ini yaitu dengan mengukur besaran diameter zona hambat pada setiap sampel. Menurut Oroh *et al.*, (2015) mengkategorikan besaran zona hambat menjadi 4 kategori yang disajikan dalam Tabel 1.



Gambar 2. Metode pengukuran zona hambat bakteri: a) Zona hambat terbentuk bulat penuh (Oroh *et al.*, 2015) dan b) Zona hambat tidak terbentuk bulat (Widiana *et al.*, 2011)

Tabel 1 Kategori besaran zona hambat antibakteri

Ukuran diameter (mm)	Kategori
>20	Sangat Kuat
10-20	Kuat
5-10	Sedang
<5	Lemah

Sumber: Oroh *et al.*, 2015

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif yang disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Data tersebut dinarasikan berdasarkan hasil yang dilengkapi dengan literatur yang berkaitan dan mendukung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi garam secara tradisional yang dilakukan oleh masyarakat pesisir di Desa Tanjung Kecamatan Pademawu Kabupaten Pamekasan-Madura umumnya dilakukan mulai dari pengambilan air baku di laut yang dialirkan di kolam penampungan atau yang dikenal dengan istilah *bouzem/reservoir*. Air baku yang telah terkumpul di *bouzem*, kemudian dialirkan menuju ke kolam peminihan dan berakhir di meja kristalisasi. Salah satu mikroorganisme yang mampu hidup pada lingkungan air produksi garam tradisional ini adalah bakteri halofilik. Bakteri halofilik terbagi atas 3 kelompok yaitu halofilik rendah (*slight halophiles*) hidup pada kadar NaCl 0,2-0,5 M, halofilik sedang (*moderate halophiles*) hidup pada kadar NaCl 0,5-2,5 M dan halofilik ekstrim (*extreme halophiles*) hidup pada kadar NaCl 2,5-5,2 M (Oren 2008).

Karakteristik isolat bakteri halofilik dapat diidentifikasi dengan mengetahui morfologi (warna, *form*, *elevasi*, *margin* dan permukaan) dan gram bakteri. Karakteristik isolat bakteri halofilik ekstrim yang dikultur dari sampel diidentifikasi secara morfologi koloni disajikan dalam Tabel 2 dan Gambar 3.

Identifikasi koloni bakteri halofilik ekstrim (*extreme halophiles*) banyak ditemukan berwarna merah muda, merah dan orange kemerahan dengan transparansi tidak transparan (Gambar 1.3). Koloni tersebut kebanyakan berbentuk *circular* dengan *elevasi* raised hingga *convex*. Koloni halofilik ekstrim (*extreme halophiles*) bermargin *entire* dan permukaan koloni halus dan mengkilap. Seluruh koloni bakteri memiliki perbedaan yang paling dominan yaitu warna merah. Warna merah menandakan bakteri tersebut bakteri halofilik ekstrim (*extreme halophiles*). Bakteri halofilik ekstrim (*extreme halophiles*) merupakan bakteri yang dapat tumbuh pada media garam dengan konsentrasi 2,5-5,2 M (Oren 2008). Bakteri halofilik memiliki karakteristik yaitu berpigmen merah (Oren 2002). Warna merah yang dimiliki bakteri halofilik bermanfaat sebagai sumber karotenoid yang mempercepat laju penguapan air (Castro *et al.*, 2018). Karakteristik tersebut merupakan karakter unik bakteri halofilik.

Bakteri halofilik yang telah diidentifikasi kemudian dipurifikasi dengan tujuan untuk menghasilkan isolat bakteri halofilik murni. Tujuan dari purifikasi yaitu memisahkan koloni bakteri menjadi satu isolat yang benar-benar murni (Ayuningrum *et al.*, 2020). Hasil purifikasi bakteri halofilik ekstrim sebanyak 2 isolat yaitu P.MK.4 dan P.MK.6 (Gambar 4). Budiharjo *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa bakteri halofilik ekstrim tumbuh optimal pada kadar NaCl 20-30%

