

SKRIPSI

**KEHADIRAN BAKTERI TOTAL *COLIFORM* DAN *SALMONELLA*
SP. PERAIRAN WISATA PANTAI GALESONG, KECAMATAN
GALESONG UTARA, KABUPATEN TAKALAR**

Disusun dan diajukan oleh

ANDI ADMIRAL FAROUK SABZEVAR

L011181331



PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**KEHADIRAN BAKTERI TOTAL *COLIFORM* DAN *SALMONELLA*
SP. PERAIRAN WISATA PANTAI GALESONG, KECAMATAN
GALESONG UTARA, KABUPATEN TAKALAR**

ANDI ADMIRAL FAROUK SABZEVAR

L011181331

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**KEHADIRAN BAKTERI TOTAL COLIFORM DAN SALMONELLA SP. PERAIRAN
WISATA PANTAI GALESONG, KECAMATAN GALESONG UTARA, KABUPATEN
TAKALAR**

Disusun dan diajukan oleh

(ANDI ADMIRAL FAROUK SABZEVAR)

(L011181331)

Telah Dipertahankan Didepan Panitia Ujian Yang Sudah Dibentuk Dalam Rangka
Penyelesaian Studi Sarjana Program Studi Ilmu Kelautan, Departemen ilmu Kelautan,
Fakultas Ilmu kelautan dan perikanan, Universitas Hasanuddin


Pada Tanggal 09 Januari 2023


dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Ir. Arniati Massihai, M.si
NIP 1966066141991032016


Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA
NIP 196211181987021001

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan


Dr. Khairul Amri, ST. M.Sc.Stud.
NIP 196907061995121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andi Admiral Farouk Sabzevar
NIM : L011181331
Program Studi : Ilmu Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul

Kehadiran Bakteri Total *Coliform* Dan *Salmonella* Sp. Perairan Wisata Pantai Galesong,
Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar

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 hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya

Makassar, 04 Januari 2023



menyatakan

Andi Admiral Farouk Sabzevar

L011181331

PERNYATAAN AUTORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andi Admiral Farouk Sabzevar
NIM : L011181331
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi/Tesis/Disertasi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai autoh 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, 04 Januari 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Ilmu Kelautan



Dr. Khairul Anni, ST, M.Sc.Stud
NIP. 196907061995121002

Penulis

Andi Admiral Farouk Sabzevar
NIM: L011181331

ABSTRAK

Andi Admiral Farouk Sabzevar. L011181331. “Kehadiran Bakteri Total *Coliform* Dan *Salmonella* sp. Perairan Wisata Pantai Galesong, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar”, di bawah bimbingan **Dr. Ir. Arniati Massinai, M.si** sebagai pembimbing utama dan **Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA** sebagai pembimbing anggota.

Bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. merupakan kelompok dari famili Enterobacteriaceae dan banyak digunakan indikator pencemaran biologis tinja dan sanitasi lingkungan pada perairan. Kedua bakteri ini umumnya bersumber dari sisa limbah organik akibat kegiatan antropogenik seperti aktivitas perikanan, wisata dan rumah tangga di pesisir yang kemudian terbawa menuju perairan laut. Bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. dapat menyebabkan penyakit bagi manusia dan biota laut jika terakumulasi secara berlebihan sehingga diperlukan pemantauan terkait kehadirannya khususnya di wisata pantai. Penelitian ini bertujuan mengetahui jumlah bakteri total *coliform* dan *Salmonella* sp. serta menganalisis hubungannya dengan parameter oseanografi. Penelitian ini diharapkan menjadi informasi dasar bagi peneliti selanjutnya maupun pemerintah Kabupaten Takalar khususnya dalam pengawasan dan pengelolaan wisata pantai. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Juli 2022 di Wisata Pantai Galesong dengan mengambil 3 titik stasiun sejajar garis pantai. Hasil penelitian didapatkan jumlah tertinggi kedua bakteri ditemukan pada stasiun Villa. Jumlah terendah total *coliform* berada di stasiun wisata pantai dan *Salmonella* sp. terdapat di stasiun pemukiman. Berdasarkan uji korelasi Pearson bakteri total *coliform* memiliki korelasi negatif yang kuat terhadap oksigen terlarut (DO) dengan nilai ($r = -0.761$). Sedangkan jumlah bakteri *Salmonella* sp. tidak berkorelasi signifikan dengan parameter oseanografi yang diukur.

Kata kunci: *Coliform*, *Salmonella* sp., Bakteri, Wisata Pantai Galesong

ABSTRACT

Andi Admiral Farouk Sabzevar. L011181331. "The Presence of Total *Coliform* Bacteria and *Salmonella* sp. In the Tourism Waters of Galesong Beach, North Galesong District, Takalar Regency", under the guidance of **Dr. Ir. Arniati Massinai, M.si** as the main supervisor and **Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA** as supervisor of members.

Coliform and *Salmonella* sp. bacteria are a group of the Enterobacteriaceae family and are widely used indicators of fecal biological pollution and aquatic environment sanitation. These two bacteria generally originate from residual organic waste due to anthropogenic activities such as fishing, tourism and coastal household activities which are then carried into sea waters. *Coliform* and *Salmonella* sp. bacteria can cause disease to humans and marine biota if they accumulate excessively, so monitoring is needed regarding their presence, especially on beach tourism. This study aims to determine the total *coliform* and *Salmonella* sp. bacteria and analyze its relationship with oceanographic parameters. This research is expected to be basic information for future researchers and the government of Takalar Regency, especially in the supervision and management of beach tourism. Sampling was carried out in July 2022 at Galesong Beach Tourism by taking 3 station points parallel to the coastline. The results showed that the highest number of both bacteria was found at the Villa station. The lowest number of total *coliforms* was at the beach tourism station and *Salmonella* sp. located at the residential station. Based on the *Pearson* correlation test, total *coliform* bacteria have a strong negative correlation with dissolved oxygen (DO) with a value ($r = -0.761$). While the number of *Salmonella* sp. bacteria not significantly correlated with the measured oceanographic parameters.

Key words: *Coliform*, *Salmonella* sp., Bacteria, Galesong Beach Tourism

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji dan Syukur kita panjatkan kepada Allah S.W.T yang hanya kepadanya memohon pertolongan. Alhamdulillah atas segala berkah, rahmat, dan karunianya skripsi yang berjudul “Kehadiran Bakteri Total *Coliform* Dan *Salmonella* sp. Perairan Wisata Pantai Galesong, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar” dapat penulis selesaikan sebagai syarat dalam penyelesaian memperoleh gelar sarjana dalam Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam tak lupa diberikan kepada Rasulullah S.A.W yang senantiasa menjadi sumber inspirasi dan teladan untuk umat manusia hingga akhir zaman. Banyak pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama menyelesaikan studi dan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Arniati Massinai, M.Si selaku pembimbing utama yang selalu memberikan motivasi, saran serta masukan dengan penuh kesabaran dan kasih sayang kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi.
2. Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan masukan dan saran perbaikan selama penyusunan skripsi.
3. Prof. Dr. Andi Iqbal Burhanuddin, ST., M. Fish., Sc. selaku penguji utama dan penasihat akademik yang telah memberikan informasi, saran dan masukan kepada penulis selama perkuliahan maupun pembuatan skripsi.
4. Dr. Ir. Muh. Hatta, M.Si selaku penguji pendamping yang telah memberikan kritik dan masukan membangun selama penelitian dan pembuatan skripsi.
5. Safruddin, S. Pi., M.P., Ph.D selaku Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin beserta seluruh staff
6. Dr. Khairul Amri, ST, M.Sc.Stud selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin beserta seluruh staff
7. Dosen Departemen Ilmu Kelautan yang telah banyak memberikan informasi dan pengetahuan kepada penulis selama menjalani perkuliahan
8. Ibu Huyyirnah, S.P., M.P selaku Laboran dan Kak Fiqhy Pratiwi selaku Asisten Laboran di Laboratorium Mikrobiologi Laut yang selalu memberikan arahan kepada penulis selama proses penelitian.
9. Ibu Isyanita S.TP, MM selaku Laboran di Laboratorium Oseanografi Kimia yang telah memberikan arahan selama proses penelitian.

10. Seluruh staff Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bantuan pengurusan berkas dan dokumen administrasi selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.
11. Kedua orang tua saya Andi Muhdiar Kadir dan Hasniati Masalang yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa kepada penulis dalam keadaan susah maupun senang selama menempuh pendidikan perkuliahan. Serta saudara kandungku Andi Falih Maulandi Andika Putra dan Andi Caesario Zaki Zamil yang selalu memberikan semangat selama penulis menempuh perkuliahan.
12. Jumarni S.kel, Nur Furnama Indha, S.kel, Nur Inayah S.kel, Nurul Amalia Saputri, Ardiyansah Ahmad, Muhammad Rizky Shaleh, Muhammad Fayed, Muhammad Rifqi Sahir, Yusril dan semua teman-teman angkatan CORALS 18 yang selalu memberikan dukungan, semangat serta motivasi kepada penulis selama perkuliahan dan penelitian.
13. Teman teman satu posko KKN Jakarta-Yogyakarta-Bali Gelombang 106 yang memberikan semangat, motivasi serta kebersamaanya selama menjalani Kuliah Kerja Nyata secara daring.
14. Pihak lain yang membantu penulis dalam proses penelitian baik secara langsung maupun tidak langsung

Penulis masih menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna karena banyaknya kekurangan. Sehingga penulis sangat mengharapkan adanya masukan, kritik dan saran dari para pembaca. Akhir kata semoga skripsi yang dibuat oleh penulis dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam pengembangan ilmu pengetahuan kedepannya.

Terima Kasih

Makassar,

Andi Admiral Farouk Sabzevar

BIODATA PENULIS



Andi Admiral Farouk Sabzevar, dilahirkan pada tanggal 7 Januari 2000 di Bulukumba. Anak Kedua dari ketiga bersaudara, merupakan putra dari pasangan Andi Muhdiar Kadir dan Hasniati Masalang. Penulis mengawali pendidikan dasar pertama kali di SD Durenseribu 03 Depok dari 2006-2008. Kemudian pindah ke SDN Rawabuntu 03 Serpong dari tahun 2009-2012. Setelah lulus penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 08 Tangerang Selatan pada tahun 2013-2015. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMAN 02 Tangerang Selatan pada tahun 2016-2018. Pada tahun 2018 penulis diterima di sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama melakukan perkuliahan di Program Studi Ilmu Kelautan, penulis pernah bekerja di laboratorium Biologi Laut sebagai salah satu asisten dalam mata kuliah Zoologi Laut tahun 2020. Kemudian Penulis telah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Gelombang 106 wilayah Jakarta-Jogjakarta-Bali secara daring pada tahun 2021 sebagai syarat dalam menyelesaikan studi di Departemen Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Untuk memperoleh gelar sarjana kelautan, penulis telah melakukan penelitian yang berjudul “Kehadiran Bakteri Total *Coliform* Dan *Salmonella* sp. perairan Wisata Pantai Galesong, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar” pada tahun 2022 dibimbing oleh Dr. Ir. Arniati Massinai M.Si dan Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN AUTORSHIP.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
BIODATA PENULIS.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	2
C. Kegunaan Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
A. Bioekologi bakteri	3
B. Bakteri sebagai Indikator Pencemaran.....	13
C. Analisis Bakteri	14
D. Analisis data	24
E. Wisata Pantai Galesong.....	25
III. METODOLOGI PENELITIAN	28
A. Waktu dan Tempat	28
B. Alat dan Bahan	28
C. Prosedur Kerja.....	30
D. Analisis Data.....	37
IV. HASIL	38
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	38
B. Parameter Oseanografi Wisata Pantai Galesong.....	39
C. Karakteristik bakteri coliform dan <i>Salmonella</i> sp.....	39
D. Jumlah Bakteri Total <i>Coliform</i> di Perairan Wisata Pantai Galesong.....	40
E. Jumlah Bakteri <i>Salmonella</i> sp. di Perairan Wisata Pantai Galesong.....	41
F. Hubungan Jumlah Bakteri Total <i>Coliform</i> dan <i>Salmonella</i> sp. dengan Parameter Oseanografi	42
V. PEMBAHASAN	43
A. Pengukuran Parameter Oseanografi	43
B. Karakteristik Bakteri <i>Coliform</i> dan <i>Salmonella</i> sp.....	44
C. Jumlah Bakteri Total <i>Coliform</i> di Perairan Wisata Pantai Galesong.....	45
D. Jumlah Bakteri <i>Salmonella</i> sp. di Perairan Wisata Pantai Galesong.....	47
E. Hubungan Jumlah Bakteri Total <i>Coliform</i> dan <i>Salmonella</i> sp. dengan Parameter Oseanografi	48

