

**ISOLASI BAKTERI ASOSIASI BULU BABI *Diadema setosum*
YANG BERASAL DARI PERAIRAN PULAU KODINGARENG
LOMPO, KOTA MAKASSAR**

SKRIPSI

FITRIANI



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**ISOLASI BAKTERI ASOSIASI BULU BABI *Diadema setosum*
YANG BERASAL DARI PERAIRAN PULAU KODINGARENG
LOMPO, KOTA MAKASSAR**

**FITRIANI
L011171024**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi
Ilmu Kelautan, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan
Perikanan Universitas Hasanuddin



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**ISOLASI BAKTERI ASOSIASI BULU BABI *Diadema setosum* YANG BERASAL
DARI PERAIRAN PULAU KODINGARENG LOMPO, KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

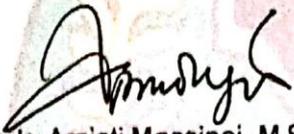
**Fitriani
L011171024**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan
Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 15 Juli 2022
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Ir. Arniati Massinai, M.Si
NIP. 19660614 199103 2 016


Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc
NIP. 19670826 199103 2 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan



Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc. Stud
NIP. 19690706 199512 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fitriani
Nim : L011171024
Program Studi : Ilmu Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini skripsi dengan judul :

“Isolasi Bakteri Asosiasi Bulu Babi *Diadema setosum* Yang Berasal Dari Perairan Pulau Kodingareng Lompo, Kota Makassar”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 15 Juli 2022

Yang Menyatakan



PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fitriani
NIM : L011171024
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai author dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan Skripsi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 15 Juli 2022

Mengetahui,

Ketua Departemen Ilmu Kelautan,




Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc. Stud
NIP. 19690706 199512 1 002

Penulis,


Fitriani
NIM. L011171024

ABSTRAK

Fitriani. L011171024. “Isolasi Bakteri Asosiasi Bulu Babi *Diadema setosum* Yang Berasal Dari Perairan Pulau Kodingareng Lompo, Kota Makassar” dibimbing oleh **Arniati Massinai** sebagai Pembimbing Utama dan **Shinta Werorilangi** sebagai Pembimbing Anggota.

Umumnya organisme di laut hidup berasosiasi dengan bakteri, salah satunya bulu babi *Diadema setosum*. Diketahui bahwa bakteri asosiasi bisa saja memiliki kandungan bioaktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bakteri yang berasosiasi pada bulu babi *Diadema setosum* yang berasal dari Perairan Kodingareng Lompo, Kota Makassar. Isolasi bakteri asosiasi dilakukan dengan mengambil sampel bulu babi, dicuci dengan air laut, kemudian hancurkan menggunakan blender. Dilakukan pengenceran hingga 10^{-3} . Hasil pengenceran kemudian diinokulasikan pada medium NA dengan metode *Spread plate* (sebar). Karakteristik morfologi koloni dan sel bakteri dilakukan dengan pengamatan dan pewarnaan Gram pada isolat. Identifikasi bakteri simbiosis dilakukan dengan menggunakan alat Vitek MS. Hasil penelitian ini menghasilkan 5 jenis bakteri asosiasi bulu babi *Diadema setosum* yaitu; *Escherichia coli*, *Staphylococcus cohnii ssp urealyticus*, *Vibrio harveyi*, *Bacillus altitudinis / pumilus*, dan *Vibrio alginolyticus*.

Kata kunci: Bakteri Asosiasi, Bulu babi, *Diadema setosum*, Kodingareng Lompo

ABSTRACT

Fitriani. L011171024. "Isolation of sea urchin diadema setosum association bacteria from the waters of the island of Kodingareng Lompo, Makassar city" supervised by **Arniati Massinai** as the main supervisor and **Shinta Werorilangi** as the co-supervisor.

Generally, organisms in the sea live in association with bacteria, one of which is the sea urchin *Diadema setosum*. It is known that the associated bacteria may have bioactive properties. This study aims to determine the bacteria associated with sea urchins *Diadema setosum* originating from the Kodingareng Lompo waters, Makassar City. Isolation of association bacteria was carried out by taking samples of sea urchins, washed with sea water, then crushed using a blender. The dilution was carried out up to 10⁻³. The results of the dilution were then inoculated on the NA medium using the Spread plate method. The morphological characteristics of bacterial colonies and cells were carried out by observing and Gram staining on the isolates. Identification of symbiont bacteria was carried out using the Vitek MS tool. The results of this study produced 5 types of sea urchin association bacteria *Diadema setosum*, namely; *Escherichia coli*, *Staphylococcus cohnii* ssp *urealyticus*, *Vibrio harveyi*, *Bacillus altitudinis* / *pumilus*, and *Vibrio alginolyticus*.

Keywords: Association Bacteria, Sea urchins, *Diadema setosum*, Kodingareng Lompo

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT atas berkah dan anugerah-Nya serta kasih sayang-Nya yang tiada henti-hentinya khususnya kepada penulis dan keluarga penulis, hingga saat ini. Sehingga penulis masih diberikan kesehatan dan kesempatan untuk menyelesaikan penelitian yang berjudul "**Isolasi Bakteri Asosiasi Bulu Babi *Diadema setosum* Yang Berasal dari Perairan Pulau Kodingareng Lompo, Kota Makassar**" sebagai syarat kelulusan di Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin.

Penghormatan dan terima kasih yang sedalam-dalamnya penulis persembahkan kepada kedua orangtuaku, Ayahanda **Karyamuddin** dan Ibunda **Naharia** yang telah bersedia dengan ikhlas memberikan segala dukungan baik itu materi maupun non materi selama kuliah dan mendidik penulis dalam menimba ilmu pengetahuan sampai kepada penyelesaian studi di Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih yang sangat tulus mendalam kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis mulai dari awal perkuliahan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

1. Kepada Ibu **Dr. Ir. Arniati Massinai, M.Si** selaku pembimbing utama dan Ibu **Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc** selaku pembimbing ke-dua dan sekaligus penasehat akademik yang selalu memberikan nasehat serta saran dalam menyelesaikan tulisan ini.
2. Kepada penguji yaitu Bapak **Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si** dan Bapak **Dr. Ir. Muh. Farid Samawi, M.Si** yang memberikan kritik dan saran yang sangat membangun dan membantu dalam penulisan skripsi ini.
3. Kepada bapak **Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc. Stud** selaku Ketua Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.
4. Kepada seluruh **Dosen Program Studi Ilmu Kelautan**, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.
5. Kepada Kak **Novi** yang membantu penulis dalam analisis sampel di Balai Besar Laboratorium Kesehatan.
6. Kepada saudaraku **Haerwin, Muhammad Shaini**, dan **Indra Karyamuddin** yang senantiasa selalu mendukung dan memberi semangat.
7. Kepada teman perjuangan **A. Afdalul Rijal, A. Amelia Novitasari, Desi Ramdhayani Usra, Ermysuari, Fahmi Djunaid, Pricilia Gaby Angelica**, dan **Yoseva** yang membantu saya selama penelitian berlangsung.

8. Kepada sahabatku **EMPTY A. Amelia Novitasari, Desi Ramdhayani Usra, Ermysuari, Isnaeni Arifin, Pricilia Gaby Angelica, Shaqila Adelia,** dan **Yoseva** yang selalu setia menemani saya baik suka maupun duka dan mendengar keluh kesah saya.
9. Kepada teman seperjuangan saya **KLASATAS** yang selalu mewarnai hidup saya semasa perkuliahan.
10. Teruntuk **Diri saya sendiri** terima kasih banyak karena telah mampu melewati berbagai macam rintangan disaat proses penyelesaian skripsi dan bertahan pada ombak yang datang silih berganti.

Masih sangat banyak orang-orang yang membantu dalam menyelesaikan tulisan ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Penulis mengetahui jika tanpa bantuan kalian semua maka tulisan ini tidak akan pernah mencapai akhir yang baik, oleh karena itu sekali lagi penulis ucapkan **TERIMA KASIH** yang teramat dalam, tanpa kalian semua tidak akan ada artinya.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan pada tanggal 14 November 1999 di Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan. Anak ke-empat dari empat bersaudara dari pasangan Karyamuddin dan Naharia. Pada tahun 2011 lulus dari SDN 161 Pinrang, tahun 2014 lulus dari SMPN 5 Pinrang, dan tahun 2017 lulus dari SMKN 2 Pinrang. Pada tahun 2017, melalui jalur undangan (SNMPTN) penulis berhasil diterima pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Selama kuliah di Jurusan Ilmu Kelautan, penulis pernah menjadi asisten Laboratorium pada beberapa mata kuliah seperti Oseanografi Kimia, Mikrobiologi Laut dan Bioremediasi. Selain itu, penulis juga aktif pada berbagai organisasi diantaranya Bada Pengurus Harian Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan FIKP-UH (BPH KEMA-JIK FIKP-UH) dengan posisi anggota Departemen Kesekretariatan Periode 2019/2020. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Islam Komisariat Ilmu dan Teknologi Kelautan (HMI-ITK) sebagai anggota Bidang Pemberdayaan Perempuan Periode 2020/2021 serta penulis pernah menjadi Bendahara KOHATI HMI ITK Periode 2021/2022, dan Unit Kegiatan Mahasiswa Panahan Unhas (UKMP) sebagai Anggota.

