

***Escherichia coli* (ESCHERICH, 1885): DETEKSI DAN IDENTIFIKASI
KONTAMINASI BAKTERI PADA KERANG HIJAU (*Perna viridis*)
HASIL BUDI DAYA DI PROVINSI BANTEN**

SKRIPSI

Oleh

**TUBAGUS MUHAMAD ZIDAN ARAFAT
NPM 2114111019**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

***Escherichia coli* (ESCHERICH, 1885): DETEKSI DAN IDENTIFIKASI
KONTAMINASI BAKTERI PADA KERANG HIJAU (*Perna viridis*)
HASIL BUDI DAYA DI PROVINSI BANTEN**

Oleh

TUBAGUS MUHAMAD ZIDAN ARAFAT

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

***Escherichia coli* (ESCHERICH, 1885): DETEKSI DAN IDENTIFIKASI KONTAMINASI BAKTERI PADA KERANG HIJAU (*Perna viridis*) HASIL BUDI DAYA DI PROVINSI BANTEN**

Oleh

TUBAGUS MUHAMAD ZIDAN ARAFAT

Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan salah satu komoditas budi daya laut, termasuk organisme *filter feeders*, sehingga segala partikel yang ada di perairan akan terakumulasi di dalam tubuhnya. Keberadaan bakteri *E. coli* yang melimpah pada kerang hijau hasil budi daya, tentu akan berbahaya bagi kesehatan manusia. Oleh sebab itu, dilakukan penelitian mengenai deteksi dan identifikasi bakteri *E. coli* pada kerang hijau hasil budi daya di Provinsi Banten. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mendeteksi dan mengidentifikasi kontaminasi bakteri *E. coli* pada produk kerang hijau budi daya di wilayah Provinsi Banten. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024-Januari 2025. Sampel diperoleh dari tiga lokasi budi daya kerang hijau yang berbeda di Provinsi Banten. Metode yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada SNI 2332.1: 2015 tentang penentuan coliform dan *E. coli* pada produk perikanan. Tahapan yang dilakukan yaitu meliputi uji pendugaan coliform, uji penegasan coliform, uji pendugaan *E. coli* (fecal coliform), dan uji penegasan *E. coli*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kerang hijau hasil budi daya di tiga lokasi berbeda di Provinsi Banten melebihi ambang batas baku mutu SNI 7388: 2009 tentang batas maksimum cemaran mikroba pada pangan yaitu coliform <10000 APM/100 g. Sedangkan fecal coliform dan *E. coli* <300 APM/100 g. Hal ini tentu berpotensi membahayakan bagi manusia yang mengonsumsi kerang hijau tersebut tanpa pengolahan yang baik.

Kata Kunci : coliform, *E. coli*, fecal coliform, kekerangan, kontaminasi.

ABSTRACT

***Escherichia coli* (ESCHERICH, 1885): DETECTION AND IDENTIFICATION OF BACTERIAL CONTAMINATION IN GREEN MUSSELS (*Perna viridis*) FARMED IN BANTEN PROVINCE**

By

TUBAGUS MUHAMAD ZIDAN ARAFAT

Green mussels (*Perna viridis*) are an important commodity in the mariculture sector. Green mussels are filter feeders, so all particles in the water will accumulate in their bodies, especially *Escherichia coli* bacteria. Abundant *E. coli* bacteria in cultured green mussels will certainly be harmful to human health. Therefore, research was conducted on the detection and identification of *E. coli* bacteria in green mussel farming in Banten Province. The purpose of this study is to detection and identification of *E. coli* bacterial contamination in cultured green mussel products in the Banten Province area. This research was conducted in October 2024-January 2025. Samples were obtained from three different green mussel farming locations in Banten Province. The method used in this study refers to SNI 2332.1: 2015 on the determination of coliform and *E. coli* in fishery products. The stages carried out include coliform presumptive test, coliform confirmation test, *E. coli* (fecal coliform) presumptive test, and *E. coli* confirmation test. The results of this study showed that green mussels cultured in three different locations in Banten Province exceeded the quality standard threshold of SNI 7388: 2009 regarding the maximum limit of microbial contamination in food is coliform <10000 APM/100 g. While fecal coliform and *E. coli* <300 APM/100 g. This is certainly potentially dangerous for humans who consume these green mussels without proper processing.