VI. KESIMPULAN DAN SARAN	53
A. Kesimpulan.....	53
B. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Morfologi koloni bakteri pada medium MacConkey Agar (MCA) dengan A) E.coli dan B) Klebsiella sp.	4
Gambar 2. Morfologi Koloni Bakteri Salmonella sp. pada medium A) Bismuth Sulfite Agar dan B) Salmonella Shigella Aga.	4
Gambar 3. Proses Konjugasi pada Bakteri E. coli	5
Gambar 4. Pengambilan sampel air dengan metode hand dip.	15
Gambar 5. Contoh wadah cool box.	16
Gambar 6. Metode goresan pada cawan petri A) goresan kuadran, B) goresan T dan C) goresan sinambung	18
Gambar 7. Metode inokulasi cawan A) pour plate B) spread plate.	18
Gambar 8. Cawan petri dengan 30-300 koloni	21
Gambar 9. Cawan petri dengan koloni bergabung.	21
Gambar 10. Cawan petri dengan koloni berderet.	21
Gambar 11. Cawan petri dengan katagori spreader	22
Gambar 12. Peta lokasi pengambilan sampel di Wisata Pantai Galesong, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar.	28
Gambar 13. Cawan petri dengan 30-300 koloni (Sumber: Dokumentasi pribadi)	35
Gambar 14. Cawan petri dengan koloni rantai (Sumber: Dokumentasi pribadi).	35
Gambar 15. Cawan petri dengan katagori spreader (Sumber: Dokumentasi pribadi) ..	36
Gambar 16. Hasil perubahan tabung reaksi sebelum dan sesudah inkubasi pada medium LB (A, A1) serta BGLB (B, B1)	40
Gambar 17. Morfologi koloni bakteri pada medium Salmonella Shigella Agar (SSA). .	40
Gambar 18. Grafik jumlah rata-rata bakteri coliform pada tiga stasiun di perairan Wisata Pantai Galesong, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar.	41
Gambar 19. Grafik jumlah rata-rata koloni bakteri Salmonella sp. pada tiga stasiun di perairan Wisata Pantai Galesong, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar. .	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar baku mutu bakteri coliform untuk pelabuhan, wisata air dan biota laut PP no 22 tahun 2021.	14
Tabel 2. Kualitas sanitasi untuk rekreasi perairan laut.	14
Tabel 3. Interpretasi tingkatan nilai korelasi	24
Tabel 4. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian	28
Tabel 5. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian.....	30
Tabel 6. Tabel MPN dengan kombinasi tiga tabung.	34
Tabel 7. Hasil pengukuran parameter oseanografi Wisata Pantai Galesong, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar.	39
Tabel 8. Karakteristik Koloni Bakteri.....	40
Tabel 9. Nilai korelasi Pearson antara parameter oseanografi dengan jumlah bakteri coliform dan Salmonella sp. di Wisata Pantai Galesong	42

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bakteri merupakan salah satu makhluk hidup berukuran mikroskopis yang bersifat prokariotik, uniseluler dan mampu hidup secara berkoloni. Organisme ini mampu hidup di berbagai habitat seperti daratan, sungai, danau maupun perairan laut. Bakteri *coliform* salah satu contoh dari bakteri yang umum ditemukan di perairan. Bakteri ini merupakan bakteri dari famili *Enterobacteriaceae* dan terbagi menjadi lima genera yaitu *Escherichia*, *Klebsiella*, *Aeromonas*, *Citrobacter* dan *Enterobacter* (Cabelli *et al.*, 1983) dengan dua sub-kelompok yaitu fekal dan non fekal. Bakteri ini di perairan laut bersifat sebagai saprofit, meskipun ada yang bersifat parasit dan bisa menyebabkan penyakit bagi manusia. Contohnya bakteri *coliform* seperti *Escherichia coli* pada manusia dapat menyebabkan penyakit diare, gagal ginjal akut, demam typhoid, disentri dan hepatitis dan meningitis (Saputri dan Efendy 2020).

Bakteri *Salmonella* sp. merupakan salah satu bakteri family *Enterobacteriaceae* yang dapat ditemukan di perairan laut. Bakteri ini umumnya berasal dari daratan lalu terbawa menuju perairan laut dan dapat menyebabkan penyakit bagi manusia karena bersifat patogen. Salah satu penyakit yang ditimbulkan kepada manusia adalah *Salmonellosis*. Penyakit ini memiliki gejala berupa feses disertai dengan darah, kram perut, muntah, demam, diare dan sakit kepala (Maritsa *et al.*, 2017). Penyakit lain yang bisa ditimbulkan oleh bakteri ini adalah demam tifoid atau tipes. Penyakit ini merupakan salah satu penyakit endemik di Indonesia dan bersifat menular (Melarosa *et al.*, 2019).

Keberadaan bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. tidak hanya ditemukan pada perairan. Kedua bakteri ini juga ditemukan di tubuh biota laut, sehingga membahayakan manusia yang mengonsumsinya. Penelitian yang dilakukan Mannas *et al.*, (2014) mendapatkan spesimen bakteri *Salmonella* sp., *Vibrio* sp. dan *Escherichia coli* pada kerang spesies *Mytilus galloprovincialis* di pantai timur Maroko. Bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. banyak digunakan sebagai indikator pencemaran biologis dan risiko kesehatan yang kontak dengan perairan (EPA, 1986). Meskipun demikian kedua bakteri memiliki perbedaan fungsi indikator. Bakteri *coliform* diperlukan sebagai indikator adanya pencemaran bahan organik tinja. Sanitasi lingkungan menggunakan bakteri *Salmonella* sp. sebagai indikatornya.

Penelitian mengenai bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. pada perairan telah banyak dilakukan diantaranya: Hanifah *et al.*, (2020) melaporkan jumlah *coliform* di perairan Laut Kendal dan Massinai *et al.*, (2019) meneliti konsentrasi bakteri *Salmonella*

sp. di beberapa pantai dan pulau wisata di sekitar Makassar seperti Pulau Kayangan, Pantai Tanjung Bayang, Pantai Akkarena, Pulau Samalona dan Pulau Lae-Lae. Meskipun demikian, sampai saat ini penulis belum menemukan penelitian dan informasi terkait kehadiran bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp di lokasi penelitian.

Wisata Pantai Galesong masuk dalam wilayah Desa Tamalate, Kecamatan Galesong Utara, Takalar, Sulawesi Selatan. Pantai ini umumnya dipilih sebagai tempat peristirahatan warga Makassar dan para wisatawan dari daerah lainnya dikarenakan lokasinya yang dekat dari pusat Kota Makassar, Akses jalan menuju pantai sangat mudah, dan fasilitas dan prasarana yang ditawarkan cukup lengkap bagi pengunjung. Selain untuk wisata, pantai ini juga digunakan oleh masyarakat pesisir khususnya nelayan sebagai sarana tempat penangkapan dan budidaya hasil perikanan. Kehadiran wisatawan dan masyarakat pesisir di wilayah Pantai Galesong memberikan dampak positif salah satunya membuka lapangan pekerjaan dan meningkatkan pendapatan daerah. Tetapi juga dapat memberi dampak negatif terhadap kerusakan lingkungan perairan. Salah satunya adanya peningkatan bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. yang didukung oleh observasi awal penulis banyak menemukan titik-titik pembuangan sampah dan tinja yang menjadi indikasi sumber dari kedua bakteri tersebut.

Dampak bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. yang dapat membahayakan manusia dan biota laut dan belum tersedianya informasi/data terkait kedua bakteri di lokasi penelitian menjadi alasan penulis mengapa perlu dilakukannya penelitian terkait kehadiran *coliform* dan *Salmonella* sp di Pantai Galesong, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan:

1. Mengetahui jumlah bakteri total *coliform* dan *Salmonella* sp. di perairan Wisata Pantai Galesong, Kabupaten Takalar
2. Menganalisis hubungan parameter oseanografi dengan jumlah total bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. di Wisata Pantai Galesong, Kabupaten Takalar

C. Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah sebagai database untuk peneliti selanjutnya serta sebagai informasi dasar bagi pemerintah Kabupaten Takalar dalam pengelolaan wisata pantai.

I. TINJAUAN PUSTAKA

A. Bioekologi bakteri

Bioekologi bakteri berasal dari dua kata. Bioekologi berdasarkan Jekti (2018) berasal dari kata *bios*, *oikos* dan *logos*. Kata *bios* berarti makhluk hidup, *oikos* berarti rumah atau tempat hidup, sedangkan *logos* berarti ilmu. Bakteri merupakan salah satu makhluk hidup berukuran mikroskopik yang bersifat prokariotik, uniseluler dan hidup secara berkoloni. Bioekologi bakteri bila digabungkan memiliki arti ilmu yang mempelajari hubungan antara makhluk hidup yaitu bakteri dengan tempat hidup atau lingkungannya. Bioekologi bakteri berkaitan dengan karakteristik umum, reproduksi dan nutrisi dan ekologi terhadap lingkungan.

1. Karakteristik Umum *Coliform* dan *Salmonella* sp.

Bakteri memiliki karakteristik yang beragam baik dari segi morfologi maupun fisiologisnya. Umumnya morfologi bakteri terdiri atas morfologi koloni dan sel. Bakteri *coliform* merupakan kelompok bakteri dengan banyak genus dan spesies bakteri diantaranya *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Aeromonas*, dan *Escherichia* yang semuanya tergolong famili Enterobacteriaceae (Yuniarti, 2007). Kelompok bakteri ini terbagi menjadi dua sub kelompok berdasarkan sumbernya yaitu fekal dan non fekal.

