

SKRIPSI

ANALISIS KELIMPAHAN BAKTERI *Escherichia coli* DI KAWASAN WISATA PANTAI MALLASORO, KABUPATEN JENEPONTO

Disusun dan diajukan oleh

ST. FIRJATIH WIDHAH

L011 18 1336



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**ANALISIS KELIMPAHAN BAKTERI *Escherichia coli* DI
KAWASAN WISATA PANTAI MALLASORO, KABUPATEN
JENEPONTO**

ST. FIRJATIH WIDHAH

L011 18 1336

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

2022

LEMBAR PENGESAHAN

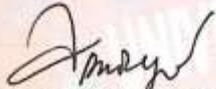
Judul Skripsi : Analisis Kelimpahan Bakteri *Escherichia coli* Di Kawasan Wisata Pantai Mallasoro, Kabupaten Jeneponto

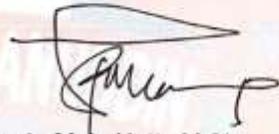
Nama Mahasiswa : St. Firjatih Widhah
Nomor Pokok : L011181336
Program Studi : Ilmu Kelautan

Skripsi telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Amiati Massinai M.Si
NIP. 19660614 199103 2 016


Dr. Ir. Muh. Hatta M.Si
NIP. 19671231 199202 1 002

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan,

Ketua Program Studi
Ilmu Kelautan,



Safruddin, S.Pi., M.P., Ph.D
NIP. 19750611 200312 1 003



Dr. Khairul Amri, ST, M.Sc. Stud
NIP. 19890706 199512 1 002

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : St. Firjatih Widhah

NIM : L011181336

Program Studi : Ilmu Kelautan

Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis yang berjudul: “Analisis Kelimpahan Bakteri *Escherichia coli* Di Kawasan Wisata Pantai Mallasoro, Kabupaten Jeneponto” ini 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, 22 November 2022



St. Firjatih Widhah

L011181336

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : St. Firjatih Widhah
NIM : L011181336
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 mempublikasinyanya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 22 November 2022

Mengetahui,

Penulis



Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc.Stud.
NIP: 19890706 199512 1 002



St. Firjatih Widhah
NIM: L011181336

ABSTRAK

ST. FIRJATIH WIDHAH. L011181336. “Analisis Kelimpahan Bakteri *Escherichia coli* Di Kawasan Wisata Pantai Mallasoro, Kabupaten Jeneponto” dibimbing oleh **Arniati Massinai** sebagai Pembimbing Utama dan **Muh. Hatta** sebagai Pembimbing Anggota

Bakteri *Escherichia coli* merupakan salah satu indikator biologis untuk pencemaran bahan organik dalam perairan khususnya pencemaran tinja. Bakteri ini hidup dalam usus manusia dan hewan berdarah panas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelimpahan bakteri *E. coli* di kawasan wisata pantai Mallasoro, dan kaitannya dengan parameter lingkungan. Pengambilan sampel dilaksanakan pada saat surut. Penentuan jenis bakteri *E. coli* dan kelimpahannya menggunakan alat Steril Whirl-Pak 110 mL dengan *reagen collert-18*. Perbedaan kelimpahan bakteri *E.coli* antar stasiun dianalisis dengan *one-way* ANOVA, untuk mengetahui hubungan kelimpahannya dan parameter lingkungan dianalisis dengan regresi linear berganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan *E. coli* tertinggi ditemukan di sekitar stasiun pemukiman, sedangkan terendah di sekitar stasiun *resort*. Analisis *one-way* ANOVA menunjukkan kelimpahan bakteri pada antar stasiun terdapat perbedaan nyata. Hasil regresi linear berganda didapatkan hubungan yang kuat antara kelimpahan bakteri *E. coli* dengan parameter lingkungan.

Kata Kunci: bakteri *E. coli*, kelimpahan bakteri, pantai Mallasoro

ABSTRACT

ST. FIRJATIH WIDHAH. L011181336. "Analysis of *Escherichia coli* Bacteria Abundance in the Mallasoro Beach Tourism Area, Jeneponto Regency" was guided by **Arniati Massinai** as the Main Advisor and **Muh. Hatta** as Member Advisor

Escherichia coli is one of the biological indicators for contamination of organic matter in waters, especially fecal pollution. These bacteria live in the intestines of humans and warm-blooded animals. This study aims to analyze the abundance of *E. coli* bacteria in the coastal tourist area of Mallasoro, and its relation to environmental parameters. Sampling was carried out at low tide. Determination of the type of *E. coli* bacteria and their abundance using a 110 mL Sterile Whirl-Pak with Colilert-18 reagent. Differences in the abundance of *E.coli* bacteria between stations were analyzed by one-way ANOVA, to determine the relationship between abundance and environmental parameters analyzed by multiple linear regression. The results showed that the highest abundance of *E. coli* was found around residential stations, while the lowest was found around resort stations. One-way ANOVA analysis showed that there was a significant difference in the abundance of bacteria between stations. The results of multiple linear regression obtained a strong relationship between the abundance of *E. coli* bacteria and environmental parameters.