Keywords: coliform, contamination, *E. coli*, fecal coliform, shellfish.

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi

: *Escherichia coli* (Escherich, 1885): DETEKSI
DAN IDENTIFIKASI KONTAMINASI
BAKTERI PADA KERANG HIJAU (*Perna*
viridis) HASIL BUDI DAYA DI PROVINSI
BANTEN.

Nama Mahasiswa

: **Tubagus Muhamad Zidan Arafat**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2114111019**

Program Studi

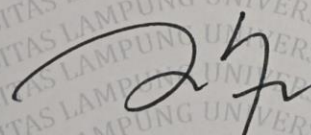
: **Budidaya Perairan**

Fakultas

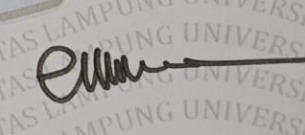
: **Pertanian**

MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

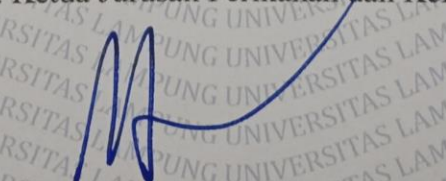

Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.

NIP. 19640215 199603 2 001


Yan Evan, S.Pi., M.Si.

NIP. 19870525 201012 1 002

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19830923 200604 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.

Sekretaris

: Yan Evan, S.Pi., M.Si.

Penguji

: Deny Sapto Chondro Utomo, S.Pi., M.Si.

Bukan

Pembimbing

2. Dekan Fakultas Pertanian



: Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Maret 2025



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp (0721) 704946 Fax (0721) 770347

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul "***Escherichia coli* (ESCHERICH, 1885): deteksi dan identifikasi kontaminasi bakteri pada kerang hijau (*Perna viridis*) hasil budi daya di Provinsi Banten**" tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat, dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandarlampung, 8 April 2025

Yang membuat pernyataan

2

Tubagus Muhamad Zidan Arafat
NPM. 2114111019

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, pasangan bapak Yasir Arafat dan Ibu Dwi Atika Sari. Pendidikan Taman Kanak-kanak penulis selesaikan di TK Aisyiah Rajabasa pada tahun 2009, pendidikan dasar diselesaikan di Madrasah Ibtidaiyah (MI) Tahfidz Babul Hikmah, Kalianda pada tahun 2015, pendidikan menengah pertama diselesaikan di SMPN 1 Sidomulyo pada tahun 2018, dan pendidikan menengah atas diselesaikan di SMAN 1 Sidomulyo, Lampung Selatan pada tahun 2021.

Tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa program studi Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Mikrobiologi Akuatik dan Fisiologi Ikan. Penulis juga sempat aktif di Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK), dengan pengalaman menjadi Pimpinan Sidang Musyawarah Besar (MUBES) HIMAPIK dan Rapat Kerja Wilayah 1 di Lubuklinggau Sumatera Selatan, serta pernah menjadi *Master of Ceremony* (MC) Seminar Nasional Kewirausahaan. Pada tahun 2024, Penulis melakukan kegiatan MBKM-Magang dan Penelitian di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh puji dan syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat yang telah diberikan, sehingga semua kegiatan khususnya dalam menuntut ilmu dan menyelesaikan skripsi ini berjalan dengan tanpa adanya halangan yang membuat ingin berhenti dalam menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam tak lupa selalu tercurahkan kepada suri teladan saya, Nabi Muhammad SAW. Dengan penuh kesadaran, kasih sayang, dan rasa hormat, saya persembahkan skripsi ini khususnya kepada keluarga kecil saya yaitu abi, umi, teteh, dan adek serta orang-orang di sekitar saya yang selalu memberikan dukungan serta masukan baik materil dan non-materil. Saya akan selalu berusaha untuk terus dapat berbakti kepada orang tua, keluarga, dan bermanfaat bagi orang lain, semoga Allah SWT selalu memudahkannya.