Bakteri *coliform* memiliki banyak jenis dan karakteristik kelompok bakteri ini bisa berbeda-beda bergantung medium yang digunakan. Misalnya bakteri *Escherichia coli* pada medium padat *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA) dalam Sauring *et al.*, (2021) memiliki karakteristik koloni berwarna ungu kehitaman dengan hijau metalik, berbentuk bulat, mempunyai elevasi rata dan bertekstur halus, Sedangkan pada medium *MacConkey Agar* (MCA) berdasarkan Mahmoud *et al.*, (2017) memiliki karakteristik koloni berwarna merah, elevasi rata dengan tekstur halus. Bakteri *coliform* lain seperti *Klebsiella pneumonia* berdasarkan Wu *et al.*, (2022) memiliki karakteristik koloni berbeda yaitu berwarna merah muda keruh dengan tekstur berlendir. Bakteri *Citrobacter* sp. memiliki karakteristik koloni berwarna kuning, berbentuk bulat, elevasi cembung dengan tepian rata (Sari *et al.*, 2019).

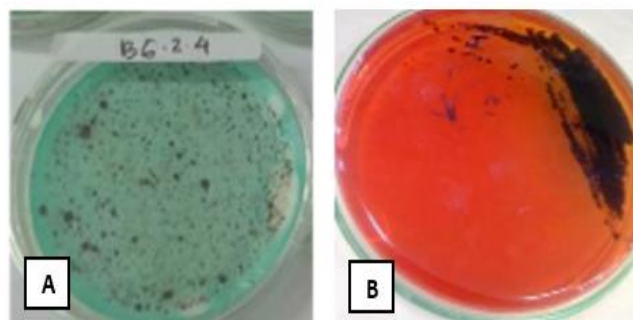
Bakteri *coliform* juga mampu hidup dan berkembang biak pada medium laktosa cair seperti *Lactose Broth* dan *Brilliant Green Lactose Broth Bile*. Bakteri ini mampu mengubah medium menjadi keruh dan menghasilkan gas (Katon *et al.*, 2020). Kekeruhan disebabkan oleh meningkatnya asam hasil fermentasi sehingga komponen laktosa menggumpal. Gumpalan inilah yang menjadikan hasil keruh. Gas berasal dari hasil fermentasi laktosa membentuk gas karbondioksida (Kamaliah, 2017).

Morfologi sel dari bakteri *coliform* juga beragam. Secara umum kelompok bakteri ini menurut Yuniarti, (2007) berkarakteristik bakteri Gram-negatif, berbentuk batang, tidak membentuk spora, dan hidup secara motil maupun non-motil. Bakteri *coliform* yaitu *Escherichia coli* dalam (Desmarchelier dan Fegan, 2016) mempunyai ciri-ciri sel berbentuk batang, memiliki flagella dan dapat hidup secara motil maupun non motil.



Gambar 1. Morfologi koloni bakteri pada medium *MacConkey Agar* (MCA) dengan A) *E.coli* dan B) *Klebsiella* sp. (Sumber: Widianingsih dan Aldino, 2018).

Bakteri *Salmonella* sp. yang hidup di medium *Salmonella Shigella Agar* (SSA) berdasarkan Srianta dan Elisa (2003) karakteristiknya yaitu bentuk bulat, tepi utuh, warna hitam di tengah koloni, elevasi permukaan melengkung ke atas/cembung, tekstur halus, *mucoïd* dan *opaque*. Warna hitam yang dihasilkan koloni bakteri *Salmonella* sp. pada medium ini merupakan hasil pengubahan sodium thiosulphate menjadi sulfid dan asam sulfat menggunakan enzim reduktif tiosulfat reduktase yang ditandai dengan endapan hitam ferro sulfida. Bakteri *Salmonella* sp. juga dapat di medium lain seperti medium selektif *Bismuth Sulfite Agar* (BSA) dengan karakteristik berbentuk bulat, tepi utuh, warna hitam, elevasi cembung, tekstur halus, *mucoïd* dengan sedikit kusam/*opaque* (Kartika *et al.*, 2014).



Gambar 2. Morfologi Koloni Bakteri *Salmonella* sp. pada medium A) *Bismuth Sulfite Agar* dan B) *Salmonella Shigella Agar* (sumber: Massinai *et al.*, 2019; Wibisono, 2016).

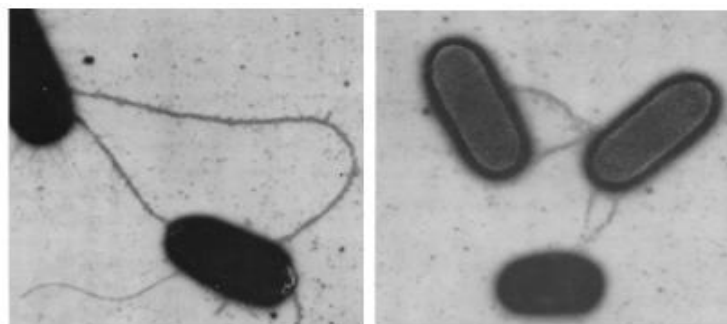
Morfologi sel bakteri *Salmonella* sp. menurut Kunarso (1987) berbentuk batang atau silindris, umumnya tidak berspora, motil serta terdapat flagella peritrik di pada tubuhnya kecuali pada jenis bakteri *Salmonella gallinarum* dan *Salmonella pullorum*.

2. Reproduksi dan Nutrisi *Coliform* dan *Salmonella* sp.

Kehidupan bakteri dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya kemampuan bereproduksi dan memperoleh nutrisi dari lingkungannya. Bakteri secara umum mengadakan reproduksi dengan dua cara, yaitu secara aseksual dan seksual. Reproduksi seksual dilakukan dengan cara transformasi, transduksi, dan konjugasi.

Transformasi adalah metode reproduksi dengan memindahkan materi genetik berupa DNA dari sel bakteri ke sel bakteri yang lain. Transformasi dapat terjadi secara alami atau buatan. Bakteri *coliform* seperti *E.coli* umum digunakan sebagai inang reproduksi menggunakan metode reproduksi ini (Rotinsulu *et al.*, 2019). Transduksi adalah pemindahan materi genetik dari sel bakteri satu ke bakteri lain melalui perantara virus (Rini dan Jamilatur, 2020). Salah satu genus kelompok bakteri *coliform* yaitu *Escherichia* dan *Salmonella* sp. juga diketahui memiliki kemampuan reproduksi ini (Kusnadi *et al.*, 2003).

Konjugasi merupakan proses pemindahan sebagian materi genetik dari satu bakteri ke bakteri yang lain secara langsung melalui saluran konjugasi sehingga kedua sel saling berhubungan dan terja di kontak langsung. Dengan pentransferan DNA dari sel bakteri donor ke sel bakteri penerima melalui ujung pilus. Ujung pilus akan menempel pada sel penerima dan DNA akan dipindahkan melalui ujung pilus (Rini dan Jamilatur, 2020). Contoh bakteri yang bereproduksi secara konjugasi terjadi pada bakteri gram negatif seperti *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, *Pseudomonas* dan lain-lain. Kelompok bakteri *coliform* seperti *E.coli*, *Kliebsiella*, *Enterobacter* juga diketahui juga bisa bereproduksi dengan cara ini.



Gambar 3. Proses Konjugasi pada Bakteri *E. coli* (Sumber: Curtiss *et al.*, 1969).

Reproduksi aseksual bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. dilakukan dengan pembelahan biner. Hasil reproduksi jenis ini berupa sel anak yang memiliki sifat sama dengan sel induknya (Padoli, 2016). Semua spesies tidak mempunyai waktu pembelahan yang sama. Contohnya pada kelompok bakteri *coliform* seperti *Escherichia coli* mempunyai waktu pembelahan 15 - 20 menit (Boleng, 2015). Sedangkan pada bakteri *Salmonella* sp. memiliki waktu pembelahan diri yang bervariasi mulai dari 21 sampai 34.8 menit (Silva *et al.*, 2009). Pembelahan ini tergantung pada cukup tidaknya nutrisi, pH, intensitas cahaya, oksigen, air, genetiknya, dan faktor pertumbuhan lainnya (Boleng, 2015).

Mikroorganisme seperti bakteri dapat hidup secara heterotrof yaitu dengan menggunakan sumber karbon dari zat organik yang terdapat pada organisme lain. Kelompok bakteri tertentu juga dapat hidup dengan autotrof yaitu menggunakan zat anorganik sebagai sumber karbonnya (Prayitno dan Nuril, 2017). Berdasarkan cara memperoleh makanan dari lingkungan secara heterotrof Setyati dan Subagiyo (2008) membagi bakteri dalam 2 kelompok yaitu: Bakteri parasit yang nutrisi hidupnya didapatkan dari inangnya secara parasit dan bakteri saprofit yang sumber nutrisinya berasal bahan organik dari sisa organisme yang telah mati (Notowinarto dan Fenny, 2015).

Bakteri *coliform* hidup di perairan menjadi heterotrof secara saprofit di lingkungannya seperti *Citrobacter* dan *Klebsiella* yang banyak ditemukan pada perairan (Sari *et al.*, 2019). Meskipun begitu beberapa jenis dari kelompok bakteri ini juga hidup sebagai parasit misalnya *Escherichia Coli* dan *Enterobacteria* sp. bagi biota perairan maupun manusia (Manurung dan Darna, 2017). Hal ini dikarenakan bakteri golongan *coliform* dapat menyebabkan penyakit dalam sistem pencernaan pada manusia (Saputri dan Efendy, 2020). Bakteri *coliform* menurut Girard *et al.*, (2005) juga diketahui dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan biota laut yang dibudidayakan (Sutiknowati, 2012). Mayoritas bakteri *Salmonella* sp. hidup menjadi heterotrof parasit bagi inangnya baik biota perairan maupun manusia. Beberapa jenis bakteri ini yang diketahui sering menginfeksi manusia dan biota laut diantaranya adalah *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteridis* (Kunarso, 1987).

3. Ekologi *Coliform* dan *Salmonella* sp.

Bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. memiliki hubungan yang erat dengan lingkungan. Hal ini dikarenakan bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. dalam kehidupannya di perairan laut dipengaruhi oleh parameter oseanografi diantaranya: suhu, salinitas, kecerahan, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut dan bahan organik total.

a. Suhu

Suhu perairan laut tropis khususnya Indonesia cenderung beragam. Suhu perairan pada permukaan laut dipengaruhi oleh kondisi meteorologis seperti curah hujan, penguapan, kelembaban, suhu, kecepatan angin dan intensitas cahaya matahari (Suhana, 2018). Nontji (2005) menyatakan umumnya suhu permukaan perairan laut tropis khususnya Indonesia adalah berkisar antara 28 – 31°C (Hamuna *et al.*, 2018).

Suhu sangat berperan bagi mikroorganisme seperti kecepatan pertumbuhan bakteri, kecepatan sintesis dan inaktivasi enzim (Suriani *et al.*, 2013). Supardi dan Sukanto (1999) menyebutkan bahwa perubahan suhu dapat mengganggu proses kerja enzim yaitu suhu rendah akan menyebabkan menurunnya kemampuan enzim dan sebaliknya enzim akan terdenaturasi ketika suhu tinggi (Fathoni *et al.*, 2016). Dampak inilah yang menyebabkan perubahan suhu sangat berdampak bagi kehidupan bakteri di perairan. Sehingga meskipun bakteri dapat hidup bertahan pada perubahan suhu tinggi tetapi pada tingkat tertentu kenaikan suhu juga menyebabkan kematian bagi bakteri. Penurunan suhu yang mendadak dapat menyebabkan terganggunya metabolisme bakteri walaupun bakteri akan kembali beradaptasi dengan perubahan suhunya (Mudatsir, 2007).