Keywords: bacteria *E. coli*, abundance of bacteria, Mallasoro

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah, segala puji Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi dengan judul “**Analisis Kelimpahan Bakteri *Escherichia coli* Di Kawasan Wisata Pantai Mallasoro, Kabupaten Jeneponto**” dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun berdasarkan data-data hasil penelitian sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana di Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, informasi, dan membawa kepada suatu kebaikan.

Melalui Skripsi ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya sebagai bentuk penghargaan dan penghormatan kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dukungan, serta doa selama melakukan penelitian dan penyelesaian skripsi. Ucapan ini penulis berikan untuk:

1. Kepada kedua orang tua tercinta, Ir. H. Fahriullah Agung HB dan Hj. Wahidah Jamaluddin SE. yang telah mendoakan kebaikan, kemudahan dan kelancaran. Serta memberikan dukungan semangat dan kasih sayang untuk penulis agar menyelesaikan perkuliahan.
2. Kepada saudariku Faizah Wahyuni dan St. Farhanah Wasilah yang telah menyemangati penulis dalam menyelesaikan masa perkuliahan.
3. Kepada Keluarga Besar penulis yang tidak hentinya memberi dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Kepada yang terhormat Ibu Dr. Ir. Arniati Massinai M.Si selaku pembimbing utama yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dukungan serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis sehingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Kepada yang terhormat Bapak Dr. Ir. Muh. Hatta M.Si, selaku pembimbing pendamping saya yang selalu memberikan bimbingan dan arahnya yang sangat berharga bagi penulis sehingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
6. Kepada yang terhormat Bapak Dr. Muh. Banda Selamat, S.T., M.Si, selaku dosen penasehat yang selalu memberikan bimbingan dan arahan mengenai proses perkuliahan sejak menjadi mahasiswa baru hingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Kepada yang terhormat Bapak Dr. Ir. Muh. Farid Samawi M.Si dan bapak Drs. Sulaiman Gosalam M.Si selaku penguji yang selalu memberi saran dan arahan hingga terselesaikannya skripsi ini.

8. Kepada Para Dosen Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingan serta ilmu pengetahuan sejak menjadi mahasiswa baru hingga terselesaikannya skripsi ini.
9. Kepada pemerintah Desa Mallasoro Kecamatan Bangkala Kabupaten Jeneponto yang telah memberikan izin dan fasilitas kepada penulis dalam melakukan penelitian.
10. Kepada Ibu Isyanita selaku laboran Laboratorium Oseanografi Kimia yang senantiasa memberikan arahan selama penulis melakukan analisis laboratorium.
11. Kepada Bau Ashary Nasir, Sri Mulyani Anugerah, King Abdul Azis, Sri Dawana, Wilya Ananda, Nuryani Khadijah Syahputri, dan Indra Kurniawan yang senantiasa membantu, memberikan semangat dan canda tawa kepada penulis.
12. Kepada yang saya banggakan tim Xxx-Xxx-XxXx yang telah memberikan waktu serta tenaga untuk membantu penulis dalam pengambilan data di lapangan.
13. Kepada teman-teman CORALS 18 yang selalu kebersamai dan senantiasa memberikan motivasi kepada penulis.
14. Kepada seluruh Keluarga Besar MSDC-UH yang sudah memberikan banyak ilmu selama penulis menjadi mahasiswa.
15. Kepada seluruh Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan (KEMAJIK FIKP-UH).
16. Kepada seluruh pihak tanpa terkecuali yang namanya luput disebutkan satu persatu karena telah banyak memberikan bantuan selama penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini terdapat banyak kekurangan dan masih jauh mencapai kesempurnaan dalam arti sebenarnya, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca pada umumnya. Akhir kata penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk meningkatkan kemampuan penulis dalam menulis karya ilmiah.

Terima Kasih

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 4 Agustus 2022

Penulis

St. Firjatih Widhah

BIODATA



Penulis dilahirkan di Makassar pada 10 November 2000. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Ir. H. Fahriullah Agung HB dan Hj. Wahidah Jamaluddin SE. Tahun 2012 penulis lulus dari SD Negeri Limbung Puteri, Kecamatan Bajeng, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Tahun 2015 lulus di SMP Muhammadiyah Limbung, Kecamatan Bajeng, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Tahun 2018 lulus di MAN 2 Kota Makassar, Kecamatan Rappocini, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Pada bulan Agustus 2018 penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin melalui Seleksi Jalur SBMPTN.

Selama masa studi di Universitas Hasanuddin, penulis aktif menjadi asisten laboratorium pada mata kuliah akustik kelautan, penginderaan jauh, sistem informasi geografis, pencemaran laut dan survei hidrografi. Penulis juga aktif diberbagai kegiatan kemahasiswaan sebagai anggota Marine Science Diving Club UH. Selain itu, Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Tematik di Katangka, Kecamatan Somba Opu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan pada KKN Gelombang 106 pada tanggal 9 Juni sampai 14 Agustus 2021.