Saya persembahkan pula skripsi ini kepada para Dosen dan Analis BPKIL Serang khususnya yang telah membimbing, memberikan ilmu yang bermanfaat, pengalaman, saran, dan kritik kepada saya selama saya menjadi mahasiswa.

Serta almamater yang saya cintai, Universitas Lampung

MOTO

إِنْ يَنْصُرْكُمُ اللَّهُ فَلَا غَايِبَ لَكُمْ ۚ وَإِنْ يَخْذُلْكُمْ فَمَنْ ذَا الَّذِي يَنْصُرُكُمْ مِنْ بَعْدِهِ ۚ وَعَلَى اللَّهِ فَلْيَتَوَكَّلِ الْمُؤْمِنُونَ

"Jika Allah menolong kamu, maka tidak ada yang dapat mengalahkan kamu, tetapi jika Allah membiarkan kamu (tidak memberi pertolongan), maka siapa yang dapat menolongmu setelah itu? Karena itu, hendaklah kepada Allah saja orang-orang beriman bertawakal."

(QS. Ali 'Imran 3: 160)

“Ingat sebelum kena, hemat sebelum habis”
(Pesan Alm. Kakek)

SANWACANA

Alhamdulillahirobbilalamin. Segala puji bagi Allah SWT, karena atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang, tepat pada waktunya. Shalawat serta salam selalu tercurah limpahkan kepada baginda nabi Muhammad SAW, sebagai suri tauladan yang senantiasa dinantikan syaafatnya di hari akhir nanti.

Skripsi ini berjudul “*Escherichia coli* (Escherich, 1885): Deteksi dan identifikasi kontaminasi bakteri pada kerang hijau (*Perna viridis*) hasil budi daya di Provinsi Banten”. Skripsi ini merupakan salah satu bentuk dari tanggung jawab penulis untuk memperoleh gelar sarjana perikanan sebagai mahasiswa di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis juga berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian ini dengan baik dan tepat waktu, diantaranya :

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku dekan FP Unila
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan FP Unila,
3. drh. H. Toha Tusihadi selaku Kepala Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang,
4. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P selaku Koordinator Program Studi S1-Budidaya Perairan,

5. Deny Sapto Chondro Utomo, S.Pi., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik,
6. Ir. Siti Hudaidah, M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi,
7. Yan Evan, S.Pi., M.Si. selaku Penyelia Laboratorium Mikrobiologi di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang,
8. Seluruh analis mikrobiologi di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang,
9. Abi, umi, teteh, dan adik penulis yang telah memberikan semangat, dukungan baik materil dan moril, serta doa kepada penulis,
10. Serta teman-teman penulis di kampus dan BPKIL Serang yang memberikan saran-masukan, semangat, dan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diperlukan agar penulisan maupun pelaksanaan penelitian seperti ini dapat lebih baik lagi. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi para pembaca.

Bandarlampung, 8 April 2025
Penulis,

Tubagus Muhamad Zidan Arafat

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Manfaat	3
1.4 Kerangka Pikir	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kerang Hijau	5
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi	5
2.1.2 Habitat	6
2.1.3 Manfaat	6
2.1.4 Kondisi Budi Daya di Provinsi Banten	6
2.2 Coliform	7
2.3 <i>Escherichia coli</i>	8
2.3.1 Klasifikasi dan Karakteristik.....	8
2.3.2 Kontaminasi Bakteri.....	9
2.3.3 Mekanisme Patogenisitas	10
2.4 Jaminan Mutu Hasil Pengujian	12
III. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat.....	15
3.1.1 Waktu Penelitian.....	15
3.1.2 Tempat Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Prosedur Penelitian	18
3.3.1 Jaminan Mutu Hasil Pengujian	18
3.3.2 Sterilisasi Alat dan Bahan.....	19
3.3.3 Pengambilan Sampel.....	20
3.3.4 Preparasi Sampel.....	20
3.3.5 Identifikasi Bakteri.....	21
3.3.5.1 Uji Pendugaan Coliform.....	21
3.3.5.2 Uji Penegasan Coliform.....	22