Pada tahun 2020, penulis melaksanakan salah satu tridarma perguruan tinggi yaitu pengabdian masyarakat dengan mengikuti Kuliah kerja Nyata (KKN) gelombang 105, di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Pada tahun yang sama, penulis melakukan Magang di Dinas Kelautan dan Perikanan di Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan.

Akhirnya, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi, pada tahun 2022 penulis melakukan penelitian dengan judul “Isolasi Bakteri Asosiasi Bulu Babi *Diadema setosum* Yang Berasal Dari Perairan Pulau Kodingareng Lompo, Kota Makassar”.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PERNYATAAN AUTHORSHIP	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
BIODATA PENULIS	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Bioekologi Bakteri	3
B. Bakteri Asosiasi.....	11
C. Bioekologi bulu babi.....	13
D. Identifikasi bakteri	15
1. Pengenceran	15
2. Inokulasi	15
3. Pemurnian (Pewarnaan Gram, Pengamatan Mofologi Sel).....	17
4. Identifikasi Bakteri Asosiasi	18
E. Pulau Kodingareng Lombo	18
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
A. Waktu Dan Tempat	20
B. Alat Dan Bahan	20

C. Metode Penelitian	22
IV. HASIL	26
A. Gambaran Umum Lokasi.....	26
B. Karakteristik Morfologi Koloni dan Sel Isolat Bakteri Asosiasi Bulu Babi <i>D. setosum</i>	27
C. Bakteri Asosiasi Bulu Babi <i>D. setosum</i>	28
D. Data Parameter Lingkungan.....	29
V. PEMBAHASAN	30
A. Karakteristik Morfologi Koloni dan Sel Isolat Bakteri Asosiasi Bulu Babi <i>D. setosum</i>	30
B. Bakteri Asosiasi Bulu Babi <i>D. setosum</i>	31
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	38
A. Kesimpulan.....	38
B. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Struktur bakteri beserta organel yang terdapat di dalamnya (Karmana, 2008)	3
2. Jenis bakteri berdasarkan jumlah dan letak flagelnya (a) monotrik, (b) lopotrik, (c) amfitrik, (d) peritrik (Setiowati & Furqonita, 2007).....	4
3. Berbagai bakteri bentuk batang (a) basil tunggal, (b) diplobasi, (c) streptobasil (Setiowati & Furqonita, 2007)	5
4. Berbagai bakteri berbentuk bulat (a) monokokus, (b) diplokokus, (c) sterptokokus, (d) stafilokokus, (e) sarkina (Setiowati & Furqonita, 2007)	6
5. Berbagai bakteri berbentuk spiral (a) spiral, (b) vibrio, (c) spiroseta (Setiowati & Furqonita, 2007).....	6
6. Bakteri Gram positif (<i>Bacillus subtilis</i>) dan struktur dinding selnya	7
7. Bakteri Gram negatif (<i>Escherichia coli</i>) dan struktur dinding selnya	7
8. Pembelahan biner pada bakteri (Aryulina <i>et al.</i> , 2006).....	8
9. Grafik suhu untuk pertumbuhan mikroorganisme (Cappucino & Sherman, 2014)	9
10. Grafik pH untuk pertumbuhan bakteri (Cappucino & Sherman, 2014).....	10
11. Morfologi <i>Diadema setosum</i> (Suryanti <i>et al.</i> , 2020).....	14
12. Anatomi struktur dalam <i>Diadema setosum</i> (Suryanti <i>et al.</i> , 2020)	14
13. Inokulasi secara goresan kuadran	16
14. Inokulasi secara goresan sinambung.....	16
15. Inokulasi secara goresan T	17
16. Penampakan sel bakteri setiap perlakuan (Cappucino & Sherman, 2014).....	18
17. Gambaran Lokasi Pulau Kodingareng Lompo	19
18. Peta Lokasi Penelitian	20
19. Gambar Skema kerja isolasi bakteri asosiasi <i>D. setosum</i>	22
20. Cara inokulasi bakteri dengan metode gores T (Ramadhani & Wahyuni, 2020)....	24
21. Proses identifikasi menggunakan Vitek MS	25
22. Morfologi koloni bakteri asosiasi <i>D. setosum</i> : A: Duri, B: Cangkang, dan C: Usus	27
23. Bentuk sel bakteri asosiasi <i>D. setosum</i> yang berasal dari Perairan Pulau Kodingareng Lompo: A: Duri, B: Cangkang, dan C: Usus	28

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Karakteristik ekstrim pertumbuhan bakteri (Munn, 2004).....	9
2. Jenis bakteri yang bersosiasi dengan hewan laut secara permanen (Prescott <i>et al.</i> , 2002)	11
3. Bentuk kontribusi bakteri simbiosis terhadap inangnya (Prescott <i>et al.</i> 2002)	12
4. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian	20
5. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian	21
6. Morfologi Koloni Bakteri Asosiasi Bulu babi <i>D. setosum</i> di Perairan Pulau Kodingareng Lompo.....	27
7. Karakteristik sel bakteri asosiasi <i>D. Setosum</i> dan hasil pewarnaan Gram	27
8. Jenis Bakteri yang bersosiasi yang berasal dari perairan Pulau Kodingareng Lompo	28
9. Parameter lingkungan lokasi pengambilan sampel	29

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Morfologi Koloni Bakteri.....	47
2. Hasil Identifikasi Bakteri Menggunakan Vitek MS.....	48
3. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	57

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bakteri menempati semua relung di dunia ini, termasuk berasosiasi dengan organisme lain. Bentuk asosiasi ada yang bersifat menetap dan ada yang sementara. Bakteri mampu menguraikan material bahan organik yang ada dalam inang menjadi nutrient.

Menurut Abubakar *et al.* (2011), bakteri berasosiasi dengan organisme lain guna untuk dijadikan sebagai tempat hidup dan perlindungan dari predator. Bakteri dapat memberikan kontribusi untuk pertahanan inangnya dengan eksresi antibiotik dan substansi bioaktif lainnya. Tak hanya itu, bakteri juga memberikan sumber nutrisi untuk inangnya (Lesser & Blakemore, 1990).

Penelitian sebelumnya mengenai bakteri asosiasi pada bulu babi laut sudah pernah dilakukan. Sawabe *et al.* (1995) melaporkan adanya bakteri asosiasi (*Vibrio*) pada bulu babi (*Strongylocentrotus intermedius* dan *Strongylocentrotus nudus*) pada Perairan Pantai Okkoido, Jepang. Febrianti & Tresnani (2009) juga melaporkan adanya bakteri asosiasi yaitu genus *Bacillus* pada bulu babi (*Diadema sp.*, *Diadema setosum* dan *Tripneustus gratilla*) di bagian mulut dan ambulakral Di Pantai Mentigi, Lombok Barat. Penelitian lainnya juga menemukan bakteri asosiasi (*Pseudoalteromonas flavipulchra*) pada bulu babi di Perairan Pulau Panjang Jepara (Fofied *et al.*, 2018). Costa *et al.* (2021) menemukan adanya bakteri asosiasi (*Vibrio*) pada bulu babi (*Paracentrotus lividus*) di Perairan Brazil. Namun sejauh pengamatan penulis, penelitian tentang bakteri asosiasi *Diadema setosum* khususnya di Pulau Kodingareng Lompo, Kota Makassar belum pernah dilakukan. Diduga bahwa bakteri yang berasosiasi pada bulu babi bisa saja berbeda jenisnya ketika lingkungannya juga berbeda.

Bakteri asosiasi dapat berperan sebagai sumber makanan, patogen dan atau simbiosis mutualistik. Nurhidayati *et al.* (2015) melaporkan bahwa bakteri yang berasosiasi dengan alga (*Kappaphycus alvarezii*) yaitu satu diantaranya merupakan patogen. Darmayati *et al.* (2010) juga menemukan bakteri patogen pada isolat bakteri dari alga (*Kappaphycus alvarezii*) yaitu *Bacillus*, *Vibrio granii*, *Vibrio agarliquefaciens*, *Pseudomonas nigrifaciens*, dan *Pseudomonas fluorescens*.