Adapun untuk memperoleh gelar sarjana kelautan, penulis melakukan penelitian yang berjudul "Analisis Kelimpahan Bakteri *Escherichia coli* Di Kawasan Wisata Pantai Mallasoro, Kabupaten Jeneponto" pada tahun 2022 yang dibimbing oleh Dr. Ir. Arniati Massinai M.Si selaku pembimbing utama dan Dr. Ir. Muh. Hatta M.Si selaku pembimbing pendamping.

DAFTAR ISI

Halaman :

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
PERNYATAAN AUTHORSHIP.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
BIODATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Bakteri <i>Escherichia coli</i>	3
1. Morfologi <i>Escherichia coli</i>	3
2. Klasifikasi <i>Escherichia coli</i>	4
3. Habitat <i>Escherichia coli</i>	5
4. Patogenitas <i>Escherichia coli</i>	5
B. Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada wisata bahari.....	7
C. Parameter fisika dan kimia pertumbuhan bakteri.....	8
D. Perhitungan dengan metode <i>Most Probable Number</i>	10
III. METODE PENELITIAN	12
A. Waktu dan Tempat.....	12
B. Alat dan Bahan.....	13
C. Prosedur Penelitian.....	15
D. Analisis Data	18
IV. HASIL	19
A. Gambaran Umum Lokasi.....	19
B. Kelimpahan Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Kawasan Wisata Pantai Mallasoro. 19	
C. Hubungan Kelimpahan Bakteri dan Parameter Lingkungan.....	20
V. PEMBAHASAN.....	23

A.	Kelimpahan Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Kawasan Wisata Pantai Mallasoro.	23
B.	Hubungan antara kelimpahan <i>E. coli</i> dan parameter lingkungan.....	24
VI.	SIMPULAN DAN SARAN.....	28
A.	Kesimpulan.....	28
B.	Saran.....	28
	DAFTAR PUSTAKA.....	29
	LAMPIRAN.....	33

DAFTAR GAMBAR

halaman:

Gambar 1. a. Struktur <i>E. coli</i> Barr 500 nm (Braga dan Ricci,1998) b. Morfologi <i>E. coli</i> (Ryan dan Ray, 2014).....	3
Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel di Perairan Mallasoro , Kabupaten Jeneponto.	12
Gambar 3. Pemindahan sampel ke dalam <i>Quanti-Tray/2000</i>	17
Gambar 4. Proses sealing menggunakan <i>Quanti-Tray Sealer</i>	18
Gambar 5. Grafik rata-rata kelimpahan bakteri <i>Escherichia coli</i> pada tiga stasiun di Kawasan Wisata Pantai Mallasoro.....	19

DAFTAR TABEL

	halaman:
Tabel 1. Uji biokimia bakteri <i>Escherichia coli</i>	4
Tabel 2. Alat yang digunakan dalam penelitian	13
Tabel 3. Bahan yang digunakan dalam penelitian	14
Tabel 4. Hasil Uji <i>One-way</i> ANOVA	20
Tabel 5. Hasil Uji Tukey kelimpahan bakteri <i>E. coli</i> antar stasiun.....	20
Tabel 6. Rata-rata hasil pengukuran parameter lingkungan di Kawasan Wisata Pantai Mallasoro Kab. Jeneponto	20
Tabel 7. Analisis Uji Korelasi Bakteri <i>E. coli</i> dengan parameter lingkungan.....	21
Tabel 8. Model Summary regresi linear berganda.....	22

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman:
Lampiran 1. Kelimpahan bakteri <i>E. coli</i> (MPN/100 mL) pada setiap stasiun	33
Lampiran 2. Parameter lingkungan	33
Lampiran 3. Pengambilan sampel air bakteri.....	34
Lampiran 4. Pengukuran parameter oseanografi	34
Lampiran 5. Analisis sampel air bakteri <i>Eshcerichia coli</i>	35
Lampiran 6. Analisis One-way ANOVA.....	35
Lampiran 7 Analisis Regresi linear berganda	37

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bakteri *Escherichia coli* merupakan salah satu indikator biologis untuk pencemaran bahan organik dalam perairan khususnya pencemaran tinja. Bakteri ini hidup dalam usus manusia dan hewan berdarah panas, sehingga pada saat pembuangan kotoran terikut dengan tinja. Penggunaannya sebagai indikator pencemaran: pertama, sebagai bakteri patogen oportunistik dan menghasilkan enterotoksin dalam kondisi dan jumlah tertentu yang dapat menyebabkan penyakit diare (Kusuma,2010). Penyakit diare merupakan salah satu penyebab utama kematian balita di negara berkembang (WHO, 2004). Berdasarkan data dari Kementerian kesehatan Republik Indonesia 100.000 balita meninggal setiap tahun yang diakibatkan oleh penyakit diare (Kemenkes, 2011). Selanjutnya tahun 2015 dilaporkan 188 pasien terinfeksi gastrointestinal akut yang telah meminum air terkontaminasi oleh *E coli* di Korea (Park *et al.*, 2018). Kedua, keberadaan *E. coli* . dalam jumlah tertentu dapat dijadikan indikator adanya bakteri patogen yang lainnya (Suprihatin,2004; Huwaida,2014), hal ini mengindikasikan adanya potensial penyakit dalam air.