Berdasarkan perbedaan suhunya menurut Black (2008) bakteri dibagi menjadi beberapa jenis yaitu: 1) Bakteri psikofil hidup pada kisaran suhu 0-20°C. Bakteri psikotrop dapat tumbuh pada suhu 0-35°C. 2) Bakteri mesofil dapat tumbuh pada suhu 20-45°C dan 3) bakteri termofil tumbuh pada suhu 45-65°C. Bakteri hipertermofil hidup pada suhu di atas 90°C dan maksimal pada suhu 100°C, namun pada beberapa bakteri dapat hidup pada suhu 80-113°C (Adnyana *et al.*, 2016). Bakteri juga dipengaruhi oleh kemampuan aklimatisasi suhu yaitu kemampuan beradaptasi perbedaan suhu. Lestari dan Ayu (2018) yang membandingkan jumlah bakteri di suhu 30°C dan suhu 10°C. Penelitian serupa dilakukan Siburian *et al.*, (2012) dengan suhu 30°C dengan suhu -6°C.

Bakteri mempunyai toleransi yang berbeda terhadap suhu bergantung jenis mikroorganismenya. Bakteri *coliform* berdasarkan Nurdiana *et al.*, 2019 menyatakan bahwa kelompok bakteri ini dapat hidup pada perairan di suhu 10 - 45°C dengan suhu optimum, yaitu 37°C di perairan laut. Bakteri *Salmonella* sp. dapat tumbuh pada suhu 5°C hingga 47°C dengan suhu optimum antara 35°C sampai 37°C (Tapotubun *et al.*, 2016). Walaupun perubahan suhu di perairan relatif stabil namun penelitian terkait nilai suhu perairan terhadap jumlah bakteri telah banyak dilakukan. Tracogna *et al.*, (2013) mendapatkan nilai jumlah rata-rata *coliform* tertinggi 1.8×10^6 CFU/100mL dengan suhu

24°C dan terendah 4.8x10⁵ CFU/100 mL suhu 26 °C. Nurdiana *et al.*, (2019) melaporkan jumlah *coliform* tertinggi 93 MPN/100 mL dan terendah 0 MPN/100 mL dengan suhu berturut turut yaitu 25 °C dan 28 °C.

b. Salinitas

Salinitas dalam perairan dapat diartikan sebagai konsentrasi total ion-ion terlarut dalam perairan. Ion-ion yang memberikan kontribusi utama adalah natrium klorida, kalium klorida, sulfat, bikarbonat (Mudatsir, 2007). Salinitas dipengaruhi oleh berbagai faktor. Nurhayati (2002) mengemukakan bahwa keberadaan nilai salinitas dalam distribusinya di perairan laut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adanya interaksi masuknya air tawar ke dalam perairan laut melalui sungai. Salinitas juga dipengaruhi penguapan dan curah hujan. Nilai salinitas di perairan laut tropis seperti Indonesia menurut Nontji (2002) berkisar antara 28-33 ppt (Patty, 2013).

Parameter salinitas sangat berperan terhadap kehidupan bakteri khususnya di perairan. Perubahan nilai salinitas dapat menyebabkan perubahan morfologis dan fisiologis bakteri. Salinitas juga mengakibatkan perubahan mekanisme reproduktif dimana sel-selnya masih dapat tumbuh walaupun tidak dapat aktif membelah. Hal ini mengakibatkan perpanjangan waktu bakteri untuk melakukan regenerasi. Kehidupan mikroba di air tergantung kepada kemampuan mikroba itu bertahan terhadap salinitas air tersebut. (Mudatsir, 2007). Kemampuan ini yang membedakan bakteri halotoleran dan bakteri halofilik. Bakteri halofilik memerlukan kadar garam untuk kehidupannya sedangkan bakteri halotoleran adalah bakteri yang mampu hidup baik di kondisi kadar garam tinggi maupun tanpa kadar garam (Nilawati *et al.*, 2014).

Pembagian kelompok bakteri berdasarkan kemampuan kadar garam berbeda-beda. Boneng (2015) membagi bakteri ini terbagi menjadi dua kelompok yaitu Halofilik obligat yaitu bakteri yang membutuhkan konsentrasi garam NaCl tinggi secara mutlak dan bakteri Halofilik fakultatif kelompok bakteri yang dapat tumbuh dalam larutan garam NaCl, tetapi tidak mensyaratkannya. Nilawati *et al.*, (2014) membagi bakteri berdasarkan kemampuan pada perbedaan garam menjadi tiga kelompok yaitu bakteri halofilik moderat, halofilik ekstrim dan halotoleran.

Bakteri *coliform* seperti *E.coli* memiliki daya tahan yang baik di dalam perairan laut meskipun tidak dapat hidup pada salinitas yang terlalu tinggi (>30 ‰). Sanusi, (2006) menyatakan bakteri *coliform* merupakan bakteri yang memiliki kemampuan adaptasi rendah dalam lingkungan kaitannya dengan salinitas dimana terjadi menurunnya kemampuan resistensi bakteri ini seiring dengan naiknya kadar salinitas (Nurdiana *et al.*, 2019). Bakteri *Salmonella* sp. hidup pada salinitas yang beragam. Jay

et al., (2005) menyatakan *Salmonella* sp. dapat bertahan hidup dalam perairan dengan salinitas rendah (Akbar *et al.*, 2015). Meskipun demikian Abhirosh *et al.*, (2012) menyatakan bakteri ini juga dapat bertahan hidup dengan baik dalam perairan laut yang mengalami pengenceran secara lemah atau dengan konsentrasi garam yang meningkat secara bertahap.

Perbandingan nilai jumlah bakteri terhadap salinitas telah banyak dilakukan misalnya Abmi *et al.*, (2021) melaporkan jumlah bakteri *coliform* tertinggi di perairan muara sungai Dumai dengan nilai 1.100 MPN/100 mL dengan salinitas 3 ppm dan terendah 11,1 MPN/100 mL di salinitas 20 ppm. Prasetyo (2021) mendapatkan nilai total *coliform* di Teluk Benoa 460 MPN/100 mL dengan salinitas 34 ppm dan terendah yaitu 0 MPN/100 mL di salinitas 36 ppm.

c. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran daya aktif ion hidrogen di dalam air. Batas toleransi mikroorganisme di air terhadap pH air bervariasi dan dipengaruhi oleh banyak faktor seperti suhu, oksigen terlarut, alkalinitas, adanya berbagai ion dan kation serta jenis organisme yang hidup di dalamnya (Mudatsir, 2007). Bahan organik perairan juga diketahui yang dapat mempengaruhi nilai pH perairan akibat proses dekomposisi yang menghasilkan CO₂ di perairan (Yuspita *et al.*, 2018).

Nilai pH permukaan laut tropis seperti di Indonesia umumnya bervariasi antara 6,0 ± 8,5 (Rukminasar *et al.*, 2014). Perairan Indonesia mendapat pengaruh dari perairan-perairan besar yang masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda, salah satunya dalam hal tingkat keasaman. Doney (2006) menyebutkan Samudera Pasifik memiliki pH yang cukup tinggi mencapai 8,05 dan Samudera Hindia memiliki pH sekitar 8 – 8,05. Selain itu diketahui pula bahwa Laut Cina Selatan memiliki pH yang rendah yaitu kurang 8 (Rizki *et al.*, 2015).

Peranan pH terhadap pertumbuhan bakteri ini berkaitan dengan aktivitas enzim. Enzim ini dibutuhkan oleh beberapa bakteri untuk mengkatalis reaksi-reaksi yang berhubungan dengan pertumbuhan bakteri. Apabila pH dalam suatu medium atau lingkungan tidak optimal maka akan mengganggu kerja enzim-enzim tersebut dan akhirnya mengganggu pertumbuhan bakteri itu sendiri (Suriani *et al.*, 2013). Bakteri yang terdapat di air hidup pada pH optimum 6,0-8,0, meskipun beberapa mikroba memiliki pH optimum 3,0 dan beberapa mikroba lainnya memiliki pH optimum 10,5 (Mudatsir, 2007). Bakteri *coliform* memiliki kondisi pH optimal yaitu berkisar antara 6,5 sampai 7,5 (Nurdiana *et al.*, 2019) namun mampu hidup hingga pH 9 (Naillah *et al.*, 2021). Bakteri *Salmonella* sp. aktif bertumbuh pada kisaran pH 3,6 – 9,5 dan optimal

pada nilai pH mendekati normal yaitu 6,5–7,5 (Fatiqin *et al.*, 2019). Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian Hanna *et al.*, (2005) yang melaporkan peningkatan pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi* pada pH 3,5 – 6 dan tumbuh optimal pada pH 6 – 8 serta menyimpulkan bakteri ini tidak hidup secara optimal pada kondisi asam.

Hasil penelitian jumlah bakteri dengan perbedaan pH juga dilakukan seperti Arifudin *et al.*, (2017) yang melaporkan jumlah bakteri *coliform* di perairan sungai tertinggi yaitu 42×10^3 MPN/100 mL rentang pH 7 dan terendah yaitu 3×10^3 MPN/100 mL pada pH 6. Widiyanto (2017) meneliti jumlah *coliform* di sumur tertinggi $29,6 \times 10^3$ MPN/100 mL di rentang pH 9,02 dan jumlah terendah yaitu $1,8 \times 10^3$ MPN/100 mL dengan pH 9,2.

d. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan jumlah oksigen yang tersedia dalam suatu badan air. Parameter ini bergantung dari beberapa faktor diantaranya kekeruhan air, suhu, salinitas, pergerakan massa air dan udara seperti arus, gelombang dan pasang surut (Salmin, 2005). Kadar oksigen terlarut di dalam perairan nilainya adalah relatif beragam. Sutamihardja (1987) berpendapat bahwa kadar oksigen di perairan laut yang normal berkisar antara 5,7-8,5 mg/l (Patty, 2017). Kadar oksigen terlarut di perairan pesisir kota Makassar berdasarkan Suharto *et al.*, (2018) berkisar antara 6,9 mg/l hingga 7,1 mg/l. Parameter ini berperan mikroorganisme seperti bakteri untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik di perairan (Salmin, 2005).

Berdasarkan kebutuhannya terhadap oksigen, bakteri terbagi menjadi dua yaitu aerob dan anaerob. Bakteri aerob yaitu kelompok bakteri yang pertumbuhannya membutuhkan oksigen. Bakteri anaerob merupakan kelompok bakteri tumbuh tanpa adanya kandungan oksigen. Bakteri anaerob sendiri terbagi menjadi tiga kelompok yaitu bakteri anaerob obligat, anaerob aerotoleran dan anaerob fakultatif. Bakteri anaerob obligat adalah bakteri yang hanya tumbuh di bawah kondisi tanpa oksigen secara mutlak. Keberadaan oksigen bersifat toksik bagi sel bakteri kelompok ini. Bakteri anaerob aerotoleran merupakan bakteri yang hidup optimum tanpa oksigen namun memiliki toleransi terhadap oksigen. Kelompok bakteri anaerob fakultatif yaitu bakteri yang dapat tumbuh secara normal baik dengan adanya oksigen maupun tanpa adanya oksigen (Boleng, 2015).