Isolat murni bakteri halofilik ekstrim kemudian di uji pewarnaan gram. Pewarnaan gram bakteri merupakan metode karakterisasi bakteri secara mikroskopik yang digunakan untuk mengetahui morfologi sel bakteri dan sifat gramnya (Wulandari dan Purwaningsih 2019) Isolat bakteri halofilik yang telah murni selanjutnya diuji gram. Uji gram dilakukan untuk mengetahui gram bakteri dengan ketentuan warna ungu untuk bakteri gram positif dan warna merah untuk bakteri gram negatif. Bakteri bergram positif karena bakteri tersebut mengikat warna kristal violet dengan kuat sedangkan bakteri gram negatif mengikat warna safranin dengan kuat (Wantania *et al.*, 2016). Berikut hasil uji gram bakteri disajikan pada (Gambar 5).

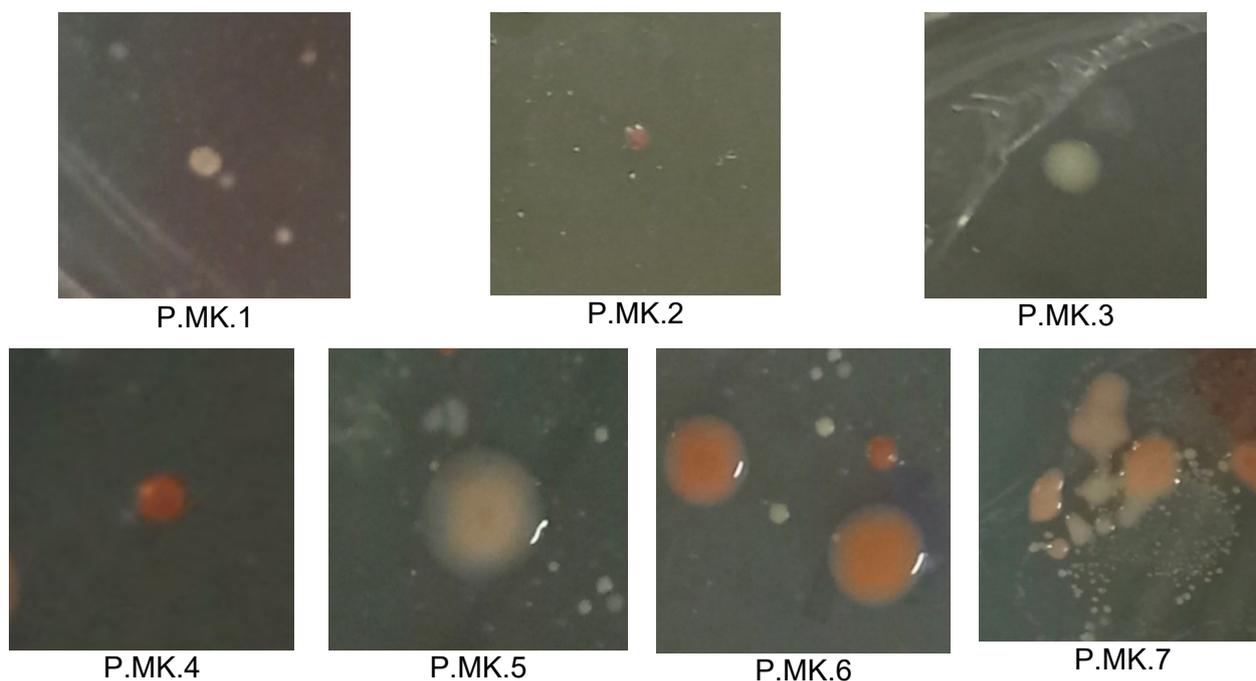
Hasil uji gram bakteri halofilik ekstrim yaitu bakteri gram negatif dengan bentuk sel basil pendek. Kelompok bakteri gram negatif memiliki persentase lipid dan lemak yang lebih tinggi

dibandingkan kelompok bakteri gram positif (Sударsono, 2008), karena kelompok bakteri gram negatif ini umumnya memiliki peptidoglikan yang lebih tipis dibandingkan kelompok bakteri gram positif (Sunatmo, 2007). Fitri *et al.*, (2022) menyatakan bahwa bakteri halofilik memiliki gram yang bervariasi yaitu gram negatif dan positif, selain itu bakteri halofilik juga memiliki karakter 75-85% terdapat flagel dan berbentuk batang.