Bakteri asosiasi bisa saja memiliki metabolit sekunder, (Proksch *et al.*, 2002) mengatakan bahwa bakteri asosiasi berpotensi memiliki metabolit sekunder sama dengan inangnya. Suryadi & Febrianti (2010) melaporkan adanya aktifitas antibakteri yang dihasilkan bakteri asosiasi (*Bacillus*) pada bulu babi (*Diadema sp.*, *Diadema*

setosum dan *Tripneustus gratilla*). Isolat bakteri berasal dari bagian cangkang, duri, dan bagian organ dalam. Bakteri asosiasi pada organisme laut lainnya juga memiliki potensi metabolit sekunder, diantaranya; Pringgenies (2010) melaporkan bahwa isolat bakteri aktif yang diperoleh dari moluska (*Conus miles*, *Stramonita armigera*, dan *Cymbiola vespertilo*) mampu menghasilkan senyawa antibakteri seperti inangnya. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Harmawan *et al.* (2012) melaporkan adanya aktivitas antibakteri yang berasal dari bakteri asosiasi pada gastropoda terhadap bakteri *multi drug resistant*. Sartika *et al.* (2008) juga mendapatkan adanya kandungan senyawa antimikroba pada bakteri yang berasosiasi terhadap alga coklat (*Sargassum* sp).

Diadema setosum dapat ditemukan di hampir seluruh perairan di dunia, dari tropis hingga ke daerah kutub. Di daerah tropis, hewan ini dapat ditemukan baik di ekosistem padang lamun hingga terumbu karang. Moka *et al.* (2021) melakukan penelitian mengenai struktur komunitas landak laut di padang lamun Pulau Kodingareng Lompo, dan didapatkan tiga jenis bulu babi di Pulau Kodingareng Lompo, Kepulauan Spermonde. Ketiga jenis landak laut yang ditemukan ini adalah *Diadema setosum*, *Mespilia globulus* dan *Tripneustes gratilla*. Analisis struktur komunitas landak laut di padang lamun Pulau Kodingareng Lompo pada penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi jenis tertinggi adalah jenis *Diadema setosum*. Jenis ini mendominasi dengan nilai 92% dari keseluruhan jumlah sampel yang didapatkan pada penelitian ini.

Bakteri asosiasi untuk satu genus organisme bakteri asosiasinya sama, akan tetapi beberapa penelitian sebelumnya setiap jenis spesies organisme berbeda jenis bakteri asosiasinya. Untuk itu penelitian tentang isolasi bakteri asosiasi pada *Diadema setosum* penting dilakukan.

B. Tujuan Dan Kegunaan

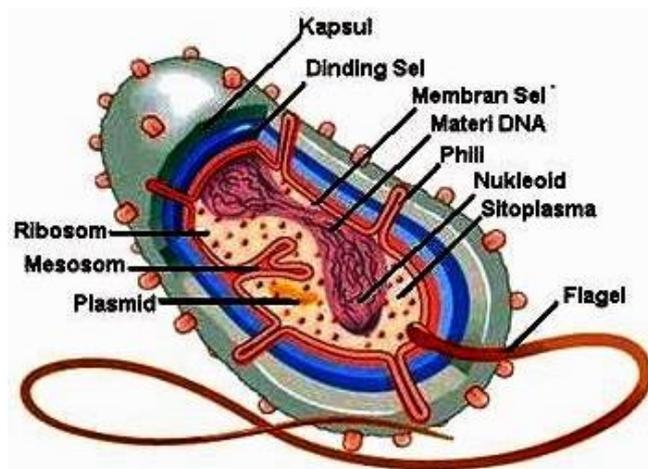
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bakteri asosiasi bulu babi *Diadema setosum* di Perairan Pulau Kodingareng Lompo, Kota Makassar.

Hasil dari penelitian akan digunakan sebagai informasi dasar untuk penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Bioekologi Bakteri

Kata bakteri berasal dari bahasa latin yaitu *Bacterion* yang berarti batang kecil (Munn, 2004) yang merupakan kelompok organisme yang tidak memiliki membran inti sel (Effendi, 2020). Bakteri adalah organisme renik, uniseluler, prokariot, dan umumnya tidak memiliki klorofil (Munn, 2004). Umumnya bakteri dapat ditemukan di berbagai habitat di Bumi, bakteri menjalin hubungan simbiosis dengan makhluk hidup seperti hewan maupun tumbuhan (Munn, 2004; Penesyant *et al.*, 2010). Struktur bakteri secara struktural disajikan pada (Gambar 1)



Gambar 1. Struktur bakteri beserta organel-organel yang terdapat di dalamnya (Karmana, 2008)

1. Membran plasma

Membran plasma merupakan membran yang membatasi sitoplasma dan dinding sel serta tersusun atas lemak dan protein. Membran plasma berfungsi membungkus plasma dan mengatur pertukaran mineral dari sel dan ke luar sel.

2. Dinding sel

Dinding sel bakteri tersusun atas protein yang berikatan dengan polisakarida (peptidoglikan). Dinding sel terletak di luar membran sel. Adanya dinding sel menyebabkan bentuk bakteri menjadi tetap. Dinding sel berfungsi untuk melindungi sel bakteri terhadap lingkungannya.

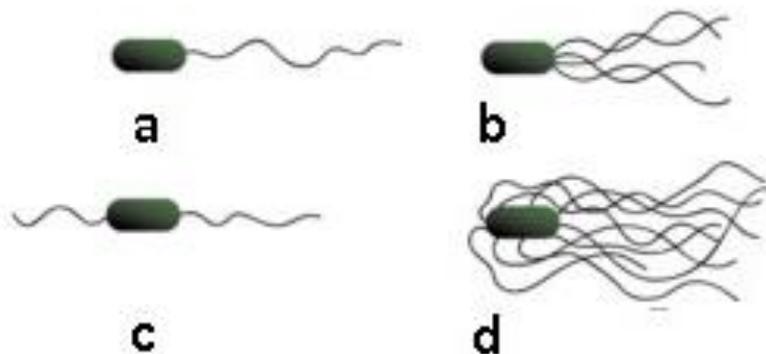
3. Sitoplasma

Sitoplasma merupakan cairan yang terdapat di dalam sel. Setiplasma tersusun atas koloid yang mengandung berbagai molekul organik seperti karbohidrat, lemak, protein, dan mineral. Sitoplasma merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi metabolisme.

4. Bulu cambuk (flagel)

Flagel merupakan alat gerak pada bakteri sehingga membantu bakteri untuk mendekati makanan atau menjauh jika ada racun serta bahan kimia. Berdasarkan jumlah dan letak flagelnya, bakteri dibedakan menjadi 5 (Gambar 2)

- a. Atrik adalah bakteri yang tidak memiliki flagel
- b. Monotrik adalah bakteri yang memiliki banyak flagel pada bagian ujung tubuhnya
- c. Amfitrik adalah bakteri yang memiliki banyak flagel hanya pada kedua bagian ujung tubuhnya
- d. Lopotrik adalah bakteri yang memiliki banyak flagel hanya pada satu ujung tubuhnya
- e. Peritrik adalah bakteri yang memiliki flagel pada seluruh permukaan tubuhnya.



Gambar 2. Jenis bakteri berdasarkan jumlah dan letak flagelnya (a) monotrik, (b) lopotrik, (c) amfitrik, (d) peritrik (Setiowati & Furqonita, 2007)

5. Materi genetik

ADN disebut juga DNA. Bakteri tidak tersebar dalam sitoplasma, tetapi terdapat pada daerah tertentu yang disebut nukleoid. ADN berfungsi mengendalikan sintesis protein bakteri dan merupakan zat pembawa sifat.

6. Ribosom

Ribosom berfungsi dalam sintesis protein. Tersusun atas protein. Tampak kecil melingkar jika dilihat menggunakan mikroskop.

7. Plasmid

Plasmid mengandung gen-gen tertentu, misalnya gen patogen dan gen kebal antibiotik.

8. Kapsul

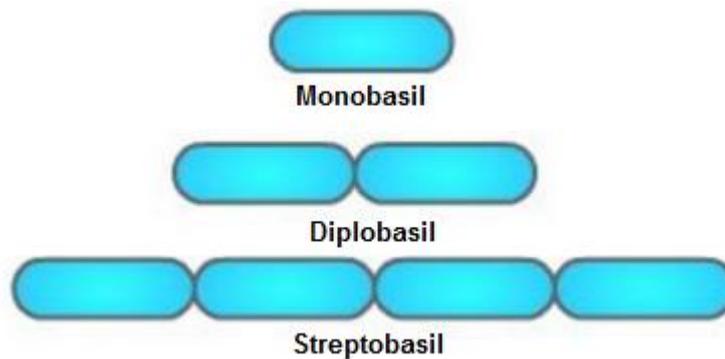
Kapsul merupakan selubung pelindung bakteri yang tersusun atas polisakarida. Hanya bakteri bersifat patogen yang memiliki kapsul. Kapsul berfungsi untuk melindungi diri dari kekeringan.