3.3.5.3 Uji pendugaan <i>E. coli</i> (fecal coliform)	22
3.3.5.4 Uji Penegasan <i>E. coli</i>	23
3.3.5.5 Uji Morfologi dan Gram	23
3.3.5.6 Uji Biokimia	24
3.3.6 Analisis Data	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil	26
4.1.1 Jaminan Mutu Hasil Pengujian	26
4.1.2 Total Bakteri pada Kerang Hijau	27
4.1.2.1 Coliform.....	27
4.1.2.2 Fecal Coliform.....	28
4.1.2.3 <i>E. coli</i>	28
4.1.3 Rerata Total Bakteri pada Kerang Hijau.....	29
4.2 Pembahasan	30
V. SIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Simpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang digunakan pada penelitian	15
2. Bahan yang digunakan pada penelitian	17
3. Parameter jaminan mutu hasil pengujian	19
4. Parameter penyimpanan sampel yang baik	19
5. Interpretasi hasil uji biokimia	25
6. Hasil jaminan mutu hasil pengujian	26
7. Hasil penyimpanan sampel yang baik	26
8. APM bakteri coliform pada kerang hijau di Provinsi Banten	27
9. APM bakteri fecal coliform pada kerang hijau di Provinsi Banten.....	28
10. APM bakteri <i>E. coli</i> pada kerang hijau di Provinsi Banten.....	28
11. Rerata nilai APM tiap parameter dan tiap lokasi.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram penelitian	4
2. Kerang hijau	5
3. Morfologi sel bakteri <i>E. coli</i> (x1000 μm).....	9
4. Lokasi pengambilan sampel	20
5. Preparasi sampel perlakuan 5 seri	21
6. Alur uji pendugaan coliform	22
7. Alur uji penegasan coliform	22
8. Alur uji pendugaan <i>E. coli</i> (fecal coliform)	23
9. Alur uji penegasan <i>E. coli</i>	23
10. Alur uji morfologi sel dan Gram <i>E. coli</i>	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan media LTB, BGLB, dan EC Broth	47
2. Pembuatan media EMBA dan PCA	48
3. Pembuatan reagen MRVP	49
4. Pembuatan reagen Indol (Kovacs)	50
5. Uji jaminan mutu hasil pengujian	51
6. Uji jaminan mutu hasil pengujian (lanjutan)	52
7. Hasil uji lokasi Teluk Naga	53
8. Hasil uji lokasi Teluk Naga (Lanjutan)	54
9. Hasil uji lokasi Teluk Naga (Lanjutan)	55
10. Hasil uji lokasi Karangantu	56
11. Hasil uji lokasi Karangantu (Lanjutan)	57
12. Hasil uji lokasi Karangantu (Lanjutan)	58
13. Hasil uji lokasi Tanjung Kait	59
14. Hasil uji lokasi Tanjung Kait (Lanjutan)	60
15. Hasil uji lokasi Tanjung Kait (Lanjutan)	61
16. Dokumentasi Kegiatan	62

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerang hijau merupakan famili Mytilidae yang termasuk dalam spesies *Perna viridis* dan merupakan salah satu komoditas yang penting di sektor budi daya laut. Kerang hijau termasuk kekerangan yang menguntungkan untuk dibudidayakan, karena pertumbuhan yang cepat dan dapat mentoleransi berbagai kondisi lingkungan. Menurut Soon dan Ransangan (2014), faktor yang mendukung perkembangan budi daya kerang hijau di antaranya yaitu ketersediaan benih yang berasal dari alam sepanjang tahun tanpa proses pembenihan dan pertumbuhannya yang relatif cepat menjadikan kerang hijau sebagai salah satu komoditas yang prospektif untuk dikembangkan. Budi daya kerang hijau juga tidak berdampak terhadap penurunan kualitas lingkungan. Budi daya kerang hijau bahkan tergolong dalam budi daya yang ramah lingkungan (Sagita et al., 2017).