Tabel 2 Identifikasi morfologi koloni bakteri halofilik ekstrem

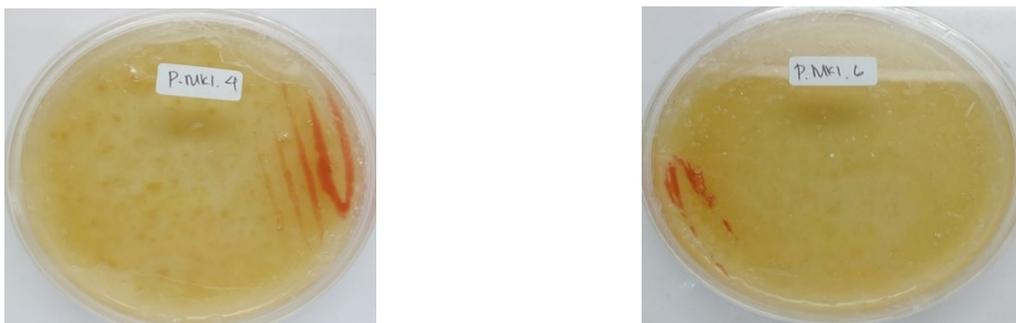
Kode Isolat	Morfologi Koloni Bakteri		
	Warna dan <i>opacity</i>	Form dan <i>Elevasi</i>	<i>Margin</i> dan Permukaan
P.MK.1	Putih Kemerahan, tidak transparan	<i>Circular, Convex</i>	<i>Entire</i> , Halus
P.MK.2	Merah muda, transparan	<i>Irregular, Raised</i>	<i>Entire</i> , Halus dan Berkilau
P.MK.3	Putih tulang, tidak transparan	<i>Circular, Convex</i>	<i>Entire</i> , Halus
P.MK.4	Merah, tidak transparan	<i>Circular, convex</i>	<i>Entire</i> , Halus dan Berkilau
P.MK.5	Putih Kemerahan, tidak transparan	<i>Circular, Raised</i>	<i>Entire</i> , Halus dan Berkilau
P.MK.6	Orange kemerahan, tidak transparan	<i>Circular, Raised</i>	<i>Entire</i> , Halus dan Berkilau
P.MK.7	Kuning Kemerahan, tidak transparan	<i>Irregular, Raised</i>	<i>Entire</i> , Halus dan Berkilau

Keterangan: P.MK = Pamekasan Meja Kristalisasi Isolat halofilik ekstrem adalah isolat bakteri halofilik ekstrem dari air meja kristalisasi.

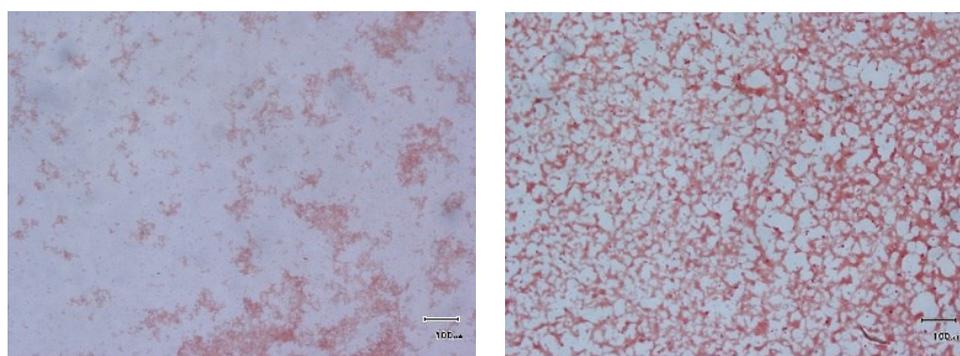


Gambar 3. Koloni bakteri halofilik ekstrem

Keterangan: P.MK.1: Pamekasan Meja Kristalisasi Isolat halofilik ekstrem 1; P.MK.2: Pamekasan Meja Kristalisasi Isolat halofilik ekstrem 2; P.MK.3: Pamekasan Meja Kristalisasi Isolat halofilik ekstrem 3; P.MK.4: Pamekasan Meja Kristalisasi Isolat halofilik ekstrem 4; P.MK.5: Pamekasan Meja Kristalisasi Isolat halofilik ekstrem 5; P.MK.6: Pamekasan Meja Kristalisasi Isolat halofilik ekstrem 6; P.MK.7: Pamekasan Meja Kristalisasi Isolat halofilik ekstrem 7