Bentuk bakteri terbagi atas 3 bentuk dasar yaitu batang (Gambar 3), bulat (Gambar 4), dan spiral (Gambar 5). Berikut diuraikan berbagai bentuk bakteri (Setiowati & Furqonita, 2007).

1. Bakteri berbentuk batang

Terbagi menjadi tiga bentuk yaitu bacil, diplobacil, dan streptobacil.

- a. Bacil tunggal adalah bakteri yang hanya berbentuk satu batang tunggal, misalnya *Escherichia coli*
- b. Diplobacil adalah bakteri berbentuk batang yang bergandengan dua-dua, misalnya *Bacillus subtilis*
- c. Streptobacil adalah bakteri berbentuk batang yang bergandengan membentuk rantai, misalnya *Bacillus anthracis*

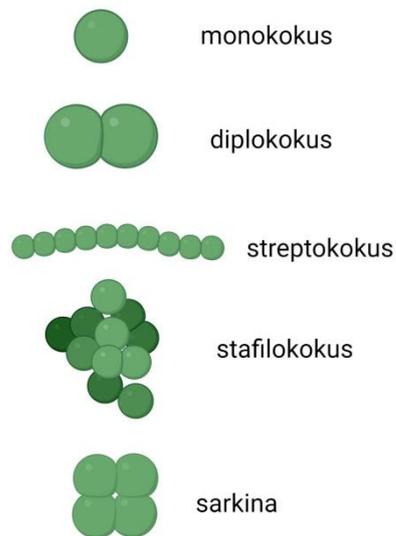


Gambar 3. Berbagai bakteri bentuk batang (a) basil tunggal, (b) diplobasi, (c) streptobasil (Setiowati & Furqonita, 2007)

2. Bakteri berbentuk bulat

Bakteri berbentuk bulat (*coccus*) terbagi menjadi lima bentuk sebagai berikut:

- a. Monococcus adalah bakteri berbentuk bulat tunggal, misalnya *Neisseria gonorrhoeae*
- b. Diplococcus adalah bakteri berbentuk bulat yang bergandengan dua-dua, misalnya *Diplococcus pneumoniae*
- c. Streptococcus adalah bakteri berbentuk bulat yang berkelompok membentuk rantai, misalnya *Streptococcus thermophilus*
- d. Stafilococcus adalah bakteri berbentuk bulat yang berkelompok membentuk seperti buah anggur, misalnya *Staphylococcus aureus*
- e. Sarkina adalah bakteri berbentuk bulat yang berkelompok empat-empat membentuk seperti kubus, misalnya *Sarcina lutea*.

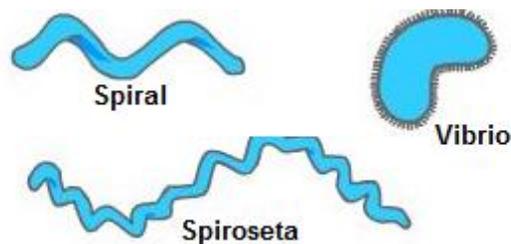


Gambar 4. Berbagai bakteri berbentuk bulat (a) monokokus, (b) diplokokus, (c) sterptokokus, (d) stafilokokus, (e) sarkina (Setiowati & Furqonita, 2007)

3. Bakteri berbentuk spiral

Bakteri berbentuk spiral terbagi menjadi tiga bentuk yaitu sebagai berikut:

- a. Spiral adalah bakteri berbentuk seperti spiral, misalnya *Spirillum volutans*
- b. Vibrio adalah bakteri berbentuk seperti bentuk tanda baca koma, misalnya *Vibrio cholerae*
- c. Spiroseta adalah bakteri berbentuk seperti spiral yang bergerak melengkung, misalnya *Treponema pallidum*



Gambar 5. Berbagai bakteri berbentuk spiral (a) spiral, (b) vibrio, (c) spiroseta (Setiowati & Furqonita, 2007)

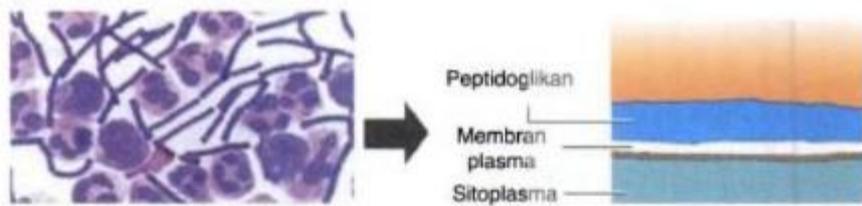
Berdasarkan cara perolehan makanan, penggolongan bakteri menjadi dua yaitu heterotrof dan autotrof

1. Heterotrof (tidak dapat membuat makanan sendiri), dibedakan menjadi dua yaitu parasit (hidup pada inang) dan saprofit (menguraikan sampah organik)
2. Autotrof (membuat makanan sendiri), dibedakan menjadi dua yaitu fotoautotrof (menghasilkan makanan dengan bantuan cahaya) misalnya *Thiosarcia rosea* dan kemoautotrof (membuat makanan dengan bantuan senyawa kimia) misalnya *Nitrosococcus nitrosus*, *Leptothrix ochracea*, dan lain sebagainya

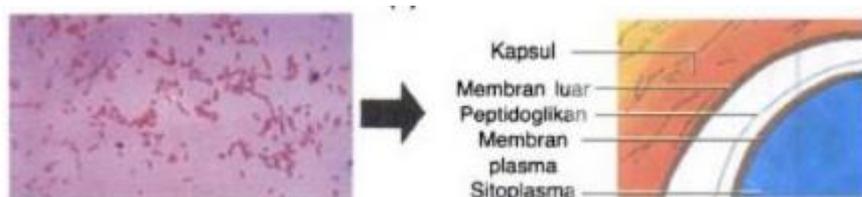
Berdasarkan kebutuhan oksigennya, jenis bakteri tergolong menjadi lima yaitu sebagai berikut:

1. Aerob (memerlukan oksigen untuk memperoleh makanan). Oksigen berguna untuk mengoksidasi makanannya sehingga diperoleh energi. Bakteri aerob senang hidup pada lingkungan yang lembap dan cukup udara. Misalnya *Acetobacter* sp dan *Nitrosomonas*
2. Anaerob (tidak memerlukan oksigen untuk memperoleh makanan). Bakteri ini menghasilkan enzim yang berfungsi merombak senyawa kompleks pada makanannya menjadi senyawa sederhana. Misalnya *Lactobacillus* sp

Bakteri berdasarkan dinding selnya terbagi menjadi dua yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Bakteri Gram positif memiliki membran tunggal yang dilapisi peptidoglikan tebal, berbeda dengan bakteri Gram negatif dinding selnya terdiri dari lapisan lipopolisakarida atau endotoksin. Adanya perbedaan dinding sel, hal inilah yang mendasari adanya perbedaan warna. Dalam sistem pewarnaan Gram, bakteri akan mendapat perlakuan berupa pewarnaan dinding sel. Bakteri yang tergolong ke dalam Gram positif adalah bakteri yang memiliki dinding sel multilapis sehingga mampu mengikat warna ungu. Contohnya adalah *Neisseria gonorrhoeae*, *Treponema pallidum*, *Vibrio cholera*, dan *Bacillus subtilis* (Gambar 6), sedangkan Gram negatif berwarna merah contohnya yaitu *Propionibacterium acnes*, *Streptococcus mutans*, *Staphylococcus aureus*, dan *Escherichia coli* (Gambar 7) Aryulina et al. (2006).



Gambar 6. Bakteri Gram positif (*Bacillus subtilis*) dan struktur dinding selnya



Gambar 7. Bakteri Gram negatif (*Escherichia coli*) dan struktur dinding selnya

Bakteri bereproduksi dengan cara aseksual yaitu pembelahan atau membelah diri (*Binary Fission*) yang menghasilkan pertumbuhan eksponensial (Gambar 8). Dalam siklus pertumbuhan bakteri terdapat 4 fase, diantaranya sebagai berikut: (Harahap et al., 2021)

1. Fase Lag, yaitu pada fase ini terjadi aktivitas metabolik tanpa terjadi pembelahan sel atau merupakan tahap persiapan diri untuk melakukan pembelahan.
2. Fase Log atau Eksponensial, yaitu pada fase ini terjadi pembelahan sel yang sangat cepat.
3. Fase Stationer, dimana bakteri yang mati memiliki jumlah yang seimbang dengan bakteri yang tumbuh pada fase ini.
4. Fase Decline, yaitu fase kematian karena bakteri mulai kekurangan nutrisi dan atau metabolik toksik.