Keberadaan *E. coli* di lingkungan perairan laut terikut pada aliran air, baik yang bersumber dari tanah maupun dari septik tank. Bakteri ini mampu hidup di lingkungan yang baru karena memiliki toleransi yang tinggi terhadap faktor lingkungan. Beberapa hasil penelitian sebelumnya menemukan *E. coli* di perairan pesisir Indonesia (Arifudin, 2013; Supriharyono,2016; Masdalina, Aulia, 2018; Setyati *et al.*, 2022). Namun, khususnya di pantai Mallasoro penelitian tentang *E. coli* sejauh pengamatan penulis belum pernah dilakukan.

Pantai Mallasoro berada di Kabupaten Jeneponto merupakan salah satu objek wisata bahari berdasarkan Perda Kabupaten Jeneponto No.1 Tahun 2022 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Jeneponto (Perda Jeneponto, 2022). Selain parameter fisik dan kimia syarat yang penting untuk wisata air dari segi mikrobiologis, hal ini erat kaitannya dengan keberadaan mikroorganisme yang mampu menyebabkan infeksi penyakit yang bersumber dari daratan. Potensi kehadiran *E. coli* pada perairan tersebut pertama, di sekitar perairan Mallasoro terdapat pemukiman warga yang memiliki tempat pembuangan kotoran (WC) terhubung dengan laut, bahkan sebagian penduduk masih membuang hajat langsung di laut. Kedua, kotoran hewan peliharaan masih ditemukan tersebar di sepanjang pantai.

Bakteri *E. coli* dapat mempengaruhi kehidupan manusia maka perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut tentang bakteri *E. coli* di Kawasan wisata Pantai

Mallasoro, Kecamatan Bangkala, Kabupaten Jeneponto. Hal tersebut juga dikarenakan masyarakat sekitar pantai Mallasoro sangat memanfaatkan kawasan pantai tersebut.

B. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis kelimpahan *E. coli* antar stasiun di kawasan wisata pantai Mallasoro.
2. Menganalisis hubungan antar kelimpahan *E. coli* dengan parameter lingkungan di kawasan wisata pantai Mallasoro.

Kegunaan penelitian ini sebagai data awal untuk peneliti selanjutnya dan informasi kepada instansi terkait untuk pengelolaan kawasan wisata Pantai Mallasoro.

II. TINJAUAN PUSTAKA

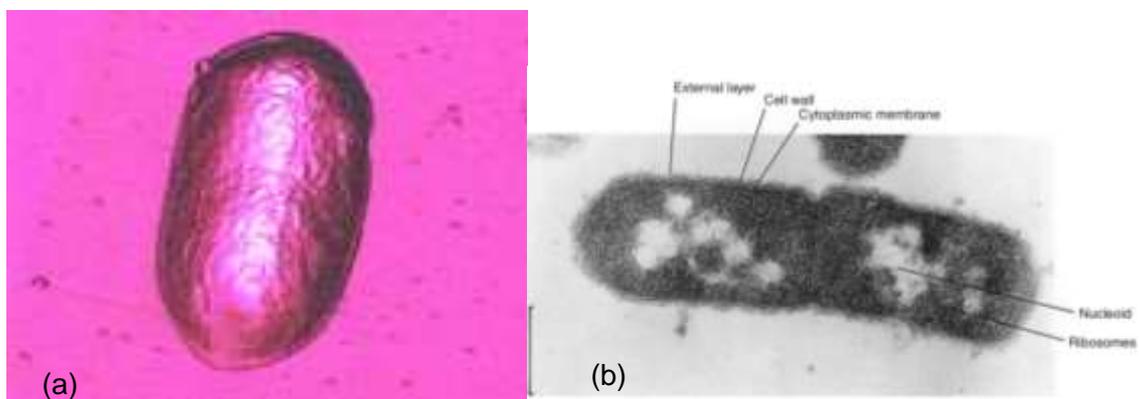
A. Bakteri *Escherichia coli*.

Escherichia coli pertama kali diidentifikasi oleh dokter hewan Jerman, Theodor Escherich dalam studinya mengenai sistem pencernaan bada bayi hewan. Pada 1885, beliau menggambarkan organisme ini sebagai komunitas bakteri coli. Nama "*Bacterium Coli*" sering digunakan sampai pada tahun 1991. Ketika Castellani dan Chalames menemukan genus *Escherichia coli* dan menyusun tipe spesies *Escherichia coli*.