Gambar 4. Hasil purifikasi isolat bakteri ekstrim (*extreme halophiles*)



P.MK.4 (-) Basil pendek

P.MK.6 (-) Basil pendek

Gambar 5. Hasil pewarnaan gram isolat bakteri halofilik ekstrim (*extreme halophiles*)

Aktivitas isolat bakteri halofilik terhadap bakteri *Salmonella* sp. dimulai dengan mengkultur bakteri halofilik ekstrim dan *Salmonella* sp. dalam media cair dan di shaker selama 3x24 jam. Waktu yang sedikit lama pada saat pengkulturan dikarenakan adanya adaptasi lingkungan oleh bakteri halofilik ekstrim. Oren *et al.*, (2006) menyatakan bahwa bakteri halofilik tumbuh dengan berbagai kondisi salinitas dan juga kepekatan air laut. Isolat yang telah dikultur diisolasi pada media padat yang disebar yaitu bakteri *Salmonella* sp. sebanyak 100 µL dan diisi 5 kertas cakram yang terdiri atas 3 kali pengulangan isolat bakteri halofilik sebanyak 3 µL, 1 kontrol negatif dan 1 kontrol positif. Isolat yang telah diisolasi selanjutnya diinkubasi selama 2x 24 jam dengan suhu 37°C. Zona hambat merupakan zona terbentuknya antibakteri yang dapat diartikan sebagai zat penghambat atau mematikan pertumbuhan bakteri tertentu. Hasil pengukuran zona hambat ditampilkan pada Tabel 3.

Hasil uji zona hambat diketahui bahwasannya isolat bakteri halofilik ekstrim termasuk kategori lemah sesuai dengan pengkategorian zona hambat menurut Oroh *et al.*, (2015) yang menunjukkan jika <5 mm termasuk kategori lemah. Daya hambat pada isolat ekstrim halofilik tergolong lemah dikarenakan bakteri halofilik ekstrim tumbuh optimal pada kadar NaCl yang tinggi, sehingga memerlukan waktu sedikit lama untuk beradaptasi dengan media yang telah disediakan. Menurut Yuliana *et al.*, (2019) bahwa pertumbuhan bakteri terdapat 4 fase yaitu *fase lag*, *fase log*, *fase stasioner* dan *fase kematian*. Hasil pengujian yang diperoleh didapatkan fenomena bahwa bakteri halofilik ekstrim yang kultur pada media tidak menunjukkan indikasi pertumbuhan maksimal pada hari ke-2 pasca kegiatan kultur dilakukan. Indikasi pertumbuhan maksimum atau dikenal istilah *fase stasioner* pada bakteri ekstrim halofilik pada hari ke-3. *Fase stasioner* atau percepatan pertumbuhan ini merupakan kondisi dimana bakteri dalam kondisi mengalami pertumbuhan yang stabil (Yuliana *et al.*, 2019) ditandai dengan kekeruhan pada media (Sumarno 2000).

Tabel 3. Aktivitas zona hambat bakteri halofilik terhadap *salmonella* sp.

Kode isolat	Diameter (mm)	Kategori
P.MK.4	4,28	Lemah
C+	31	Sangat kuat
C-	0	-
P.MK.6	2,45	Lemah
C+	28	Sangat kuat
C-	0	-

Keterangan: P.MK = Pamekasan Meja Kristalisasi Isolat halofilik ekstrim adalah isolat bakteri halofilik ekstrim dari air meja kristalisasi; C+ = Kontrol positif; C- = Kontrol negatif