Gambar 8. Pembelahan biner pada bakteri (Aryulina *et al.*, 2006)

Bakteri, sebagai kelompok organisme hidup, adalah mampu tumbuh dalam suhu keseluruhan kisaran -5°C hingga 80°C . Setiap spesies bagaimanapun membutuhkan rentang yang lebih sempit yang ditentukan oleh sensitivitas panas dari sistem enzimnya. Spesifik rentang suhu terdiri dari berikut: titik suhu kardinal (signifikan) (Gambar 9) (Cappucino & Sherman, 2014):

1. Suhu pertumbuhan minimum

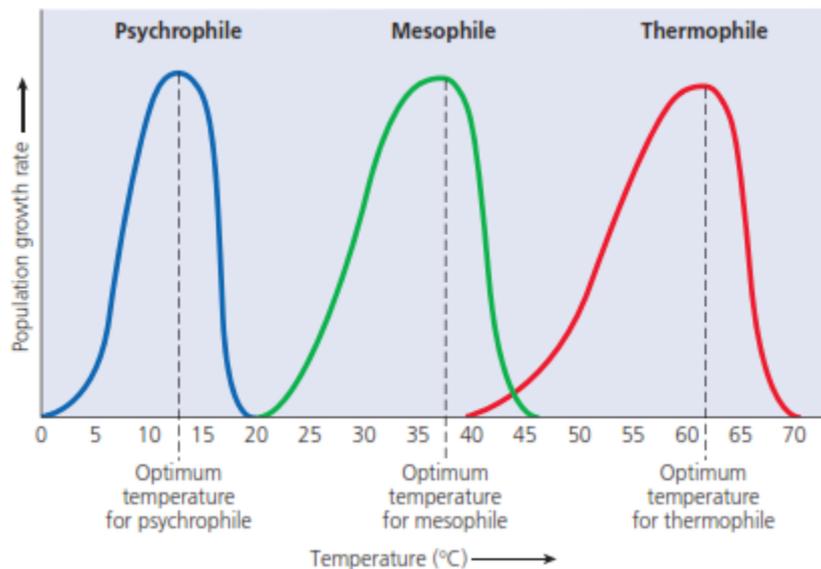
Suhu minimum adalah suhu terendah di mana pertumbuhan akan terjadi. Di bawah suhu ini, aktivitas enzim terhambat dan sel-sel secara metabolik tidak aktif jadi pertumbuhan akan terhambat.

2. Suhu pertumbuhan optimum

Suhu optimal adalah suhu di mana tingkat reproduksi paling cepat; Namun, belum tentu optimal atau ideal untuk semua aktivitas enzimatik sel.

3. Suhu pertumbuhan maksimum

Suhu maksimum adalah suhu tertinggi di mana pertumbuhan akan terjadi. Di atas suhu ini, sebagian besar enzim sel akan hancur dan organisme itu mati.



Gambar 9. Grafik suhu untuk pertumbuhan mikroorganisme (Cappucino & Sherman, 2014)

Munn (2004) melaporkan pada bakteri laut suhu pertumbuhan optimum kurang dari 15°C, suhu pertumbuhan maksimum 20°C dan suhu pertumbuhan minimum 0°C atau kurang. Pada suhu serendah 0°C bakteri yang mampu beradaptasi adalah golongan bakteri psikotoleran, namun memiliki suhu optimal untuk pertumbuhannya yaitu 20-35°C. Banyak jenis bakteri dari perairan laut dangkal atau beriklim termasuk dalam kategori tersebut. Aryulina *et al.* (2006) melaporkan bahwa pada umumnya bakteri hidup pada lingkungan yang lembab dengan suhu 25-37°C, lingkungan tersebut merupakan kondisi optimum untuk berkembangbiakan bakteri dengan cepat. Karakteristik Ekstrim Lingkungan di mana bakteri tumbuh dapat dilihat pada table 1. di bawah ini:

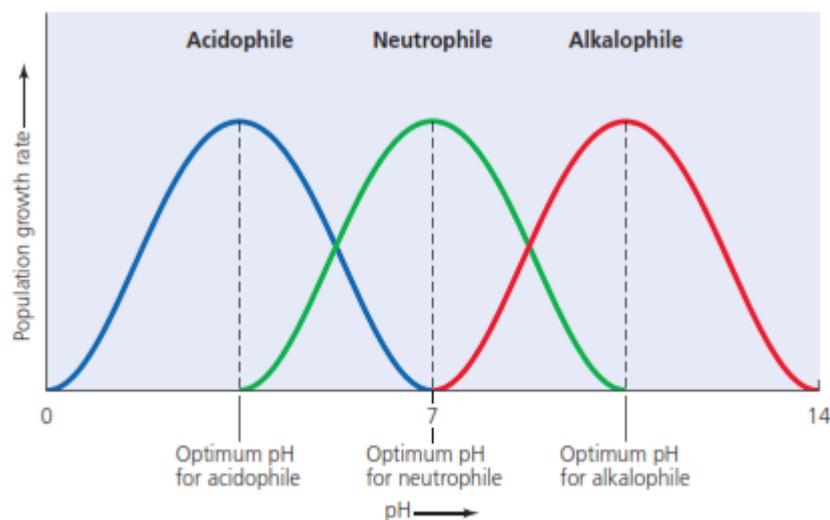
Tabel 1. Karakteristik ekstrim pertumbuhan bakteri (Munn, 2004)

Tipe parameter	Keadaan lingkungan	Mikroorganisme yang diamati
Suhu tinggi	110-113°C, parit laut dalam	<i>Pyrolobus fumarii</i> <i>Methanopyrus kandleri</i> <i>Pyrodictium abyssi</i>
	67-102°C, cekungan laut	<i>Pyrococcus abyssi</i> <i>Thermus</i> <i>Sulfolobus</i>
	85 ° C, sumber air panas	<i>Thermothrix thiopara</i>
Suhu rendah	75 ° C, mata air panas belerang	
Tekanan osmotik	-12°C, es antartika	<i>Psychromonas ingrahamii</i> <i>Chlamydomonas</i>
	13–15% NaCl	<i>Halobacterium</i> <i>Halococcus</i>
pH asam	25% NaCl	<i>Saccharomyces</i> <i>Thiobacillus</i>
	pH 3.0 atau lebih rendah	<i>Picrophilus oshimae</i> <i>Ferroplasma acidarmanus</i>
	pH 0.5 pH 0.0	

Tabel 1. (Lanjutan)

Tipe parameter	Keadaan lingkungan	Mikroorganisme yang diamati
pH dasar	pH 10,0 atau lebih tinggi	<i>Bacillus</i>
Ketersediaan air rendah	a= 0.6–0.65 w	<i>Torulopsis</i> <i>Candida</i>
Suhu dan pH rendah	85°C, pH 1.0	<i>Cyanidium</i> <i>Sulfolobus acidocaldarium</i>
Tekanan	500–1,035 atm	<i>Colwellia hadaliensis</i>
Radiasi	1,5 juta rad	<i>Deinococcus radiodurans</i>

Pertumbuhan dan kelangsungan bakteri sangat dipengaruhi oleh pH lingkungan. Berdasarkan pH optimumnya, mikroorganisme dapat diklasifikasikan sebagai asidofil, neutrofil, atau alkalofil (Gambar 10). Setiap spesies memiliki kemampuan untuk tumbuh dalam kisaran pH, yang mungkin luas atau terbatas. Kisaran spesifik untuk bakteri adalah antara 4 dan 9, dengan yang optimal 6,5 hingga 7,5.



Gambar 10. Grafik pH untuk pertumbuhan bakteri (Cappucino & Sherman, 2014)

Bakteri laut memiliki kecenderungan untuk berasosiasi dengan suatu lapisan permukaan padat, mampu hidup dalam tekanan hidrostatik yang ekstrim di laut dalam. Penyebaran bakteri di laut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti gerakan air laut, jarak dari pantai, kedalaman, cahaya matahari, iklim, dan organisme lain (Sidharta, 2000).

Bakteri laut mengandung senyawa metabolit sekunder seperti mampu menghasilkan senyawa antimikroba. Nofiani (2008) melaporkan bahwa beberapa bakteri laut menunjukkan aktivitas antimikroba, khususnya bakteri yang berasosiasi

dengan organisme lain, dimana bakteri tersebut mampu menghasilkan senyawa bioaktif yang hampir sama dengan inangnya.

Sartika *et al.* (2008) menemukan bahwa bakteri yang berasosiasi pada alga coklat (*Sargassum* sp) mengandung senyawa antimikroba. Pada pengujiannya di uji cobakan pada bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Terdapat zona hambat yang terbentuk saat dilakukan pengujian pada kedua bakteri uji. Hal ini menandakan bahwa bakteri simbiosis menghasilkan senyawa antimikroba.

Selain itu, Hasanah *et al.* (2012) juga melaporkan adanya kemampuan dari bakteri asosiasi pada Gastropoda *Conus miles* sebagai penghasil senyawa antibakteri. Dalam penelitian ini menunjukkan hasil dimana isolat mampu menghambat bakteri MDR lebih dari satu jenis yang meliputi *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Escherichia coli*, dan *Enterobacter*.