1. Morfologi *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan salah satu bakteri koliform yang termasuk dalam famili Enterobacteriaceae (Brooks *et al.*, 2007; Hamida *et al.*, 2019). *E. coli* berbentuk batang berdiameter 0,5 μm dan panjang sekitar 2 μm . Memiliki volume sel berkisar 0,6-0,7 μm^3 . Struktur sel *E. coli* dikelilingi oleh membran sel, terdiri dari sitoplasma yang mengandung nukleoprotein. Membran sel *E. coli* ditutupi oleh dinding sel berlapis kapsul. Flagela dan pili *E. coli* menjulur dari permukaan sel.

E. coli mempunyai tiga struktur antigen utama permukaan yang digunakan untuk membedakan serotipe golongan *E. coli* adalah dinding sel, kapsul dan flagela. Dinding sel *E. coli* berupa lipopolisakarida yang bersifat pirogen dan menghasilkan endotoksin serta diklasifikasikan sebagai antigen O. Kapsul *E. coli* berupa polisakarida yang dapat melindungi membran luar dari fagositik dan sisem komplemen, diklasifikasikan sebagai antigen K. Flagela *E. coli* terdiri dari protein yang bersifat antigenik dan dikenal sebagai antigen H. Faktor virulensi *E. coli* juga disebabkan oleh enterotoksin, hemolisin, dan molekul pengikat besi aerobaktin dan entrobaktin (Quine, 2002; Siahaan, 2020).



Gambar 1. a. Struktur *E. coli* Barr 500 nm (Braga dan Ricci, 1998) b. Morfologi *E. coli* (Ryan dan Ray, 2014).

Bakteri *E. coli* termasuk gram negatif, dapat hidup soliter maupun berkelompok, umumnya motil, tidak membentuk spora, serta fakultatif anaerob (Rahayu *et al.*, 2018). Bakteri ini dapat membentuk koloni pada saluran pencernaan manusia maupun hewan dalam beberapa jam setelah kelahiran. Faktor pembentukan koloni ini adalah mikroflora dalam tubuh masih sedikit, rendahnya kekebalan tubuh, faktor stres, pakan, dan infeksi agen patogen lain. Kebanyakan *Escherichia coli* memiliki virulensi yang rendah dan bersifat oportunistis.

Identifikasi bakteri tidak dapat dilakukan dengan mengetahui sifat morfologinya saja, namun harus mengetahui sifat fisiologisnya juga. Sifat fisiologis bakteri sangat penting diketahui apabila melakukan identifikasi bakteri karena sifat morfologi dapat tampak serupa sehingga perlunya dilakukan uji biokimia untuk mengetahui sifat dan spesies bakteri.

Terdapat beberapa uji biokimia untuk mengetahui karakteristik dari bakteri *E. coli* ini melalui reaksi biokimia, yang biasanya dilakukan diantaranya :

1. TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*), digunakan untuk mengidentifikasi bakteri Gram negatif batang, untuk melihat kemampuan meragi glukosa dan sukrosa atau laktosa.
2. MR/VP (*Methyl red/ Voges proskouer*), uji ini dilakukan untuk menentukan organisme yang memproduksi dan mengelola asam dan produk-produknya dari hasil glukosa, memperlihatkan kemampuan system buffer dan menentukan organisme yang menghasilkan produk netral (asetil metal karbinol atau aseton) dari hasil fermentasi glukosa.
3. SIM (*Sulfur, Indol, Motiliti*), uji ini untuk mengetahui pergerakan bakteri, produksi indol dan pembentuk gas H₂S.
4. SCA (*Simon Citrate*), uji ini dilakukan untuk menentukan bakteri yang menggunakan sitrat sebagai sumber karbon.

Tabel 1. Uji biokimia bakteri *Escherichia coli*

No	Jenis Bakteri	Medium	Hasil
1	<i>Escherichia coli</i>	TSIA	+
		MR/VP	+/-
		SIM	+
		SIMON CITRAT	-

2. Klasifikasi *Escherichia coli*

Domain : Bacteria

Kingdom : Eubacteria

Phylum : Proteobacteria

Class : Gammaproteobacteria

Order : Enterobacteriales

Family : Enterobacteriaceae

Genus : *Escherichia*

Spesies : *Escherichia coli*

3. Habitat *Escherichia coli*

Bakteri *E. coli* merupakan spesies dengan habitat alami dalam saluran pencernaan manusia maupun hewan. *E. coli* dapat hidup pada rentang suhu 20-40°C dan suhu optimumnya pada 37°C. (Rahayu *et al.*, 2018). Penyakit yang ditimbulkan oleh *E. coli* disebabkan karena kemampuannya untuk beradaptasi dan bertahan pada lingkungan yang berbeda. Ada beberapa jenis kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan bagi *E. coli* untuk dapat tetap bertahan, misalnya lingkungan asam (pH rendah) seperti pada saluran pencernaan manusia, perubahan suhu, serta tekanan osmotik. Kemampuan *E. coli* untuk bertahan hidup selama pendinginan dan pembekuan telah terbukti menjadikan *E. coli* toleran terhadap kondisi kering (Rahayu *et al.*, 2018).