Setiap bakteri memiliki kebutuhan oksigen yang berbeda-beda berdasarkan sifatnya. Bakteri *coliform* secara umum hidup aerob atau anaerob fakultatif maupun

keduanya misalnya pada *Escherichia coli* (Sutiknowati, 2016) dan bakteri *Klebsiella* sp. yang bersifat anaerob fakultatif (Tarina dan Fitri, 2016). Sedangkan pada bakteri *Salmonella* sp. umumnya bersifat aerob atau anaerob fakultatif (Kunarso, 1987). Pengukuran kadar oksigen terlarut terhadap jumlah bakteri di perairan telah banyak dilakukan. Safitri et al., (2018) melaporkan jumlah *coliform* tertinggi 550×10^3 MPN/100mL dan terendah 4×10^3 MPN/100mL dengan oksigen terlarut berturut-turut 3.3 mg/L dan 4,2 mg/L. Santi et al., (2017) mendapatkan nilai jumlah bakteri heterotrof tertinggi (2500 CFU/mL) dengan oksigen terlarut 7,11 mg/L dan terendah 250 CFU/mL pada 6,51 mg/L.

e. Bahan Organik Total (BOT)

Bahan Organik Total (BOT) merupakan parameter yang menggambarkan kandungan bahan organik dalam suatu perairan terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi, dan koloid (Perdana et al., 2013) Kandungan bahan organik total yang terdapat perairan berbeda-beda. Syafrani (1994) menyatakan bahwa kandungan bahan organik total di perairan secara umum antara 1,0 mg/l hingga 30,0 mg/l. Nilai yang melebihi kandungan ini menandakan adanya masukan akibat kegiatan manusia. Kandungan bahan organik yang tinggi akan mempengaruhi tingkat keseimbangan perairan (Wijayanto et al., 2015).

Kandungan bahan organik total selain disebabkan oleh masukan bahan organik dari daratan tetapi juga dari aktivitas dekomposisi bahan organik dari perairan dan faktor lainnya. Ulqodry et al., (2010) menyatakan sumber bahan-bahan organik total juga didapatkan secara alamiah berasal dari perairan itu sendiri melalui proses penguraian dan dekomposisi sisa-sisa organisme mati (Marwan et al., 2015). Oksidasi bahan organik di perairan oleh Boyd (1988) juga dipengaruhi oleh suhu, derajat keasaman, oksigen terlarut, jenis bahan organik, dan nitrogen sehingga semakin banyak bahan organik serta didukung faktor-faktor lain maka akan dapat menambah total bakteri untuk dapat mengoksidasi bahan-bahan organik (Kristiawan et al., 2014).

Bakteri *coliform* berkaitan dengan keberadaan bahan organik total disebuah perairan. Komala dan Yanarosanti (2014) menyatakan kehadiran mikroorganisme seperti bakteri *coliform* di dalam perairan cenderung meningkat jika kandungan bahan organik di dalam air tinggi yang berfungsi sebagai tempat dan sumber kehidupan bakteri tersebut (Pratiwi et al., 2019). Bakteri *Salmonella* sp. menurut Massinai et al., (2019) termasuk dalam kelompok kemoorganotrof. Mikroorganisme dari kelompok ini memerlukan bahan organik sebagai sumber energi, karbon, dan elektronnya (Prayitno dan Nuril, 2017). Sehingga keberadaan bahan organik total yang tinggi juga dapat

memberikan nutrisi untuk mendukung kehidupan dan perkembangbiakan bakteri *Salmonella* sp. (Massinai *et al.*, 2019).

Penelitian terhadap jumlah bakteri terhadap bahan organik total banyak dilakukan misalnya Sabar dan Inayah (2016) melaporkan jumlah bakteri tertinggi *Escherichia coli* di pelabuhan Bastiong dan pantai Kayu Merah sebesar (1100 CFU/100 mL) dengan kandungan Bahan Organik Total 296 mg/L dan terendah (28 CFU/100 mL) di 27 mg/L. Marwan *et al.*, (2015) mendapatkan jumlah total bakteri tertinggi di perairan muara Sungai Babon yaitu 180×10^2 CFU/gr dengan kandungan bahan organik total yaitu 28,6 mg/L dan terendah 120×10^2 CFU/gr di 15,5 mg/L.

f. Kekeruhan dan Kecerahan

Kehidupan bakteri juga dipengaruhi kecerahan dan kekeruhan dari perairan. Tingginya nilai kecerahan menunjukkan tingginya penetrasi cahaya matahari masuk ke perairan. Penetrasi cahaya dapat meningkatkan proses fotosintesis di perairan dan memudahkan interaksi bakteri mendapatkan oksigen. Meskipun demikian kecerahan tinggi juga dapat merusak sel bakteri (Mudatsir, 2007).

Kekeruhan memberikan peranan dalam kehidupan bakteri yaitu menghasilkan peningkatan konsentrasi partikel sedimen, yang memfasilitasi perlekatan bakteri dan dengan demikian dapat meningkatkan suspensinya di dalam air. Sebagai tambahan partikel tersuspensi juga dapat berfungsi sebagai pelindung bagi bakteri *coliform* seperti *E.coli* dengan memberikan perlindungan dari radiasi ultraviolet (Sanchez *et al.*, 2021). Meskipun demikian hubungan pengaruh parameter kecerahan dan kekeruhan terhadap bakteri belum sepenuhnya akurat. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Jimenez dan Christobal (2012) yang melaporkan tidak adanya hubungan antara kekeruhan dengan kelimpahan bakteri *Salmonella* sp. di perairan sungai Sinaloa.

Kecerahan dan kekeruhan di perairan laut tropis beragam. Hal ini disebabkan berbagai faktor seperti kehadiran partikel suspensi baik organik maupun non organik seperti pasir dan lumpur. Sehingga kecerahan di perairan laut lepas umumnya lebih tinggi bila dibandingkan bila di perairan sungai maupun pantai akibat banyaknya terdapatnya partikel tersuspensi yang terbawa aliran sungai dari lahan atas dan adanya proses sedimentasi serta abrasi di sekitar pantai (Khairul, 2017).

Rentang nilai kecerahan dan kekeruhan perairan terhadap jumlah bakteri sudah banyak diteliti. Diantaranya Sumarya *et al.*, (2020) mendapatkan jumlah bakteri total *coliform* tertinggi 1260 MPN/100 mL dengan rentang kecerahan 111 cm dan kekeruhan 7,34 JTU. Sedangkan nilai jumlah terendah yaitu 26 MPN/100 mL dengan rentang kecerahan 183 cm dan kekeruhan 5,03 JTU. Umasugi *et al.*, (2021) melaporkan jumlah

bakteri tertinggi yaitu 31 MPN/100 mL di rentang kecerahan 7.5 m dan jumlah terendah 15 MPN/100 mL dengan rentang kecerahan 7 m.

g. Gelombang dan Arus Pasang Surut

Arus dan gelombang berperan dalam kehadiran bakteri seperti *coliform* dan *Salmonella* sp. di perairan laut. Hal ini dikarenakan keduanya mempengaruhi proses difusi oksigen dari udara dan penimbunan bahan organik di perairan. Pergerakan massa air seperti arus dan gelombang juga mengakibatkan pengadukan air dari permukaan ke dasar air sehingga menghilangkan kemungkinan terjadinya pelapisan suhu air, menghindari kondisi anaerob di dasar air serta dapat mengencerkan senyawa-senyawa hasil metabolisme (Mudatsir, 2007). Hal ini berdampak kepada bakteri yang masuk ke perairan laut dapat tetap berada di kolom perairan atau terendap di dasar sedimen.

Gelombang dan arus perairan yang tenang dapat menyebabkan bakteri terendap bersama dengan partikel-partikel sedimen. Pendapat ini diperkuat oleh Notowiranto dan Agustina (2015) yang menyebutkan habitat bakteri cenderung menempel pada sedimen atau bahan padatan lain. Sehingga bakteri indikator seperti *Salmonella*, *Klebsiella* dan *coliform* dapat tetap hidup lebih banyak dan lama di sedimen daripada di kolom air baik tawar maupun laut (Hanifah *et al.*, 2020). Pergerakan arus dan gelombang laut seperti pasang-surut di perairan Indonesia umumnya kurang dari 1,5 m/s, kecuali di selat-selat di antara pulau-pulau Bali, Lombok, dan Nusa Tenggara Timur, kecepatannya bisa mencapai 2,5 - 3,4 m/s. Pasang surut terkuat yang tercatat di Indonesia adalah di Selat antara Pulau Taliabu dan Pulau Mangole di Kepulauan Sula, Propinsi Maluku Utara, dengan kecepatan 5,0 m/s (Welly *et al.*, 2012).

Penelitian terkait pengaruh pergerakan arus dan gelombang perairan seperti pasang surut terhadap jumlah bakteri banyak dilakukan. Contohnya Wahyuni (2015) mendapatkan jumlah bakteri tertinggi yaitu 89×10^4 CFU/mL dan terendah 1×10^4 CFU/mL pada saat pasang. Kondisi surut jumlah bakteri tertinggi didapatkan 79×10^4 CFU/mL dan terendah 15×10^4 CFU/mL. Lopez (2014) meneliti jumlah bakteri *Enterococci* sp. pada saat pasang surut di pesisir Stone Town, Zanibar. Hasil jumlah tertinggi yang didapatkan saat pasang yaitu 89×10^2 CFU/100mL dan terendah $3,9 \times 10^2$ CFU/100mL. Kondisi surut jumlah bakteri tertinggi 17×10^2 CFU/100mL dengan nilai terendah $4,6 \times 10^2$ CFU/100mL.

B. Bakteri sebagai Indikator Pencemaran

Kehadiran bakteri juga banyak di gunakan dalam standar baku mutu tertentu berkaitan dengan fungsi bakteri sebagai bioindikator. Peraturan Pemerintah no 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

mengatur salah satu indikator biologis untuk meneliti kualitas pencemaran suatu lingkungan berdasarkan penggunaan lokasinya (Tabel 1).

Tabel 1. Standar baku mutu bakteri *coliform* untuk pelabuhan, wisata air dan biota laut PP no 22 tahun 2021.

No	Parameter	Satuan	Pelabuhan	Wisata Bahari	Biota Laut
1	Fecal <i>Coliform</i>	MPN/100 mL	-	200	-
2	<i>Coliform</i> (Total)	MPN/100 mL	1000	1000	1000
3	Patogen	Sel/100 mL	-	Nihil	Nihil
4	Fitoplankton	Sel/mL	-	1000	1000
5	Radioaktifitas	Bq/L	-	4	4

Sumber: <https://peraturan.bpk.go.id/>

Jumlah bakteri *Salmonella* sp. diatur dalam organisasi EEC (European Economic Community) yang merekomendasikan standar konsentrasinya di perairan laut yaitu nihil atau 0 CFU dalam setiap 100 mL atau 1 L sampel (Tabel 2).

Tabel 2. Kualitas sanitasi untuk rekreasi perairan laut.