Kerang hijau termasuk dalam organisme *filter feeders*, yaitu memperoleh makanan dengan menyaring air melewati rongga mantelnya sehingga berbagai partikel di dalam air akan terakumulasi di dalam tubuh kerang hijau. Menurut Yaqin (2018), kerang hijau memiliki karakteristik dan sifat yang menetap atau *sessil*, hal ini yang menjadikan kerang hijau dapat menyerap apapun yang ada di perairan, termasuk bakteri patogen dari kelompok bakteri coliform. Bakteri coliform khususnya *E. coli* merupakan bioindikator pencemaran lingkungan perairan yang disebabkan oleh feses manusia maupun hewan. Secara umum, bakteri *E. coli* terdapat di dalam saluran pencernaan manusia maupun hewan. Bakteri ini aman dan bahkan penting bagi sistem pencernaan karena dapat mencegah terjadinya kolonisasi bakteri patogen pada saluran pencernaan. Akan tetapi, apabila jumlahnya di suatu perairan ataupun saluran pencernaan melebihi batasnya, maka *E. coli*

dapat menjadi patogen dan menyebabkan penyakit. Menurut Kotloff et al. (2013), sekitar 100.000.000 organisme harus tertelan untuk menyebabkan penyakit pada orang yang sehat. Selain itu, strain *E. coli* lain yang telah mencapai *quorum sensing*, akan menciptakan interaksi antar sel bakteri untuk menghasilkan senyawa bakteriosin, seperti kolisin dan mikrosin untuk membunuh spesies lain yang berkerabat dekat untuk mendapatkan lebih banyak nutrisi, ruang hidup, dan mengurangi patogen lain (Surati, 2020).

Kerang hijau yang terkontaminasi bakteri *E. coli* tentu dapat berdampak bagi kesehatan manusia yang mengkonsumsinya. Hal ini diperkuat oleh Katon et al. (2020), bahwa bakteri *E. coli* yang terdapat pada makanan atau minuman yang masuk ke dalam tubuh mampu menyebabkan gejala seperti disentri, gastroenteritis, diare, dan berbagai penyakit lainnya. *E.coli* dapat menyebabkan penyakit apabila jumlahnya meningkat, karena bakteri ini akan menghasilkan enterotoksin atau toksin yang meningkatkan sekresi cairan secara berlebih ke dalam rongga usus, sehingga terjadinya penumpukan cairan.

Beberapa kasus kontaminasi *E.coli* pada kerang hijau budi daya sering kali terjadi, khususnya di wilayah-wilayah yang perairannya tidak terjaga dengan baik. Lokasi budi daya yang dekat dengan wilayah industri dan pemukiman masyarakat juga menjadi faktor yang mendukung tingginya kontaminasi bakteri *E. coli* pada kerang hijau yang dibudidayakan. Kerang hijau di wilayah Morosari Kabupaten Demak teridentifikasi terkontaminasi bakteri *E.coli* >110000 MPN/100 g; Tanjung kait 180 hingga >13000 MPN/100 g; Kali Wiso Jepara >110000 APM/100 g (Katon et al., 2020; Vauziah, 2017; Widyaningsih, 2016). Hal ini tentu menjadi perhatian lebih, karena dari berbagai lokasi budi daya kerang hijau rerata kontaminasi bakteri *E.coli* melebihi ambang batas baku mutu yang sudah ditetapkan yaitu <10000 APM/100 g untuk bakteri coliform dan <300 APM/100 g untuk bakteri fecal coliform dan *E. coli* dalam SNI 7388: 2009 tentang batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan.

Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian untuk mendeteksi dan mengidentifikasi kontaminasi bakteri kelompok coliform khususnya *E. coli* yang terkandung pada kerang hijau hasil budi daya di Provinsi Banten dan membandingkannya dengan standar baku mutu SNI 7388: 2009 tentang batas maksimum

cemaran mikroba dalam pangan dengan jaminan mutu hasil pengujian yang akurat.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai kontaminasi bakteri *Escherichia coli* pada kerang hijau hasil budi daya di Provinsi Banten berdasarkan SNI 7388: 2009 tentang batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan.