E. coli dapat hidup dan bertahan pada tingkat keasaman yang tinggi di dalam tubuh manusia. *E. coli* juga dapat hidup dan bertahan di luar tubuh manusia yang penyebarannya melalui feses. Kedua habitat hidup *E. coli* ini cukup berlawanan. Saluran pencernaan manusia merupakan habitat yang relatif stabil, hangat, bersifat anaerob, dan kaya nutrisi. Sementara itu, di luar saluran pencernaan, kondisi lingkungan dapat sangat beragam, jauh lebih dingin, aerobik, serta kandungan nutrisi yang lebih sedikit.

4. Patogenitas *Escherichia coli*

E. coli adalah mikroflora usus normal, tetapi dalam kondisi tertentu dapat menjadi patogen. *E. coli* sebagai bakteri patogen, banyak ditemukan dalam infeksi saluran kemih (Kumala *et al.*, 2009; Prabowo dan Habib, 2012), infeksi gastrointestinal (Sujaya *et al.*, 2010; Robins-Browne *et al.*, 2004; Schuetz, 2019), dan infeksi luka pasca operasi (Alharbi *et al.*, 2018). Secara fisiologis, *E. coli* memiliki kemampuan bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang sulit. *E. coli* tumbuh subur di air tawar, air asin, atau tanah. Dalam kondisi ini, *E. coli* terpapar baik pada lingkungan abiotik maupun biotik (Anderson *et al.*, 2005).

E. coli memiliki beberapa antigen yang berperan dalam patogenesis, seperti antigen somatik, flagela, kapsul, fibrin, enterotoksin, dan verotoksin (Widodo, 2018). Sebagian besar *E. coli* tidak berbahaya, tetapi seperti *E. coli* tipe O157:H7, dapat menyebabkan keracunan makanan yang parah pada manusia, yaitu diare berdarah karena eksotoksin yang disebut verotoksin (Clark, 2007; Kandou, 2008). Toksin bekerja dengan menghilangkan satu basa adenin dari unit 28S rRNA untuk menghentikan sintesis protein (Kandou, 2008).

Pada umumnya, bakteri ini dapat ditemukan dalam usus besar manusia. Berdasarkan mekanisme infeksi *Escherichia coli* dalam menimbulkan penyakit, maka Nataro *et al.*, (2004) membagi menjadi 5 kelompok yaitu: Enteropathogenic *E. coli* (EPEC), Enterotoxigenic *E. coli* (ETEC), Enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC), Enteroaggregative *E. coli* (EaggEC) dan Enteroinvasive *E. coli* (EIEC).

1. *Escherichia coli* Enteropatogenik (EPEC)

EPEC khususnya pada negara berkembang menjadi penyebab penting diare pada bayi. EPEC sebelumnya dikaitkan dengan wabah diare pada anak-anak di negara maju. EPEC melekat pada sel mukosa usus kecil.

2. *Escherichia coli* Enteropatogenik (ETEC)

ETEC penyebab yang sering dari “diare wisatawan” dan penyebab diare pada bayi di negara berkembang. Faktor kolonisasi ETEC yang spesifik untuk manusia menimbulkan pelekatan ETEC pada sel epitel usus kecil.

3. *Escherichia coli* Escherichia Enterohemoragik (EHEK)

EHEK menghasilkan verotoksin, dinamai sesuai efek sitotoksiknya pada sel Vero, suatu ginjal dari monyet hijau Afrika.

4. *Escherichia coli* Enteroagresif (EAggEC)

EAggEC penyebab diare akut dan kronik pada masyarakat di negara berkembang

5. *Escherichia coli* Enteroinvasif (EIEC)

EIEC menimbulkan penyakit yang sangat mirip dengan shigelosis. Penyakit yang paling sering pada anak-anak di negara berkembang dan para wisatawan yang menuju negara tersebut. Galur EIEC bersifat non-laktosa atau melakukan fermentasi laktosa dengan lambat serta bersifat tidak dapat bergerak. EIEC menimbulkan penyakit melalui invasinya ke sel epitel mukosa usus.

Bakteri *E. coli* yang berlebih dapat menyebabkan penyakit, yang dimana bakteri ini menyebar ke sistem/organ lain dalam tubuh, dapat menyebabkan infeksi. Tanda-tanda klinis yang disebabkan oleh strain *E. coli* patogen biasanya bertanggung jawab atas tiga jenis penyakit infeksi pada manusia seperti, infeksi saluran cerna penyebab diare, infeksi saluran kemih, dan meningitis neonatus.

B. Bakteri *Escherichia coli* pada wisata bahari

Wisata pantai merupakan daerah yang unik karena pertemuan antara daratan dengan perairan laut dan mempunyai karakter yang khas dan berbeda dengan daerah lainnya. Wilayah pesisir dan lautan yang kaya raya dan beragam sumber daya alamnya telah dimanfaatkan oleh bangsa Indonesia sejak berabad-abad lamanya. Kekayaan hidrokarbon dan mineral lainnya yang terdapat di wilayah ini juga telah dimanfaatkan untuk menunjang pembangunan ekonomi nasional. Selain menyediakan berbagai sumber daya tersebut, wilayah pesisir Indonesia memiliki berbagai fungsi lain seperti transportasi dan pelabuhan, kawasan industri, agribisnis dan agroindustri, rekreasi dan pariwisata, serta kawasan pemukiman dan tempat pembuangan limbah (Dahuri *et al.*, 2004).