Hasil yang diperoleh dari penelitian juga dialami dari penelitian Yulianti (2016) yang menyatakan bahwa Bakteri *Salmonella* sp. masuk pada *fase stasioner* pada hari kedua dengan ditandai keruhnya media pengkulturan. Hasil penelitian Yulianti (2016) menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri *Salmonella* sp. dipengaruhi juga oleh suhu. Bakteri *Salmonella* sp. tumbuh optimal dengan suhu 35-37°C. Fenomena lain yang didapatkan dari hasil penelitian ini juga didapatkan bahwa ada perbedaan waktu pertumbuhan bakteri halofilik ekstrim membutuhkan waktu yang sedikit lama dengan pertumbuhan bakteri *Salmonella* sp. Perlambatan pertumbuhan bakteri halofilik ekstrim menghasilkan zona hambat lemah dikarenakan pada saat bakteri *Salmonella* sp. masuk pada *fase stasioner* sedangkan bakteri halofilik ekstrim memasuki *fase log* atau pertumbuhan yang signifikan namun belum terdapat metabolit sekunder (Yulianti 2016), sehingga belum terdapat senyawa antibiotik untuk melawan bakteri *Salmonella* sp.

KESIMPULAN

Isolat bakteri halofilik ekstrim dari meja kristalisasi garam tradisional Pamekasan memiliki potensi untuk menghambat aktivitas bakteri *Salmonella* sp. dengan kisaran zona hambat berdiameter 4,28 mm dan 2,45 mm. Kisaran daya hambat bakteri haofilik termasuk kategori lemah diduga karena bakteri halofilik ekstrim membutuhkan waktu lebih lama untuk dapat tumbuh optimal pada media dengan kadar NaCl yang tinggi yang telah disediakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Trunojoyo Madura melalui Program Hibah Penelitian Mandiri UTM 2021 dengan nomor kontrak penelitian: 3217/UN46.4.1/PT.01.03/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuningrum, D., Rhesi, K., & Meezan, A.A., 2020. Potensi Bakteri Asosiasi Tunikata sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri Guna Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Multidrug Resistant*. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2):102–107. DOI: 10.14710/pasir laut.2020.32807.
- Budiharjo, R., Sarjono, R., & Asy'ari, D.M., 2017. Pengaruh Konsentrasi NaCl Terhadap Aktivitas Spesifik Protease Ekstraseluler dan Pertumbuhan Bakteri Halofilik Isolat Bittern Tambak Garam Madura. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(3):142-145. DOI: 10.14710/jksa.20.3.142-145
- Castro, G.S., Moyo, A.C., Khumalo, L., Petrik, L.F., & Trindade, M., 2018. Factors Influencing Pigment Production by Halophilic Bacteria and Its Effect on Brine Evaporation Rates. *Microbial Biotechnology*, 12(2):334-345. DOI: 10.1111/1751-7915.13319
- Fitri, D.A., Asih, E.N.N., Kartika, A.G.D., Agustina, N., Fadloli, B., Dewi, K., & Makhfud, E., 2022. Morphological Characteristics of Halophilic Bacteria in Tradisional Salt Production. *Journal of Marine Resources and Coastal Management*, 3(1):1-7. DOI: 10.29080/mrcm.v3i01.1360
- Hassanshahian, M., & Jafar, M., 2011. Isolation and Characterization of *Halobacterium salinarum* from Saline Lakes in Iran. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 4(12):59-65.