B. Bakteri Asosiasi

Dalam definisi yang luas, istilah asosiasi adalah hidup bersama, baik pada hewan maupun tumbuhan. Istilah ini menggambarkan kedekatan, hubungan antara dua organisme yang berbeda. Asosiasi sendiri bisa berasal dari kalangan mikroba seperti bakteri, virus, jamur, dan sebagainya (Munn, 2004). Interaksi dalam asosiasi ada yang mutualisme, komensalisme, dan parasitisme. Mutualisme adalah interaksi antara dua spesies atau lebih yang saling menguntungkan satu sama lain. Komensalisme ialah interaksi di mana satu pihak yang diuntungkan, sedangkan pihak yang lain tidak juga dirugikan. Parasitisme adalah interaksi antara dua spesies atau lebih yang mana satu pihak diuntungkan dan pihak yang lain dirugikan (Prescott *et al.*, 2002).

Bentuk asosiasi ada yang bersifat menetap dan ada yang sementara. Berikut di bawah ini contoh bentuk asosiasi dengan hewan laut yang bersifat permanen (Tabel 2) dan bentuk kontribusi asosiasi bakteri dengan hewan laut (Tabel 3). Spesies utama yang paling mendominasi bakteri asosiasi pada hewan laut yaitu dari genus *Vibrio* dan *Photobacterium*. Spesies dari masing-masing ke-dua genus meliputi: *Vibrio fischeri*, *Photobacterium leiognathi*, dan *Photobacterium phosphoreum* (Munn, 2004).

Tabel 2. Jenis bakteri yang bersasosiasi dengan hewan laut secara permanen (Prescott *et al.*, 2002)

Simbiosis	Inang	Simbiosis siklik
	Coelenterata karang	<i>Simbioidinium</i> (dinomastigot)
Hewan laut	Ikan bercahaya	<i>Vibrio</i> , <i>Photobacterium</i>
	Cumi-cumi	<i>Photobacterium fischeri</i>

Tabel 3. Bentuk kontribusi bakteri simbiosis terhadap inangnya (Prescott *et al.* 2002)

Inang	Simbiosis	Kontribusi simbiosis
Cumi-cumi Sepiolid (<i>Euprymna scolopes</i>)	Bakteri bercahaya	Pendaran (<i>Vibrio fischeri</i>)
Lintah obat (<i>Hirudo medicinalis</i>)	Bakteri enteric (<i>Aeromonas veronii</i>)	pencernaan darah
Kutu daun (<i>Schizaphis graminum</i>)	Bakteri (<i>Buchnera aphidicola</i>)	Sintesis asam amino
Cacing Nematoda (<i>Heterorhabditis</i> spp.)	Bakteri bercahaya (<i>Photobacterium luminescens</i>)	Predasi dan sintesis antibiotik
Moluska cacing kapal (<i>Lyrodus pedicellatus</i>)	Bakteri sel insang	Pencernaan selulosa dan fiksasi nitrogen

Beberapa bakteri mampu melakukan metabolisme kemoautotrof. Seperti yang dijelaskan oleh Munn (2004) dua jenis bakteri asosiasi pada cacing tabung mampu menggunakan sumber energi anorganik sulfida, belerang, dan metana. Hal ini dapat mencerminkan bahwa cacing tabung tersebut hidup pada lingkungan yang kaya akan sulfida, belerang, dan metana.

Bakteri asosiasi dapat bertahan hidup pada lingkungan yang kaya nutrisi. Keberadaan probiotik ini di dalam usus inang (baik pada permukaan usus maupun di dalam lumen berperan sebagai pelindung (*barier*) terhadap proliferasi (pertumbuhan) patogen diantaranya melalui mekanisme produksi senyawa yang mampu menghambat pertumbuhan patogen (Subagiyo & Djunaedi, 2011).

Interaksi yang terjadi antara bakteri asosiasi dan inangnya dapat memberikan manfaat bagi keduanya dan ada juga yang bersifat patogen. Bakteri asosiasi memperoleh makanan, tempat hidup, serta kemungkinan mendapatkan jalur reproduksi dan penyebaran, sebaliknya pada inangnya mendapatkan nutrisi ataupun energi dari hasil oksidasi bakteri asosiasi dan senyawa antimikroba yang dapat melindungi dari bakteri patogen apabila tergolong mutualisme (Prescott *et al.*, 2002). Beberapa eukariota laut sangat bergantung pada metabolit yang dihasilkan oleh bakteri asosiasi untuk bertahan hidup. Beberapa senyawa bioaktif berperan dalam melindungi inangnya untuk melawan bakteri patogen dengan memproduksi antimikroba (Penesyan *et al.*, 2011).

Sawabe *et al.* (1995) melaporkan bahwa mikroba dapat mengubah selulosa menjadi sumber energi bagi inangnya. Hal ini merupakan simbiosis yang terbentuk antara bakteri usus dengan inangnya. Sawabe juga menemukan bakteri yang berasosiasi dari 8 bulu babi sebagian besar tergolong bakteri alginolitik, dimana bakteri tersebut merupakan bakteri Gram negatif dan bersifat anaerob. Lawrence *et al.* (2013) mengatakan pada bagian usus bulu babi *Lytechinus variegatus* ditemukan bakteri yang berasosiasi diantaranya *Vibrio*, *Pseudomonas*, dan *Aeromonas*. Disini juga dikatakan bahwa bakteri biasanya oportunistik dalam pemanfaatan polisakarida tumbuhan laut.

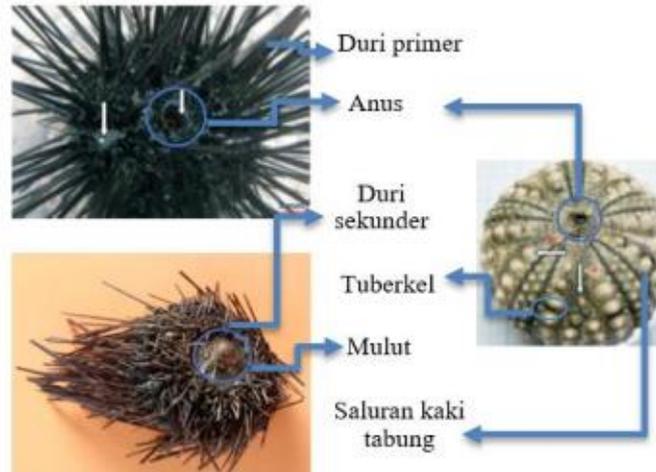
Febrianti & Tresnani (2009) menemukan bakteri yang berasosiasi pada ketiga jenis bulu babi yang diteliti yaitu *Diadema sp*, *Diadema setosum* dan *Tripneustus gratilla* adalah bakteri dari genus *Bacillus*. Austin (1992) dalam Febrianti & Tresnani (2009) melaporkan bakteri laut jenis *Bacillus* termasuk dalam golongan mikrobia penghasil antibiotik. Brock *et al.* (1994); Prescott *et al.* (2001) menjelaskan dengan lebih rinci bahwa anggota-anggota genus *Bacillus* menghasilkan beberapa jenis antibiotik, antara lain bacitracin, gramicidin dan polymyxin. Berdasarkan hal ini diduga bakteri *Bacillus* yang berasosiasi dengan landak laut di pantai Mentigi juga menghasilkan antibiotik sehingga menghambat mikrobia lain untuk berasosiasi. Kemungkinan juga adanya *Bacillus* yang berasosiasi dengan landak laut ini menyebabkan bakteri-bakteri patogen tidak dapat tumbuh menginfeksi landak laut.

Penelitian lainnya juga menemukan bakteri asosiasi (*Pseudoalteromonas flavipulchra*) pada bulu babi di perairan Pulau Panjang Jepara (Fofied *et al.*, 2018). Costa *et al.* (2021) juga melaporkan adanya bakteri asosiasi (*Vibrio*) pada bulu babi (*Paracentrotus lividus*) di perairan Brazil.

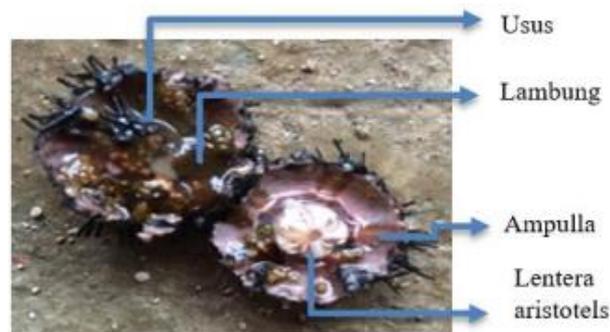
C. Bioekologi bulu babi

Bulu babi secara ekologi merupakan faktor penentu kelimpahan dan sebaran tumbuhan laut di perairan dangkal, bulu babi adalah salah satu spesies kunci bagi komunitas terumbu karang. Hal ini dikarenakan bulu babi adalah salah satu pengendali populasi makroalga (Noviana *et al.*, 2019).