Organization	Total <i>coliform</i>	Fecal <i>coliform</i> <i>Escherichia coli</i>	Fecal <i>Streptococci</i>	Other microbial parameters
EEC (76/160)	TC ₈₀ = 500 TC ₉₅ = 10000	FC ₈₀ = 1000 FC ₉₅ = 2000	FS ₉₀ = 100	Absence of <i>Salmonella</i> and Enteroviruses at 1L
WHO/UNEP	-	FC ₅₀ = 100 FC ₉₀ = 1000	FS ₉₀ = 100 FS ₉₀ = 1000	-
EU (94/C 112/03)	-	EC ₈₀ = 100 EC ₉₅ = 2000	FS ₈₀ = 100 FS ₉₅ = 4000	Absence of bacteriophages and Enteroviruses at 1L

Sumber: Dionisio *et al.*, 2002

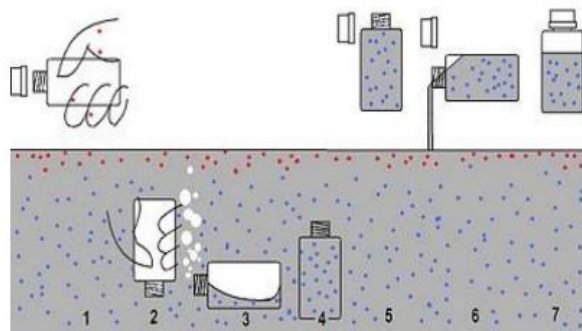
C. Analisis Bakteri

1. Cara Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel yang representatif adalah sampel yang sebisa mungkin mencerminkan komposisi dari suatu bagian atau batch tertentu. Sebelum dilakukan pengambilan sampel perlu memastikan distribusi bakteri dan lokasi pengambilan. Selain itu kehomogenan mikroorganisme pada lokasi sampel air juga perlu diperhatikan dikarenakan perbedaan perlakuan pengambilan sampel air mengalir dan menggenang (Hafsan, 2014). Botol sampel yang digunakan dapat terbuat dari kaca borosilicate atau plastik tahan panas seperti polypropilene. Tutup botol dapat dibungkus dengan

aluminum foil agar botol terhindar dari kontaminasi. Botol ini harus steril bagian dalamnya dan bagian luarnya telah didesinfeksi. Beberapa macam metode untuk pengambilan sampel air menggunakan botol sampel. Perairan yang memiliki air yang tenang dengan sedikit arus penyebab sedimentasi seperti pantai dapat menggunakan metode *hand dip* (Hafsan, 2014).

Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuka tutup botol lalu botol dimasukkan ke air dengan posisi mulut botol di bawah. Kemudian mencelupkan botol. Usahakan agar udara yang ada di dalam botol tertekan dan mencegah air permukaan masuk. Setelah itu memiringkan botol hingga air perlahan masuk. Mulut botol diletakkan melawan arus atau mendorong botol horizontal berlawanan arah. Setelah itu mengangkat botol ke permukaan lalu membuang sedikit air yang terambil. Langkah terakhir menutup botol kemudian memasukkan botol ke dalam dalam coolbox (Hafsan, 2014). Berikut ini adalah gambar proses pengambilan sampel dengan metode *hand dip* (gambar 4).



Gambar 4. Pengambilan sampel air dengan metode *hand dip* (Sumber: Hafsan, 2014).

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengambilan sampel dengan metode ini diantaranya: Pengambilan sampel jangan ambil di dekat permukaan dan menjauhi tepian serta berlawanan dengan arah arus air, Pengambilan sampel juga sebaiknya diambil pada kedalaman 8-12 inchi atau melebihi dari 4 inchi, Berjalan melawan arus secara hati-hati dan diam sejenak setelah pengambilan sampel untuk menghindari sedimentasi pada dasar serta memperhatikan agar sampah tidak ikut masuk ke dalam botol sampel (Hafsan, 2014).

2. Preparasi Sampel

Proses pengangkutan sampel setelah harus dipreparasi dengan baik agar tidak rusak setelah pengambilan. Sehingga wadah penyimpan botol sampel yang tepat seperti *cool box* diperlukan dalam menjaga mikroorganisme saat pengangkutan. Wadah ini terdapat sekat/isolator suhu dirancang untuk menjaga suhu. Suhu dingin diberikan

dengan memasukkan es ke dalam wadah. Perlakuan suhu dingin dapat memperlambat aktivitas metabolisme namun tidak merusak enzim dan komponen sel bakteri. Sampel sebaiknya disimpan pada suhu 2-8°C dan tidak pada suhu beku karena akan merusak sel bakteri (Hafsan, 2014).



Gambar 5. Contoh wadah *cool box* (Sumber: Naufal dan Amiruddin, 2019).

Setelah sampel diambil harus segera dianalisa di laboratorium. Jika tidak memungkinkan maka ada batas toleransi yang diperbolehkan dalam penyimpanannya. Batas ini ditentukan untuk mencegah data sampel menjadi bias dan tidak akurat. Waktu penyimpanan bisa berbeda pada jenis sampel. Batas penyimpanan sampel air untuk uji HPC (*Heterotrophic Plate Count*) yaitu 24 jam. Uji total *coliform* atau *E.coli* dianalisa sebelum 48 jam untuk air minum dan 30 jam pada air limbah (Hafsan, 2014).

Persiapan preparasi juga meliputi sterilisasi alat dan bahan, pembuatan medium dan pengenceran sampel. Sterilisasi adalah proses penghilangan atau membunuh mikroorganisme pada alat dan bahan laboratorium untuk menghindari kontaminasi mikroorganisme (Istini, 2020). Terdapat tiga metode sterilisasi yaitu secara fisik, kimia dan mekanik. Sterilisasi fisik merupakan metode yang digunakan untuk membunuh mikroorganisme patogen secara fisik. Sterilisasi kimia melibatkan penggunaan senyawa kimia atau disinfektan dalam prosesnya (Boleng, 2015). Sterilisasi mekanik yaitu penyaringan menggunakan filter khusus (Hafsan, 2014). Alat dan bahan yang sterilisasi sudah terbebas dari kontaminasi dan dapat digunakan untuk analisis laboratorium.

Preparasi sampel juga meliputi pembuatan medium yang menjadi tempat pertumbuhan dan pengembangbiakan bakteri. Medium mengandung berbagai nutrisi yang memungkinkan bakteri dapat tumbuh dan juga dirancang agar tidak memungkinkan mikroba lain untuk tumbuh di dalam media tersebut. Medium memerlukan syarat tertentu agar bakteri dapat hidup dan berkembang diantaranya: 1) medium memiliki unsur hara yang diperlukan, 2) tekanan osmosis dan pH medium yang sesuai untuk bakteri dan 3) medium harus dalam keadaan steril (Boleng, 2015).

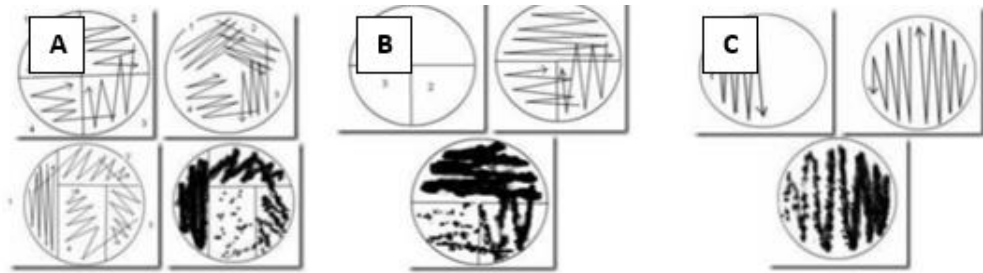
Medium bakteri beragam dan terbagi berdasarkan sifat bahan dan kegunaannya. Medium dari kegunaannya dikelompokkan menjadi: medium umum, medium sederhana, medium pengaya, medium pemupuk, medium diferensiasi, medium selektif, medium khusus, dan medium serbaguna (Boleng, 2015). Berdasarkan sifat bahannya medium dibagi menjadi medium padat, cair dan semipadat (Hafsan, 2014). Medium untuk umum digunakan pada pengujian *coliform* diantaranya *Eosin Methylene Blue Agar*, *MacConkey Agar*, *Lactose Broth* dan *Brilliant Green Lactose Broth Bile*. Medium bakteri *Salmonella* sp. contohnya *Bismuth Sulfite Agar* dan *Salmonella Shigella Agar*

Sampel sebelum inokulasi dan isolasi dilakukan pengenceran. Pengenceran ini dimaksudkan untuk mengurangi kepadatan bakteri pada sampel (Kadri *et al.*, 2015). Penentuan besarnya atau banyaknya tingkat pengenceran tergantung kepada perkiraan jumlah mikroba dalam sampel. Penggunaannya dilakukan perbandingan 1:9 untuk sampel pengenceran pertama dan selanjutnya sehingga pengenceran berikutnya mengandung 1/10 sel mikroorganisme dari pengenceran sebelumnya (Pudjiati, 2015).

3. Inokulasi dan Isolasi Sampel

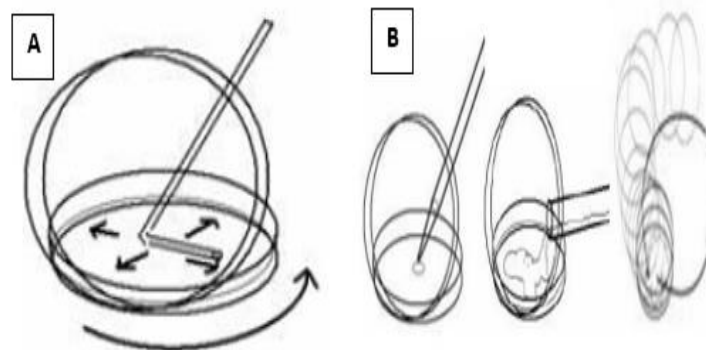
Setelah preparasi sampel kemudian dilakukan inokulasi dan isolasi bakteri. Inokulasi adalah pekerjaan memindahkan mikroba dari medium lama ke medium baru. Isolasi memisahkan mikroba tersebut dari lingkungannya di alam dan menumbuhkannya sebagai biakan murni dalam medium buatan (Luklukyah *et al.*, 2019). Proses ini pada medium perlu memperhatikan ciri-ciri bakteri yang akan ditumbuhkan. Hal ini dilakukan agar teknik inokulasi bakteri tersebut pada medium dapat disesuaikan dengan ciri-cirinya (Boleng, 2015).

Beberapa metode untuk inokulasi dan isolasi bakteri bergantung jenis mediumnya. Medium padat seperti cawan petri menggunakan metode gores, metode tuang, dan metode sebar. Pada metode gores atau *streak plate* menggunakan loop ose dan menggoreskannya ke medium agar dengan pola tertentu sehingga hanya sel-sel bakteri yang terlepas dari ose dan menempel ke medium (Rindita, 2021). Metode cawan gores dibagi menjadi beberapa macam yaitu goresan T, kuadran dan sinambung. Goresan T membagi wilayah goresan menjadi tiga bagian. Goresan kuadran membagi berdasarkan kuadran. Goresan sinambung hanya berupa satu goresan dan berfungsi untuk peremajaan (Astuti, 2019).



Gambar 6. Metode goresan pada cawan petri A) goresan kuadran, B) goresan T dan C) goresan sinambung (Luklukyah et al., 2019).

Metode cawan tuang atau *pour plate* setelah dilakukan dengan memasukkan sampel dan medium ke dalam cawan petri kemudian digoyangkan secara melingkar atau membentuk angka delapan hingga merata. Medium kemudian dibiarkan memadat (Boleng, 2015). Metode cawan sebar atau *spread plate* yaitu memberikan sampel ke atas medium agar dan menyebarkannya secara merata dengan batang L. Bakteri yang terpisah secara individual kemudian tumbuh menjadi koloni tunggal. Setelah inokulasi, dilakukan proses inkubasi, yaitu penyimpanan medium pada inkubator dengan suhu dan periode tertentu (Rindita, 2021).