- Hatmanti, A.N.R., & Dewi, J., 2009. Screening Bakteri Penghambat untuk Bakteri Penyebab Penyakit pada Budi Daya Ikan Kerapu dari Perairan Banten dan Lampung. *Makara Sains*. DOI:10.7454/mss.v13i1.395.
- Ijong, F.G., 2015. Mikrobiologi dan Kelautan. Jakarta: Rineka Cipta.
- Leboffe, M.J., & Pierce, B.E., 2012. Brief Microbiology. Laboratory Theory & Application 2nd Edition. Englewood: Morton Publishing.
- Malik, R.A., Nilawati, N., Handayani, N.I., Rame, R., Djayanti, S., Pratiwi, N.I., & Setianingsih, N.I. 2019. Aplikasi Bakteri Halofilik Berwarna Merah Terimmobilisasi dalam Meningkatkan Kualitas Garam dalam Proses Produksi Garam. *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek) Ke-4*.
- Marihati., Harihastuti, N., Muryati., Nilawati., Eddy, S., & Danny, H., 2014. Penggunaan Bakteri Halofilik sebagai Biokatalisator Untuk Meningkatkan Kualitas dan Produktifitas Garam NaCl di Meja Kristalisasi. *Jurnal Riset Industri*, 8(3):191-196.
- Mogea, R.N., 2006. Kualitas Perairan Pesisir Selatan Pulau Bunaken Ditinjau dari Kondisi Bakteriologis. *Jurnal Natural*, 5(1):23-27. DOI:10.30862/jn.v5i1.703
- Narumi, E.H., Zuhriansyah., & Mustofa, I., 2009. Pollution Detection of *Salmonella sp.* to Fresh White Shrimp (*Panaeus merguensis*) at Traditional Market of Surabaya Residence. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 1(1):87-91. DOI: 10.20473/jipk.v1i1.11703.
- Oren, A., 2008. Microbial Life at High Salt Concentrations: Phylogenetic and Metabolic Diversity. *Saline System (Biomed Central)*, 4(2):1-13. DOI: 10.1186/1746-1448-4-2.
- Oroh, S.B., Kandou, F.E.F., Pelealu, J., & Pandiangan, D., 2015. Uji Daya Hambat Ekstrak Methanol *Selaginella delicatula* dan *Diplazium dilatatum* Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherecia coli*. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(1):53-57. DOI: 10.35799/jis.15.1.2015.8238.
- Sabdaningsih, A., & Arina, L.T., 2020. Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Bakteri Halofilik dari Bledug Kuwu, Kabupaten Grobogan. *Bioma*, 22(1):46-52. DOI:10.14710/bioma.22.1.46-52.
- Standar Nasional Indonesia. 2009. SNI 7388 Batas Maksimum Cemaran Mikroba pada Pangan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Sudarsono, A., 2008. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri pada Ikan Laut dalam Spesies Ikan Gindara (*Lepidocibium flavobronneum*). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sunatmo, T.I., 2007. Eksperimen Mikrobiologi dalam Laboratorium. Bogor: Penerbit Ardy Agency.
- Sutiknowati, I.L., 2014. Kualitas Perairan Tambak Udang Berdasar Parameter Mikrobiologi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(1):157-170. 10.28930/jitkt.v6i1.8638
- Trianto, A., Nirwani., Susanti, O., Maesaroh, D., & Radjasa, O.K., 2019. The Bioactivity of Bacterium and Fungi Living Associate with The Sponge *Reniera sp.* Against Multidrug-Resistant *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Biodiversitas*, 20(8):2302-2307. DOI: 10.13057/biodiv/d200827.
- Wantania, L.L., Ginting, E.L., & Wullur, S., 2016. Isolasi Bakteri Symbion dengan Spons dari Perairan Tongkeina, Sulawesi Utara. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 3(1):57-65.
- Waluyo, L., 2007. Mikrobiologi Umum. Malang: UMM Press.
- Wahyuni, Y., Jamilah, I., & Suryanto, D., 2017. Isolation of Opportunistic Pathogen Bacteria from North Sumatera Shrimp Aquaculture. *Jurnal Agrohitia*, 1(2):71-75.
- Widiana, R., Indriati, G., & Harsinta, N., 2011. Daya Hambat Ekstrak Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Penyebab Diare. *Jurnal Saintek*, 3 (1): 60-64.
- Wulandari, D., & Purwaningsih, D., 2019. Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri amilolitik pada Umbi *Colocasia esculenta L.* Secara Morfologi, Biokimia dan Molekuler. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 4(2):247-258.
- Yuliana, C., Hertadi, R., & Wahyuningrum, D., 2019. Produksi dan Optimasi Biosurfaktan dari Bakteri Halofilik *Chromohalobacter japonicus* BK-AB18. *CHEESA (Cemical Engeneering Research Articals)*, 2(2):56-65. DOI: 10.25273/cheesa.v2i2.5410.
- Yulianti., 2016. Pertumbuhan Bakteri *Salmonella Sp.* dengan Variasi Konsentrasi Jahe (*Zingiber Officinata*) pada Telur Asin. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.