Diadema setosum memiliki tubuh berbentuk bulat hitam seperti bola, tidak memiliki lengan, cangkang memipih yang keras dan dipenuhi oleh duri-duri, duri-duri berwarna hitam yang panjang dan lancip, memiliki 5 titik putih pada bagian atas dan terletak disetiap segmen, bentuk turbekel yaitu crenulate. Ukuran *Diadema setosum* bisa mencapai 70 mm (Arhas *et al.*, 2015; Anwar *et al.*, 2015; Suryanti *et al.*, 2020; Alwi *et al.*, 2020). Bentuk morfologi dan anatomi dari bulu babi *Diadema setosum* disajikan pada (Gambar 11 dan Gambar 12)



Gambar 11. Morfologi *Diadema setosum* (Suryanti *et al.*, 2020)



Gambar 12. Anatomi struktur dalam *Diadema setosum* (Suryanti *et al.*, 2020)

Klasifikasi *Diadema setosum* menurut Leske (1778) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia

Phylum : Echinodermata

Class : Echinoidea

Order : Diadematoida

Family : Diadematidae

Genus : *Diadema*

Species : *Diadema setosum*

D. setosum yang sehat memiliki organ tubuh yang masih lengkap dan berada pada lingkungan yang baik untuk pertumbuhannya. Budiman *et al.* (2014) melaporkan bahwa suhu yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan bulu babi yaitu berkisar antara 28-32°C. Alwi *et al.* (2020) mempertegas bahwa hewan avertebrata pertumbuhannya sangat baik pada pH berkisar antara 7,0-8,5 dan salinitas antara 33-34 ppm.

D. setosum memiliki manfaat ekologis diantaranya adalah sebagai tempat berlindungnya beberapa jenis ikan tertentu termasuk beberapa jenis makanan ikan, dan organisme tertentu yang berperan dalam berbagai interaksi dengan biota lain (Alwi

et al., 2020). Anwar *et al.* (2015) mengatakan bahwa secara morfologi bulu babi merupakan hewan yang unik karena memiliki duri pada seluruh bagian tubuhnya yang berfungsi sebagai alat gerak maupun pelindung diri dari serangan predator.

Penyebaran dari *D. setosum* terdapat di seluruh zona terumbu karang antara lain pada zona pasir, zona pertumbuhan alga, zona lamun sampai daerah tubir (Zakaria, 2013). Populasi spesies lebih banyak ditemukan pada daerah karang yang kondisinya telah rusak. *D. setosum* umumnya hidup berkelompok dengan tujuan untuk mempertahankan diri dari ancaman musuh. Dalam satu kelompok terdiri dari 20-40 individu bahkan bisa mencapai ratusan individu dimana kelompok *D. setosum* dapat berpindah-pindah. *D. setosum* aktif pada malam hari atau biasa juga disebut dengan istilah nokturnal, pada saat siang hari *D. setosum* bersembunyi di balik celah-celah karang dan akan keluar pada malam hari untuk mencari makan. Karena hidupnya di bawah batas surut terendah maka *D. setosum* sumber makanannya berasal dari berbagai jenis alga serta partikel organik/detritus (Ratna, 2002).

D. Identifikasi bakteri

Hal yang perlu dilakukan untuk mengetahui bakteri asosiasi diantaranya; pengenceran, inokulasi, pemurnian bakteri, dan identifikasi bakteri.

1. Pengenceran

Pengenceran dilakukan untuk mengurangi jumlah kandungan mikroba dalam sampel sehingga nantinya dapat diamati dan diketahui jumlah mikroorganisme secara spesifik dan memudahkan dalam perhitungan (Dwidjoseputro, 1989). Menurut Wasteson & Hornes (2009) tujuan dari pengenceran bertingkat adalah untuk memperkecil atau mengurangi jumlah mikroba yang tersuspensi dalam cairan, penentuan tergantung kepada perkiraan jumlah mikroba dalam sampel.

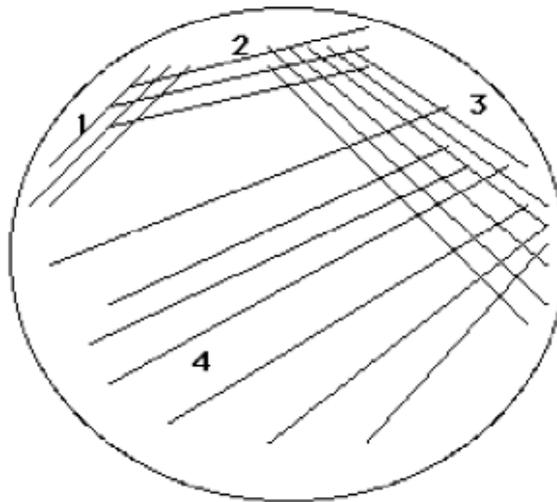
2. Inokulasi

Inokulasi merupakan suatu cara untuk memindahkan mikroba dari suatu suspensi ke media pertumbuhan lain yang steril. Ada beberapa metode untuk memperoleh biakan murni, salah satunya adalah metode goresan (*Strike plate*) (Ramadhani & Wahyuni, 2020).

a) Metode Cawan Gores Kuadran (*Strike Plate*)

Keuntungan dari metode ini adalah tergolong praktis, hemat biaya dan waktu, namun kelemahannya adalah tidak memanfaatkan permukaan medium untuk digores sehingga pengenceran kurang optimal dan penggunaan inokulum yang terlalu banyak sehingga menyulitkan pemisahan sel waktu digores.

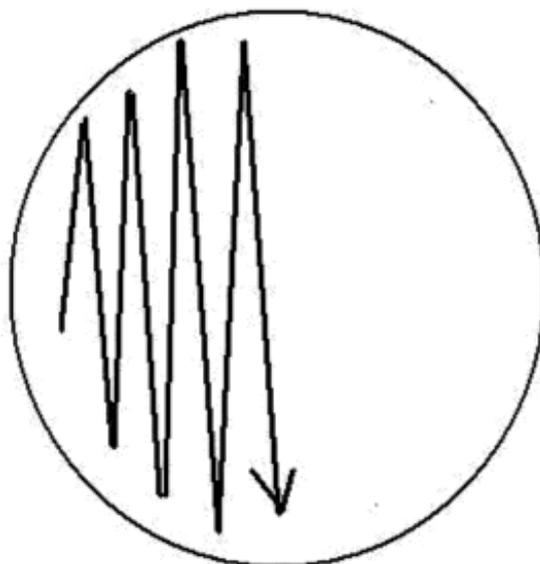
Cara kerja dari metode ini yaitu membagi cawan menjadi 4 bagian. Daerah 1 merupakan goresan awal sehingga masih mengandung banyak sel mikroorganisme. Goresan selanjutnya dipotong atau disilangkan dari goresan pertama sehingga jumlah semakin sedikit dan akhirnya terpisah-pisah menjadi koloni tunggal (Gambar 13).



Gambar 13. Inokulasi secara goresan kuadran

b) Metode Cawan Gores Sinambung

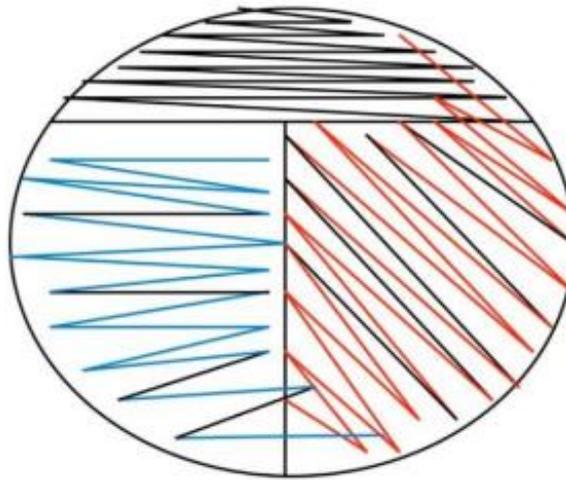
Goresan sinambung umumnya digunakan bukan untuk mendapatkan koloni tunggal, melainkan untuk peremajaan ke cawan atau medium baru. Cara kerja dari metode ini yaitu sentuhkan inokulum loop pada koloni dan gores secara kontinyu sampai setengah permukaan agar. Putar cawan 180° lanjutkan goresan sampai habis (Gambar 14)



Gambar 14. Inokulasi secara goresan sinambung

c) Metode Cawan Gores T

Cara kerja dari metode ini yaitu bagi cawan menjadi 3 bagian menggunakan spidol marker, inokulasi daerah 1 dengan streak zig-zag. Panaskan jarum inokulum dan tunggu dingin, kemudian lanjutkan streak zig-zag pada daerah 2. Cawan diputar untuk memperoleh goresan yang sempurna. Lakukan hal yang sama pada daerah 3 (Gambar 15)