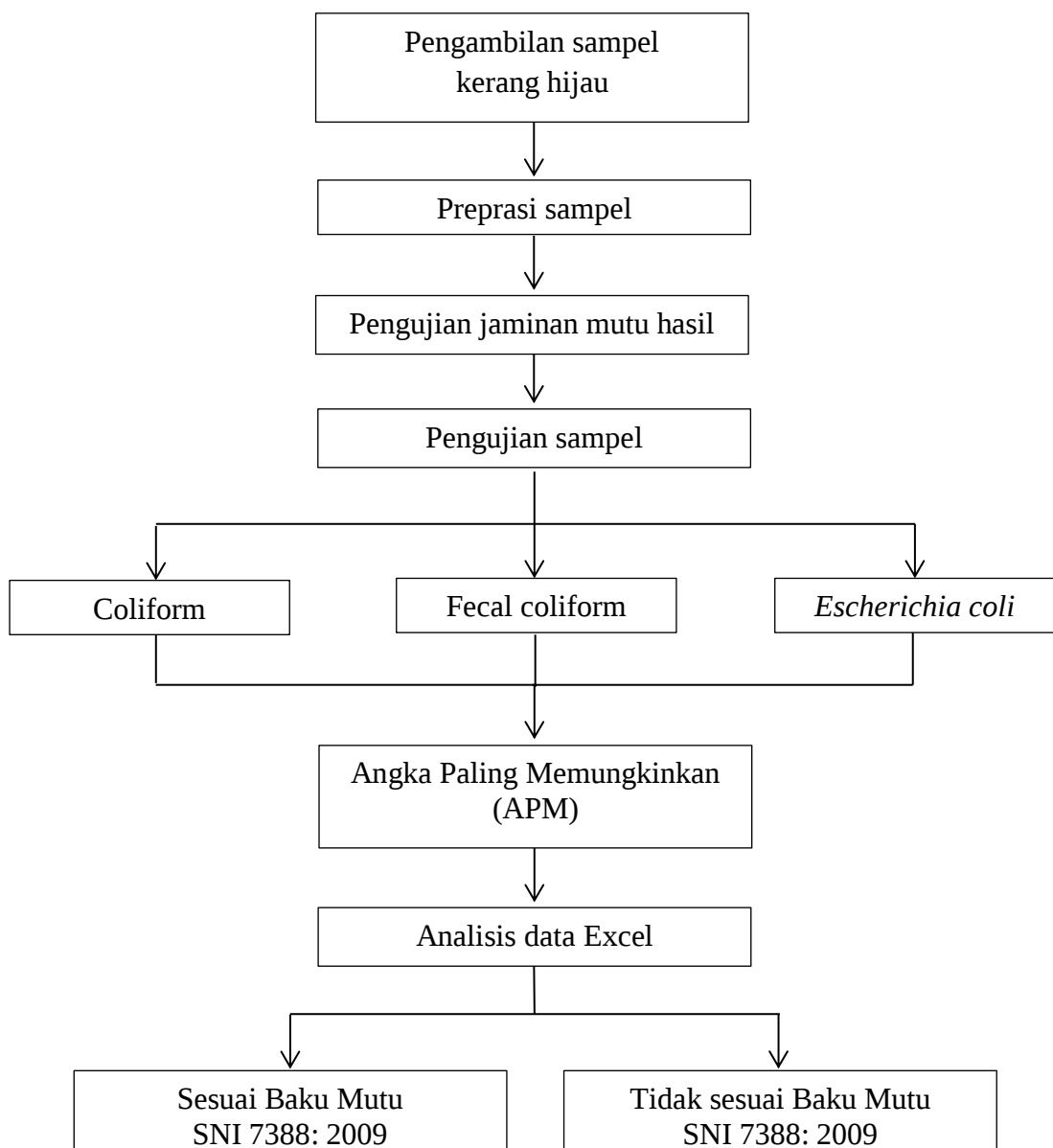
1.3 Manfaat

Penelitian ini memberikan informasi kepada masyarakat mengenai gambaran kontaminasi bakteri *E. coli* pada produk kerang hijau budi daya di wilayah Provinsi Banten.