Salah satu sumber daya alam pesisir yang dapat dimanfaatkan, yaitu wisata bahari. Berbagai jenis organisme yang ada di daerah ini dapat menjadi nilai jual seperti terumbu karang, hutan bakau, serta adanya keindahan pantai. Melalui pemanfaatan dan pengembangan wilayahnya, pesisir mampu mendapatkan kontribusi positif yaitu menjadikan wilayah pesisir dan laut sebagai kawasan wisata bahari.

Wisata pantai diminati oleh masyarakat karena mudah dijangkau dan merupakan tempat rekreasi yang ditunjang oleh pemandangan alam yang indah. Pantai selalu ramai dikunjungi masyarakat yang ingin mandi/berenang atau sekedar duduk-duduk melihat keindahan laut.

Di sisi lain, dengan semakin ramainya daerah ini, maka resiko kontaminasi atau masuknya bahan pencemar seperti bakteri akan semakin tinggi. Aktivitas manusia di sekitar pesisir laut seperti adanya limbah rumah tangga, maupun limbah dari bantaran sungai juga perilaku masyarakat yang membuang sampah ke laut dapat menyebabkan terjadinya pencemaran mikroorganisme seperti bakteri *E. coli* di perairan laut.

Hal ini diperparah lagi dengan wc umum yang kurang memadai di daerah tersebut. Faktor-faktor inilah yang bisa meningkatkan risiko kontaminasi bakteri *E. coli* di pantai. Kandungan bakteri *E.coli* yang sudah melewati baku mutu berpotensi sebagai penyebab penyakit, maka keberadaannya berbahaya bagi kesehatan wisatawan yang mandi/berenang di pantai. Selain itu, dampak pencemarannya secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi ekosistem perairan di pesisir laut.

Berdasarkan hasil penelitian Tururaja (2010), melaporkan bahwa jumlah bakteri di Teluk Doreri, Manokwari telah melewati nilai ambang batas baku mutu air laut yang disebabkan oleh padatnya penduduk dan kurangnya sarana umum. Berdasarkan PP 22 Tahun 2021 standar baku mutu untuk bakteri *E. coli* pada perairan 200 MPN/100

mL. Jadi apabila kandungannya sudah melebihi batas yang diperbolehkan maka mengindikasikan telah adanya pencemaran laut.

C. Parameter fisika dan kimia pertumbuhan bakteri

Kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan tetap hidup merupakan hal yang penting dalam ekosistem pangan. Suatu pengetahuan dan pengertian tentang faktor yang mempengaruhi kemampuan tersebut sangat penting untuk mengendalikan hubungan antara mikroorganisme, makanan, dan manusia. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan *Escherichia coli* meliputi suhu, salinitas, pH, arah dan kecepatan arus, oksigen terlarut dan Bahan Organik Terlarut. (WHO, 2005).

1. Suhu

Suhu merupakan ukuran derajat panas maupun dingin pada suatu benda. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu disebut termometer. Semakin tinggi suatu suhu maka semakin panas benda tersebut. Suhu menjadi salah satu faktor yang mendukung bagi kehidupan organisme pada perairan, suhu sendiri mempengaruhi aktivitas metabolisme maupun perkembangan biakan dari organisme laut salah satunya mikroba. Pada umumnya batas daerah suhu bagi kehidupan mikroba terletak antara 0°C-90°C. Seluruh proses pertumbuhan bakteri tersebut bergantung pada reaksi kimia terhadap adanya laju reaksi yang dipengaruhi suhu, selain itu keragaman suhu berpengaruh mengubah proses metabolisme tertentu selain morfologi dari sel bakteri (Rompas *et al.*, 2019). *E. coli* dapat tumbuh pada range temperatur 7°C-50°C dengan suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah 37°C. *E. coli* dapat mati dengan pemasakan makanan pada temperature 70°C (WHO, 2005).

2. Salinitas

Salinitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kehidupan serta pertumbuhan mikroorganisme di dalam suatu perairan. Sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai. Salinitas permukaan air laut memiliki kaitan yang sangat erat dengan proses penguapan dimana garam-garam akan mengendap atau terkonsentrasi (Arisa *et al.*, 2016). Salinitas pada permukaan air laut biasanya berkisar antara 33-37‰ kecuali bila terlarutkan oleh air hujan, mencairnya es atau masuknya air sungai. Sedangkan salinitas optimal yang baik untuk pertumbuhan bakteri laut adalah antara 25-40‰ (Narulita, 2011).