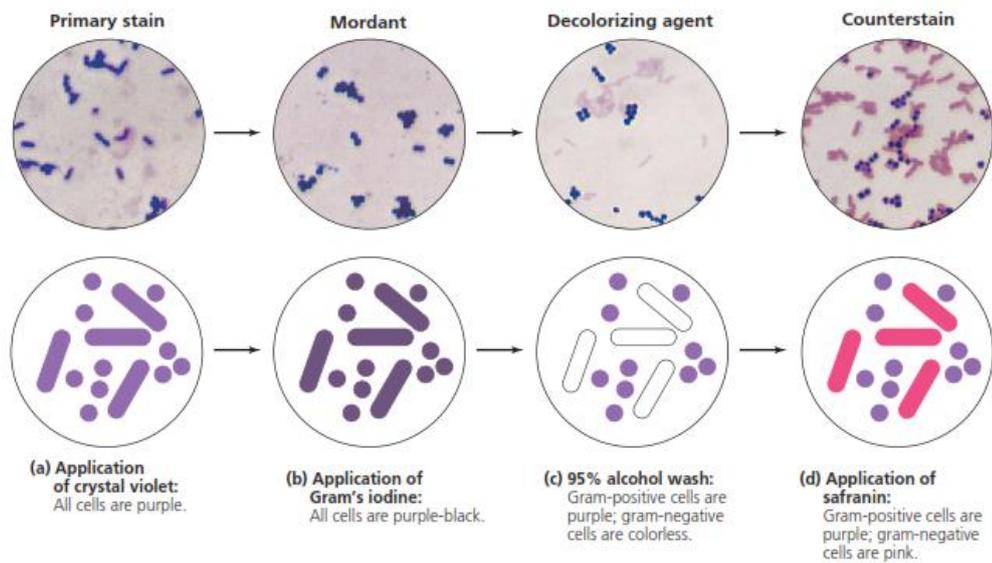
Gambar 15. Inokulasi secara goresan T

3. Pemurnian (Pewarnaan Gram, Pengamatan Morfologi Sel)

Pewarnaan diferensial paling penting yang digunakan dalam bakteriologi adalah pewarnaan Gram, dinamai Dr. Hans Christian Gram. Ini membagi sel bakteri menjadi dua kelompok besar, Gram positif dan Gram negatif, yang menjadikannya alat penting untuk klasifikasi dan diferensiasi mikroorganisme. Reaksi pewarnaan Gram didasarkan pada perbedaan dalam komposisi kimia dinding sel bakteri. Sel Gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal, sedangkan lapisan peptidoglikan pada Gram negatif sel jauh lebih tipis dan dikelilingi oleh lipid luar yang mengandung lapisan. Peptidoglikan terutama merupakan polisakarida terdiri dari dua subunit kimia yang ditemukan hanya dalam dinding sel bakteri. Subunit ini adalah N-acetylglucosamine dan N-asetilmuramat acid. Dengan beberapa organisme, sebagai lapisan peptidoglikan yang berdekatan terbentuk, mereka dihubungkan silang oleh rantai pendek dari peptida melalui enzim transpeptidase, menghasilkan dalam bentuk dan kekakuan dinding sel (Cappucino & Sherman, 2014).

Untuk pengamatan morfologi sel dilakukan dengan cara pewarnaan Gram. Pewarnaan Gram merupakan salah satu teknik identifikasi yang sangat penting dalam menentukan jenis bakteri. Bakteri terbagi dalam dua kategori yaitu bakteri Gram negatif dan bakteri Gram positif. Bakteri Gram positif ditandai dengan warna ungu yang

menunjukkan bahwa bakteri tersebut mampu mengikat warna kristal violet, sedangkan bakteri Gram negatif ditandai dengan warna merah muda yang menunjukkan bahwa bakteri tersebut tidak mampu mengikat warna kristal violet dan hanya terwarnai oleh safranin (Bukhari *et al.*, 2020). Berikut terlampir penampakan sel bakteri yang telah diwarnai (Gambar 16)



Gambar 16. Penampakan sel bakteri setiap perlakuan (Cappucino & Sherman, 2014)

Pewarnaan Gram menggunakan empat reagen yang berbeda. Gambar di atas menunjukkan mikroskopis penampakan sel pada setiap langkah prosedur pewarnaan Gram (Cappucino & Sherman, 2014).

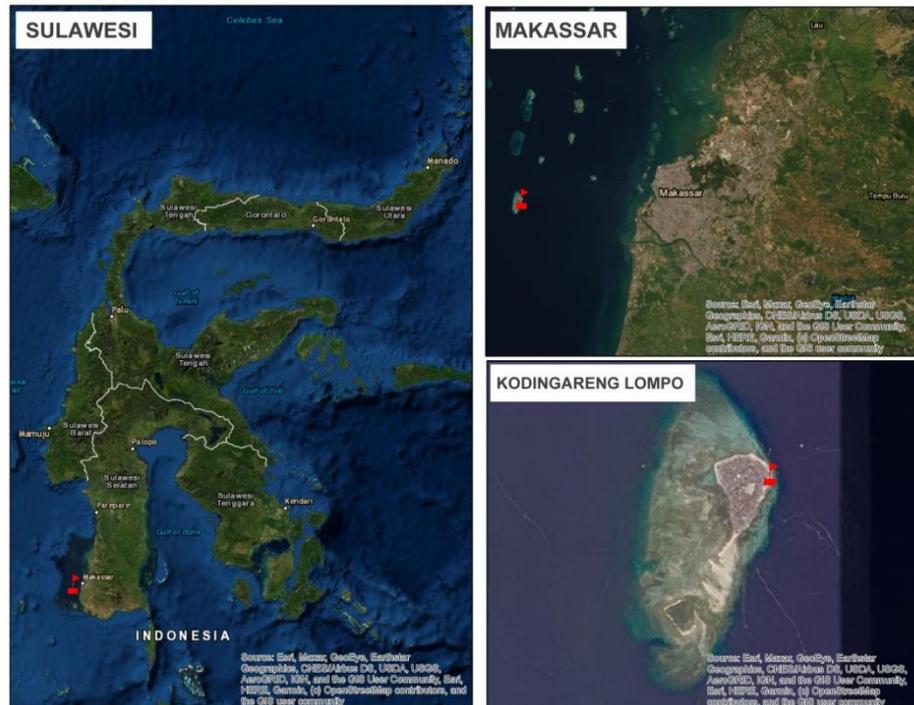
4. Identifikasi Bakteri Asosiasi

Identifikasi bakteri dilakukan dengan menggunakan alat MALDI-TOF MS (Vitek MS). *Matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry* (MALDI-TOF MS) merupakan alat untuk mengidentifikasi mikroorganisme. Alat ini sudah banyak digunakan untuk mengidentifikasi berbagai macam jenis bakteri. Pembacaan hasil akan dilakukan di komputer yang sudah terhubung dengan alat Vitek MS (Buchan & Ledebor, 2013). Vitek MS telah diakui memiliki basis data yang lebih lengkap serta kepekaan dan spesifitas yang baik (Duran-Valle *et al.*, 2014). Alat ini sangat tepat digunakan untuk jumlah sampel yang besar atau untuk penelitian (Wang *et al.*, 2014).

E. Pulau Kodingareng Lompo

Kodingareng Lompo merupakan salah satu pulau di Kawasan Kepulauan Spermonde yang secara administratif berada di bawah Kecamatan Sangkarang

(Gambar 17), Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Pulau ini secara geografis terletak pada 119°16'00 BT dan 05°08'54 LS dan dapat dicapai dengan menggunakan kapal sekitar ±1 jam perjalanan dari daratan utama kota Makassar (Tamti *et al.*, 2014).



Gambar 17. Gambaran Lokasi Pulau Kodingareng Lompo

Karakteristik fisik perairan Pulau Kodingareng ditandai fenomena perairan yang sangat dinamis. Hal ini disebabkan pulau tersebut berada pada pertemuan arus antara perairan Selat Makassar dan Laut Jawa, sehingga mendapat pengaruh kuat dari perairan Laut Jawa dan Selat Makassar di waktu musim Barat. Namun pada waktu musim Timur, Pulau Kodingareng mendapat pengaruh dari Laut Banda yang melewati Selat Selayar dan Selat Makassar.

Di Pulau Kodingareng Lompo sendiri terdapat 3 jenis bulu babi laut diantaranya yaitu *D. setosum*, *Mespilia globulus*, dan *Tripneustes gratilla*. Moka *et al.* (2021) melaporkan bahwa jenis bulu babi yang paling mendominasi di Pulau Kodingareng Lompo yaitu *D. setosum* dengan nilai komposisi jenis yang didapatkan yaitu 92% dari keseluruhan jumlah sampel yang didapatkan. Sedangkan kedua jenis sampel lainnya hanya mencapai 8%.