1.4 Kerangka Pikir

Penelitian mengenai kontaminasi bakteri *E. coli* pada produk kerang hijau yang dibudidayakan di Provinsi Banten masih jarang dilakukan. Bakteri *E. coli* merupakan bakteri yang harus diwaspadai keberadaannya baik pada lingkungan perairan maupun pada produk pangan. Bakteri ini dapat menyebabkan masalah serius apabila jumlahnya di suatu perairan ataupun produk pangan melimpah. *E. coli* yang melimpah jumlahnya dapat menghasilkan eksotoksin berupa verotoksin yang berbahaya jika dikonsumsi dan menyebabkan diare berdarah pada manusia (Ayuningtyas, 2015). Sedangkan, *E. coli* yang melimpah pada lingkungan perairan mengindikasikan bahwa lingkungan perairan tersebut tercemar oleh berbagai bahan organik, termasuk feses manusia dan hewan.

Kerang hijau sebagai produk budi daya dan pangan tentu harus memenuhi persyaratan yang aman dan sehat untuk dikonsumsi oleh manusia. Persyaratan yang harus dipenuhi untuk memastikan keamanan pangan tertuai dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7388: 2009 tentang batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan, khususnya bakteri *E. coli*. Berdasarkan hal ini, maka dilakukan penelitian mengenai kontaminasi yang disebabkan oleh bakteri *E. coli*, untuk memastikan dan mewujudkan keamanan pangan dari produk perikanan khususnya kerang hijau hasil budi daya di Provinsi Banten.



Gambar 1. Diagram penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerang Hijau

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Berikut ini merupakan klasifikasi kerang hijau menurut Cappenberg (2008) :

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Molusca
Class	: Bivalvia
Sub class	: Lamellibranchia
Ordo	: Anisomyria
Superfamily	: Mytilacea
Family	: Mytilidae
Sub family	: Mytilinae
Genus	: <i>Perna</i>
Species	: <i>Perna viridis</i>



Gambar 2. Kerang Hijau

Tubuh kerang hijau terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian tubuh sejati, bagian kaki, dan bagian mantel. Menurut Ubay et al. (2021), Kerang hijau memiliki bentuk morfologi yang lonjong, bagian depan dan belakangnya cembung, memiliki bentuk yang serupa, bagian luar tubuhnya berwarna hijau kecoklatan, cangkang kerang hijau memiliki garis yang menandakan umur dari kerang hijau,

sedangkan bagian dalam cangkang lebih halus dan berwarna putih mengkilap. Kerang hijau tidak memiliki kepala (termasuk otak), tetapi memiliki ginjal, jantung, mulut, dan anus. Kerang hijau mempunyai insang berlapis yang dikenal dengan *Lamelli branchiate* dan memiliki kaki pipih yang terbentuk dari jaringan otot yang memanjang di bagian mantelnya sebagai alat untuk pergerakan dari kerang hijau (Setiawan et al., 2019).

2.1.2 Habitat

Kerang hijau hampir ditemukan diseluruh perairan pesisir Indonesia. Kerang hijau hidup di perairan estuari daerah pinggir pantai, muara sungai, dan hingga daerah mangrove. Umumnya kerang hijau hidup menempel dan bergerombol pada substrat yang keras seperti kayu, bebatuan, dan lumpur yang keras dengan bantuan *bysus* (Kencono, 2006). Menurut Prasadi et al. (2016), kerang hijau dapat tumbuh hampir di segala kondisi perairan, karena mampu beradaptasi dengan baik terhadap kondisi pH, salinitas, dan suhu yang ekstrim sekaligus.

2.1.3 Manfaat

Kerang hijau mempunyai banyak manfaat seperti, mencegah anemia, meningkatkan fungsi dan kerja otak, serta dapat menjaga kesehatan jantung. Hal ini karena lengkapnya kandungan nutrisi di dalamnya, mulai dari protein, lemak sehat, hingga sejumlah mineral. Bahkan, dengan pengolahan yang benar cangkang kerang hijau dapat dimanfaatkan menjadi olahan yang tinggi kalsium. Kanrowska (2004), menyatakan bahwa cangkang kerang hijau tersusun atas kalsium karbonat, kalsium bikarbonat, kalsium fosfat, dan kalsium aktif serta termasuk jenis-jenis kalsium non-organik yang tersusun dari lapisan *calcite* dan *aragonite*.