3. pH

Derajat keasaman (pH) optimal secara empirik harus ditentukan untuk masing-masing spesies. Berdasarkan derajat keasaman, bakteri dapat dibagi menjadi 3 kelompok yaitu netrofilik (pH 6,0-8,0), asidofilik (pH optimal serendah 3,0), dan alkalofilik (pH optimal setinggi 10,5). Akan tetapi sebagian besar organisme tumbuh dengan baik pada pH 6,0-8,0 (netrofilik) (Jawetz, *et.al.*, 2008). *Escherichia coli* dapat hidup di lingkungan makanan yang asam pada pH di bawah 4,4 (WHO, 2005).

4. Arus

Arus merupakan pergerakan massa air secara horizontal yang dapat disebabkan oleh tiupan angin di permukaan laut, perbedaan densitas maupun adanya pengaruh pasang surut laut. Akibat dari adanya pengaruh angin, perbedaan densitas dan pasang surut maka akan terbentuk suatu pola sirkulasi arus yang khusus (Hadi dan Radjawane, 2009). Menurut Hadi dan Radjawane (2009), arus memiliki peranan penting dalam menentukan kondisi suatu perairan. Pola dan karakteristik arus yang meliputi jenis arus dominan, kecepatan dan arah serta pola pergerakan arus laut menyebabkan kondisi suatu perairan menjadi dinamis. Pergerakan arus membawa material-material serta sifat-sifat yang terdapat dalam badan air (Hadi dan Radjawane, 2009).

Pentingnya arus terutama berkaitan dengan aspek lain seperti biologi, kimia, dan polutan. Kaitan arus dengan biologi yaitu dalam hal distribusi biota (bagi yang mempunyai kemampuan pergerakan yang lemah seperti organisme berukuran mikro), disamping itu juga mempunyai peran terhadap penyebaran pakan bagi biota yang hidup terutama biota yang sifatnya menetap di perairan (Permadi *et al.*, 2015).

5. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* = DO) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Di samping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2005).

Nilai DO yang lebih tinggi untuk air dapat menunjukkan kualitas air yang lebih baik. Sebaliknya, nilai DO yang lebih rendah menunjukkan bahwa air tersebut tercemar karena semakin banyak bakteri di dalam air, semakin sedikit oksigen yang ada di

dalam air. Pengukuran DO juga bertujuan untuk mengetahui sejauh mana air dapat menampung biota perairan seperti ikan dan mikroba (Aulia, 2018).

6. Bahan Organik Terlarut

BOT atau Bahan Organik Terlarut adalah gambaran kandungan bahan organik dalam air yang terdiri dari Bahan Organik Terlarut dan tersuspensi (Sembel & Manan, 2018). BOT merupakan parameter yang mewakili tingkat konsentrasi semua bahan organik dalam air (Supriyantini *et al.*, 2017). Bahan organik tersebut dapat berupa bahan organik yang mudah terurai dan sulit terurai. Bentuknya bisa padat (organik partikel) dan larut dalam air (organik terlarut). Kandungan bahan organik dapat dianggap setara dengan berbagai parameter seperti nilai BOD₅ (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), maupun TOM (*Total Organic Matter*) (Afu, 2005). Untuk menentukan kandungan BOT yang terdapat pada suatu badan air didasarkan pada parameter nilai BOT dan nilai acuan mutu. Kriteria kualitas air yang tepat untuk memastikan kualitas air yang baik adalah <30 mg/L (Afu, 2005).

D. Perhitungan dengan metode *Most Probable Number*

Most Probable Number (MPN) adalah metode enumerasi mikroorganisme yang menggunakan data dari hasil pertumbuhan mikroorganisme pada medium cair spesifik dalam seri tabung yang ditanam dari sampel padat atau cair sehingga dihasilkan kisaran jumlah mikroorganisme dalam jumlah perkiraan terdekat (Sri Harti, 2015). Bakteri koliform dalam sumber air merupakan indikasi pencemaran air. Dalam penentuan kualitas air secara mikrobiologi kehadiran bakteri tersebut ditentukan berdasarkan tes tertentu yang umumnya menggunakan tabel atau yang lebih dikenal dengan nama MPN.

Metode MPN ini merupakan metode yang menggunakan data dari hasil pertumbuhan mikroorganisme pada medium cair spesifik dalam serial tabung yang ditanam dari sampel padat atau cair, sehingga dihasilkan kisaran jumlah mikroorganisme dalam jumlah perkiraan terdekat. Sistem *Quanti-Tray* adalah sistem perhitungan bakteri didasarkan dari metode MPN yang disederhanakan, sehingga terlihat secara kualitatif dengan indikator warna. Metode ini juga dapat dikuantitatifkan dengan bantuan tabel MPN yang sudah berstandar ISO 9308-2:2012 (Idexx, 2018). Sistem *Quanti-Tray Idexx* merupakan sistem enumerasi bakteri yang sudah dimodernisasi sehingga lebih efektif, seperti pembuatan media, kebutuhan untuk membuat pengenceran manual dari sampel air yang terkontaminasi dan kebutuhan alat yang digunakan. *Quanti-Tray* tidak hanya metode yang lebih cepat dan jauh lebih

sederhana, juga sangat hemat biaya (Hammond, 2017; Wijanarka dan Mubarokhah, 2019).