Gambar 7. Metode inokulasi cawan A) *pour plate* B) *spread plate* (sumber: Padoli, 2016).

Medium semi padat ditanamkan ke tabung reaksi. Metode yang digunakan yaitu metode tusuk (*stab inoculating*) dan metode gores. Metode tusuk yaitu menusukkan jarum ose ke dalam medium agar secara tegak lurus (Hafsan, 2014). Sedangkan Metode gores dilakukan dengan menggoreskan jarum ose secara zig-zag pada permukaan agar miring dan digunakan untuk inokulasi agar miring (Astuti, 2019). Isolasi dan inokulasi di medium cair berupa mencelupkan ujung jarum ose ke medium cair pada tabung reaksi dan kemudian dipindahkan ke dalam medium baru. Jarum ose dan tabung reaksi kemudian di sterilisasi dengan fiksasi pada bunsen.

Penggunaan metode inokulasi dan isolasi baik pada medium padat dan cair telah banyak dilakukan. Hasil penelitian dengan menginokulasikan bakteri pada medium padat pada *coliform* salah satunya Tururaja dan Rina (2010) menginokulasi medium padat EMBA dengan metode gores. Massinai *et al.*, (2019) melakukan inokulasi secara cawan gores pada medium BSA pada pengujian bakteri *Salmonella* sp. di pantai dan pulau sekitar Kota Makassar. Inokulasi pada medium cair juga banyak digunakan pada pengujian *coliform*. Jufri dan Ismail (2022) melakukan inokulasi pada medium cair LB dan BGLB pada pengujian *coliform*. Inokulasi serupa juga dilakukan oleh Setyati *et al.*, (2021) yang dilakukan pada pasir serta air laut Pantai Marina dan Baruna Kota Semarang.

4. Perhitungan Bakteri

Perhitungan jumlah bakteri merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk bisa mengetahui berapa banyak koloni bakteri yang terdapat pada suatu media, baik itu koloni sel yang hidup maupun koloni sel bakteri yang mati. Metode perhitungan bakteri terbagi menjadi dua yaitu langsung dan tidak langsung. Perhitungan jumlah bakteri langsung menentukan jumlah bakteri secara keseluruhan. Sedangkan perhitungan bakteri tidak langsung digunakan untuk menentukan jumlah bakteri yang hidup saja (Rosmania dan Fitri, 2020). Metode perhitungan yang banyak di gunakan untuk mengetahui jumlah bakteri diantaranya MPN dan TPC.

1. Hitungan Cawan (*Total Plate Count*)

Metode perhitungan koloni bakteri salah satunya menggunakan hitungan cawan (*Total Plate Count*). Metode ini pada dasarnya adalah metode yang digunakan untuk menumbuhkan sel-sel mikroba hidup pada media agar sel tersebut dapat hidup dengan baik dan membentuk koloni yang dapat dilihat secara langsung dengan mata tanpa menggunakan mikroskop (Tyas *et al.*, 2018). Metode hitung cawan termasuk metode yang digunakan untuk penanaman bakteri dengan menggunakan media padat dimana prinsip kerjanya berdasarkan pembuatan seri pengenceran (homogenisasi) sampel dengan kelipatan 10 (Soesetyaningsih dan Azizah, 2020).

Metode TPC memiliki kelebihan yaitu kapasitas untuk menghitung jumlah bakteri jika terlalu banyak ataupun jika terlalu sedikit dapat menggunakan faktor pengenceran. Selain itu, metode hitungan cawan ini hanya menghitung bakteri yang layak dihitung. Kelebihan lainnya juga dapat menghitung beberapa jenis mikroorganisme sekaligus serta dapat digunakan untuk isolasi dan identifikasi mikroorganisme karena koloni yang terbentuk mungkin berasal dari satu sel mikroorganisme dengan penampakan pertumbuhan spesifik (Hafsan, 2014).

Kelemahan metode TPC diantaranya perhitungan kumpulan sel bakteri dapat salah dihitung sebagai koloni tunggal sehingga dilaporkan sebagai CFU/ml daripada sel/ml. Medium dan kondisi yang berbeda mungkin saja menghasilkan perbedaan nilai pada metode ini. Kekurangan lain dari metode ini yaitu bakteri yang ditumbuhkan harus dapat tumbuh pada medium padat dan membentuk koloni yang kompak dan jelas, tidak menyebar (Hafsan, 2014). Metode hitungan cawan juga membutuhkan waktu yang lama karena hasil hitung cawan ini biasanya diperoleh setelah 1-3 hari (Soesetyaningsih dan Azizah, 2020). Metode *Total Plate count* (TPC) diawali dengan proses pengenceran yang berfungsi untuk mempermudah penghitungan koloni yang muncul. Pengenceran biasanya dilakukan secara desimal. Kemudian dilakukan proses isolasi dan inokulasi bakteri pada medium padat. Metodenya pada hitungan cawan dibedakan atas dua cara, yaitu cara tuang dan sebar (Putri *et al.*, 2017).

Cara tuang yaitu memindahkan 1 ml larutan sampel yang telah diencerkan diinokulasikan ke dalam cawan petri. Kemudian cawan dimasukkan medium agar cair steril yang telah didinginkan hingga 47-50°C sebanyak 15-20 mL. Cawan digerakkan sehingga tercampur merata (Putri *et al.*, 2017). Metode sebar dengan cara medium terlebih dahulu dituangkan ke cawan petri dan dibiarkan membeku. Kemudian memindahkan sampel 0,1 mL pada permukaan medium dan disebar dengan batang gelas L yang sudah steril (Hafsan, 2014).

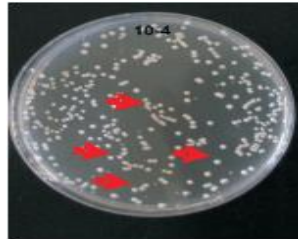
Penggunaan metode serta medium yang berbeda dapat mempengaruhi hasil hitung cawan yang dilakukan. Selain itu perbedaan larutan pengencer juga dapat mempengaruhi hasil hitung cawan (Soesetyaningsih dan Azizah, 2020). Setelah dilakukan inokulasi dan isolasi dilakukan proses inkubasi. Inkubasi dilakukan pada suhu dan waktu tertentu bergantung dengan jenis mikroorganisme yang akan dihitung. Selama proses ini bakteri yang masih hidup akan tumbuh dan membentuk koloni yang dapat dilihat oleh mata (Hafsan, 2014). Koloni bakteri yang muncul pada metode ini kemudian dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$N = \frac{\text{Jumlah koloni}}{\text{tingkat pengenceran} \times \text{jumlah sampel}}$$

Hasil perhitungan dengan menggunakan TPC umumnya dalam bentuk *Colony forming unit* (CFU). Hal ini menunjukkan jumlah koloni yang tumbuh tiap gram atau mililiter sampel yang dihitung dari jumlah cawan, faktor pengenceran, dan volume yang digunakan (Soesetyaningsih dan Azizah, 2020). Kisaran jumlah koloni yang dihitung untuk metode *Total Plate Count* salah satunya adalah 30-300 koloni (AOAC 996.23, APHA, 2005). Metode TPC pemilihan 30-300 koloni dirancang untuk memenuhi persyaratan statistik. Hal ini dikarenakan jika cawan mengandung lebih dari ambang

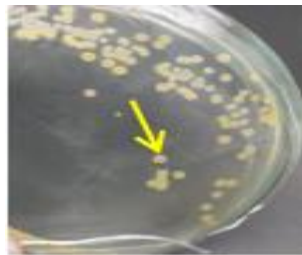
batas maksimum (> 300 koloni), maka kemungkinan kesalahan perhitungan lebih besar, sementara terlalu sedikit koloni (< 30 koloni) dianggap tidak valid karena secara statistik tidak akurat (Djunaidy et al., 2020). Syarat pemilihan koloni pada cawan petri berdasarkan Hafsan (2014) adalah sebagai berikut:

1. Cawan yang dihitung adalah yang mengandung antara 30 – 300 koloni.



Gambar 8. Cawan petri dengan 30-300 koloni (Sumber: Septiani dan Yasti, 2014)

2. Beberapa koloni yang bergabung menjadi satu kumpulan koloni yang besar dimana jumlah koloninya diragukan sehingga dihitung sebagai satu koloni.



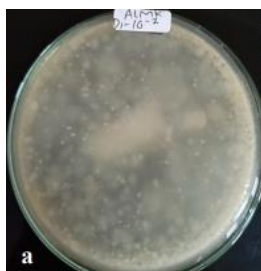
Gambar 9. Cawan petri dengan koloni bergabung (Sumber: Fardiyanti *et al.*, 2021).

3. Suatu deretan (rantai) koloni yang terlihat sebagai suatu garis tebal dihitung sebagai satu koloni.



Gambar 10. Cawan petri dengan koloni berderet (Sumber: Eri dan Titiek, 2016).

4. Koloni yang tumbuh menutup lebih besar dari setengah luas cawan petri tidak disebut sebagai koloni melainkan *spreader*



Gambar 11. Cawan petri dengan katagori *spreader* (Sumber: Safrida *et al.*, 2021)

Aturan dalam pelaporan hitungan cawan beragam, meskipun secara umum memiliki prinsip yang serupa. Adapun kaidah dalam penulisan adalah sebagai berikut:

1. Cawan petri yang dipilih 30-300 koloni minimal satu cawan pengenceran. Jika semua pengenceran yang dibuat untuk pembiakan menghasilkan angka kurang dari 30 koloni pada petri, Aturan ini diabaikan dan hasil tetap dihitung dengan hanya jumlah koloni pada pengenceran yang terendah yang dihitung. Hasilnya dilaporkan sebagai kurang dari 30 dikalikan dengan besarnya pengenceran, tetapi jumlah yang sebenarnya harus dicantumkan dalam tanda kurung.
2. Apabila semua cawan petri dibuat untuk pembiakan menghasilkan angka lebih dari 300 koloni pada petri, hanya jumlah koloni pada pengenceran yang tertinggi yang dihitung. Hasilnya dilaporkan sebagai lebih dari 300 dikalikan dengan besarnya pengenceran, tetapi jumlah yang sebenarnya harus dicantumkan dalam tanda kurung.
3. Apabila semua cawan petri tidak ditemukan koloni bakteri dilaporkan sebagai kurang dari 1 dikali dengan pengenceran terendah.
4. Jika koloni spreader ditemukan pada piring yang dipilih, hitung koloni pada bagian yang representatif hanya jika koloni terdistribusi dengan baik di area luar spreader dimana area yang dicakup tidak melebihi 3/4 dari cawan petri. Apabila didapatkan hasil cawan merupakan katagori spreader dilaporkan dengan kode (spr).
5. Hasil cawan dengan hasil jumlah meragukan akibat kesalahan kerja seperti kesalahan pengenceran, tetesan sampel yang tidak disengaja maupun kontaminasi bakteri lain dilaporkan sebagai *laboratory accident* (la).
6. Hasil yang dilaporkan hanya terdiri dari dua angka yaitu angka pertama di depan koma dan angka kedua dibelakang koma. Jika angka yang ketiga lebih besar dari 5, harus dibulatkan satu angka lebih tinggi pada angka yang kedua. Angka dibawah dari 5 dibulatkan satu angka lebih rendah dari angka seharusnya dan angka tetap untuk angka 5.

2. MPN (*Most Probable Number*)

Metode yang umum digunakan dalam penelitian *coliform* yaitu MPN atau APM (Angka Paling Mungkin). Metode ini merupakan metode perhitungan sel terutama untuk perhitungan bakteri *coliform* berdasarkan jumlah perkiraan terdekat. Perkiraan terdekat yaitu perhitungan dalam range tertentu dan dihitung sebagai nilai duga dekat secara statistik dengan merujuk pada tabel MPN (Putri dan Pramudya, 2018).

Hasil dari metode ini yaitu berupa nilai MPN. nilai ini merupakan perkiraan jumlah mikroorganisme yang tumbuh untuk membentuk koloni (*Colony Forming Unit*) dalam sampel. Satuan yang digunakan umumnya per 100 ml atau per gram. Misalnya terdapat nilai MPN 10/gram dalam sampel air artinya sampel air tersebut diperkirakan setidaknya mengandung 10 *coliform* pada setiap gramnya. Makin kecil nilai MPN, maka makin tinggi kualitas air tersebut (Alang, 2015). Kekurangan metode MPN diantaranya: membutuhkan tabung reaksi dalam jumlah yang banyak, tidak dapat digunakan dalam pengamatan morfologi dari suatu mikroorganisme. Metode ini lebih baik bila dibandingkan dengan metode hitungan cawan karena lebih selektif dan dapat mendeteksi *coliform* dalam jumlah rendah (Kumalasari *et al.*, 2018). Metode MPN menggunakan kombinasi tabung 3, 5 dan seterusnya. Tingkat ketelitian akan semakin akurat apabila semakin banyak tabung yang digunakan. Metode ini juga dipengaruhi oleh probabilitas bakteri yang terambil saat memasukkannya ke dalam medium. Selain itu pemilihan medium juga sangat berpengaruh terhadap metode MPN (Hafsan, 2014).

Prinsip utama metode MPN adalah mengencerkan sampel sampai tingkat tertentu sehingga didapatkan konsentrasi *coliform* yang sesuai dan jika ditanam dalam tabung menghasilkan frekuensi pertumbuhan tabung positif (Jiwintarum *et al.*, 2017). Metode MPN diawali dengan pengenceran sampel dengan memindahkan 1 mL sampel air ke dalam larutan pengenceran dan dihomogenkan. Larutan pengenceran dapat berupa larutan fosfat bufer atau NaCl 0.9%. Pengenceran dilakukan hingga pengenceran 10^{-3} . Tahap selanjutnya menginokulasikan sebanyak 1 ml sampel pada medium *Lactose Broth* (LB). Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Kemudian hasil medium *Lactose Broth* (LB) diinokulasikan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi media *Briliant Green Lactose Broth* (BGLB) sebanyak 1-2 ose. Kemudian dimasukkan ke inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam hingga 48 jam (Jufri dan Ismail, 2022).

Cara untuk menentukan nilai MPN adalah sebagai berikut: 1. Menghitung jumlah tabung positif, 2. Menentukan angka kombinasi jumlah tabung positif sesuai dengan jumlah tabung Durham yang mengandung gas pada masing masing seri pengenceran dan Menentukan nilai MPN berdasarkan nilai pada tabel MPN *coliform* (Nisa *et al.*, 2012). Setelah didapatkan nilai MPN berdasarkan tabel kemudian nilai MPN *coliform* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$MPN \text{ sampel} = \text{Nilai MPN dari tabel} \times \frac{1}{\text{Nilai Pengenceran tabung tengah}}$$

D. Analisis data

1. Korelasi *Pearson*

Analisis korelasi menurut Sekaran (2010) adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan suatu besaran yang menyatakan bagaimana kuat hubungan suatu variabel dengan variabel lain. Salah satu contoh pengujian korelasi adalah korelasi *Pearson*. Korelasi ini melibatkan satu variabel terikat (*dependent*) dan satu variabel bebas (*independent*). Korelasi *Pearson* menghasilkan koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel (Safitri, 2016). Adapun rumus korelasi *Pearson* adalah sebagai berikut.

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

Keterangan : r : Koefisien korelasi , $\sum X$: Penjumlahan variabel, $\sum Y$: Penjumlahan variabel Y, $\sum X \sum Y$: Perkalian penjumlahan variabel X dan Y.

Hasil dari analisis ini berupa koefisien korelasi yang merupakan ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan antara variabel-variabel. Nilai koefisien korelasi berada di antara $-1 < 0 < 1$. Menurut Sudjana (2005) yaitu apabila $r = -1$ korelasi negatif sempurna artinya pengaruh variabel X terhadap variabel Y sangat lemah dan apabila $r = 1$ korelasi positif sempurna dimana taraf signifikansi dari pengaruh variabel X dengan variabel Y sangat kuat. Jika koefisien korelasi angka 0 tidak terdapat hubungan antara dua variabel yang dikaji (Safitri, 2016). Purba dan Mardaus (2022) menggolongkan korelasi menjadi beberapa tingkatan sebagai berikut :

Tabel 3. Interpretasi tingkatan nilai korelasi

Interval Nilai Korelasi (R)	Tingkat Hubungan
0,8 – 1,0	Sangat kuat
0,6 – 0,79	Kuat
0,4 – 0,59	Sedang
0,2 – 0,39	Lemah
0,0 – 0,19	Sangat lemah

Sumber: Purba dan Mardaus, 2022

2. One Way ANOVA

Analisis varian atau ANOVA (*Analisis of Variances*) merupakan prosedur yang digunakan untuk menguji perbandingan rata-rata antara beberapa kelompok data. Analisis varian adalah teknik analisis untuk mengetahui apakah perbedaan skor suatu variabel terikat (*dependent variable*) disebabkan pada perbedaan skor tiap variabel bebas (*independent variable*). Prosedur ANOVA satu arah atau *One-Way ANOVA* adalah analisis varian dengan satu variabel dependent. Analisis varian ini digunakan untuk menguji hipotesis kesamaan rata-rata antara dua grup atau lebih. Uji Anova termasuk uji parametrik yang memiliki batasan/asumsi. Uji Anova menurut Sirait (2001) mempunyai asumsi seperti di bawah ini: 1) Individu-individu dalam sampel harus diambil secara random secara terpisah satu sama lain dari masing-masing populasinya, 2) Distribusi masing-masing populasi itu adalah normal dan 3) Variant masing-masing populasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan satu sama lain (Muhid, 2019).

E. Wisata Pantai Galesong

Provinsi Sulawesi selatan memiliki banyak tempat wisata pantai. Salah satunya yaitu berada di Wisata Pantai Galesong di Desa Tamalate, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar. Letak astronomis dari Kabupaten ini berada pada posisi 5°30'– 5°38' Lintang Selatan dan 119°22'–119°39' Bujur Timur, dengan luas wilayah tercatat 566,51 km². Secara administrasi Kabupaten Takalar memiliki wilayah berbatasan dengan Sebelah Utara yaitu Kabupaten Gowa. Bagian Selatan yang berbatasan dengan selat Makassar, Bagian Barat dengan Laut Flores dan Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Gowa dan Kabupaten Jeneponto (Syam, 2018). Letak pantai ini berada di Kecamatan Galesong Utara, wilayahnya terletak di sebelah utara dan berjarak kurang lebih 27 kilometer dari pusat Kabupaten Takalar (Fuady dan Fadhil, 2020).

Kecamatan Galesong Utara memiliki sepuluh Desa dan satu Kelurahan yaitu Desa Pakabba, Desa Aeng Batu-Batu, Desa Tamasaju, Desa Tamalate, Desa Bontosunggu, Desa Bontolanra, Desa Aeng Towa, Desa Sampulungan, desa Bontokaddopepe dan Kelurahan Bontolebang (BPS Kab Takalar, 2021). Masing-masing desa dan kelurahan memiliki luas wilayah yang beragam, desa/kelurahan yang memiliki luas paling besar yakni Kelurahan Bontolebang dengan luas 3,80 km² dan Desa Tamalate yang memiliki luas paling kecil yakni 0,70 km² (Syam, 2018).

Wisata Pantai Galesong berjarak 15 km sebelah selatan Makassar dimana jalur utama untuk menuju lokasi adalah melalui Jln. Metro Tanjung Bunga ke arah Takalar. Wisata Pantai Galesong sering dikunjungi oleh wisatawan baik dari dalam maupun luar Sulawesi Selatan selain karena jaraknya yang berdekatan. Pantai ini juga menawarkan keindahan dan keunikan pantai yang khas yang cocok dinikmati bagi wisatawan. Selain keindahan pantainya, Wisata Pantai Galesong juga menawarkan fasilitas-fasilitas yang cukup lengkap yang bisa dinikmati oleh para wisatawan diantaranya seperti bermain jetski, menaiki banana boat, berenang di kolam renang dan lain sebagainya. Selain itu pantai ini juga menyediakan restoran dan penginapan hotel disekitarnya yang bisa di gunakan untuk berkumpul dan menginap (Haeruddin, 2016).

Wilayah perairan kecamatan Galesong Utara juga digunakan oleh masyarakat pesisir untuk pengangkutan hasil perikanan tangkap dan perbaikan kapal nelayan. Kecamatan ini juga terdapat dermaga dan tempat pelelangan ikan (TPI) dimana fasilitas ini digunakan untuk menjual hasil penangkapan ikannya. Aktivitas wisata dan perikanan tangkap tersebut mempengaruhi berbagai aspek salah satunya lingkungan seperti masalah meningkatnya sampah dan limbah. Hal ini diperburuk dengan kurangnya kesadaran dan kepedulian masyarakat, tidak memadainya tempat pengumpul sampah dan pengangkut sampah serta kurangnya penanganan mengenai jaringan drainase untuk mengalirkan hasil limbah industri maupun rumah tangga di sekitar Kecamatan Galesong Utara (Ayodya *et al.*, 2018).

Masukan limbah bahan organik hasil dari daratan seperti aktivitas wisata dan penangkapan di Wisata pantai Galesong dapat menjadi sumber dari bakteri *coliform* dan *Salmonella* sp. di perairan. Nurdiana *et al.*, (2019) menyatakan keberadaan bakteri *coliform* di perairan laut umumnya berasal dari kegiatan antropogenik manusia seperti industri rumah tangga, pertanian, peternakan yang berakhir di laut. Kontaminasi bakteri *coliform* di perairan juga bersumber dari kegiatan pelabuhan dan penangkapan ikan oleh nelayan (Hanifah *et al.*, 2020) maupun berasal dari aktivitas wisata seperti sisa pembuangan sampah organik oleh wisatawan ke area pantai (Setyati *et al.*, 2022).

Bakteri *Salmonella* sp. juga bersumber dari aktivitas daratan yang kemudian terbawa menuju perairan. Sumber tersebut diantaranya limbah organik dari aktivitas rumah tangga dan industri maupun dari tempat-tempat rekreasi seperti sumber mata air, danau maupun pantai. Berdasarkan persebarannya bakteri ini hidup pada perairan laut yang dekat dengan aktivitas manusia seperti muara dan pantai. Hal ini dikarenakan perairan pantai dan estuaria banyak mengandung material organik yang berasal dari limbah domestik atau industri sebagai sumber nutrisi dari bakteri ini. Meskipun demikian keberadaan bakteri *Salmonella* sp. di perairan laut lepas yang jauh dari pantai kadang-kadang bakteri ini dapat juga ditemukan (Kunarso, 1987)