2.1.4 Kondisi Budi Daya Di Provinsi Banten

Provinsi Banten mempunyai potensi sumber daya kelautan dan perikanan yang sangat besar, salah satunya yaitu budi daya kerang hijau. Terdapat beberapa

lokasi budi daya yang terletak di Provinsi Banten diantaranya yaitu Karangantu, Tanjung Kait, Teluk Naga, dan Panimbang (Erlania dan Radiarta, 2011; Darmawan et al., 2021). Beberapa lokasi tersebut dipilih dan dijadikan sebagai tempat budi daya kerang hijau karena lokasi-lokasi tersebut berada pada garis pesisir pantai, memiliki kondisi fisik perairan yang baik, dan ketersediaan benih di alam yang melimpah, sehingga mendukung perkembangan dari segala proses budi daya kerang hijau yang dilakukan.

Budi daya kerang hijau di Provinsi Banten saat ini masih cukup menjanjikan. Berdasarkan Kelautan dan Perikanan dalam Angka Tahun 2023, budi daya kerang hijau di Provinsi Banten memproduksi hingga 2 s.d. 3 ton per siklusnya. Produksi kerang hijau juga di nilai menjadi budi daya yang produksinya lebih stabil dibandingkan dengan rajungan. Selain itu, respon penerimaan pasar terhadap harga jual kerang hijau juga baik, karena memperoleh harga Rp22.000-Rp25.000/kg. Bahkan untuk pemasaran kerang hijau ini tidak hanya di lingkungan sekitar tetapi termasuk ke wilayah Jakarta bahkan luar Pulau Jawa. Lokasi budi daya yang jauh dari pusat industri juga, membuat budi daya kerang hijau di Provinsi Banten terus berkembang hingga saat ini.

2.2 Coliform

Bakteri *coliform* merupakan kelompok bakteri yang umumnya ditemukan dalam lingkungan perairan. Bakteri ini biasanya tidak berbahaya, tetapi keberadaannya bisa menjadi indikator adanya pencemaran lingkungan (Pratiwi et al., 2019). Bakteri ini terbagi menjadi dua golongan yaitu *non-fecal coliform* dan *fecal coliform*. Menurut Suriaman (2008), bakteri *non-fecal coliform* merupakan bakteri dari keluarga coliform yang berasal dari hewan dan tanaman yang mati. Sedangkan, *fecal coliform* merupakan bakteri yang berasal dari tinja atau fekal manusia maupun hewan. Adapun yang termasuk ke dalam bakteri *non-fecal coliform* yaitu *Enterobacter*, *Klebsiella*, dan *Citrobacter*. Sedangkan, *Escherichia coli* adalah salah satu bakteri dari kelompok *fecal coliform* yang paling umum ditemui dan langsung terkait dengan kontaminasi tinja (Madigan et al., 2019).

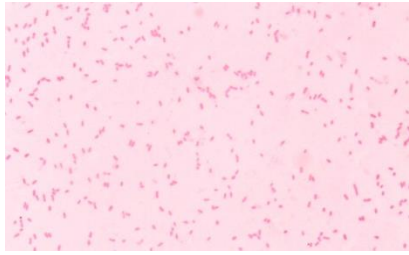
Menurut Widyaningsih et al. (2016), tingginya total bakteri coliform berpotensi memunculkan bakteri patogen lain yang berbahaya bagi organisme, manusia, dan lingkungan perairan tersebut. Kehadiran mikroba patogen di dalam air akan meningkat jika kandungan bahan organik di dalam air cukup tinggi, yang berfungsi sebagai sumber kehidupan mikroorganisme. Faktor yang mendukung pertumbuhan bakteri coliform meliputi pencemaran perairan oleh limbah cair, pupuk, dan limbah rumah tangga, serta limbah hasil kegiatan perikanan dan peternakan yang langsung dibuang ke sungai atau perairan tempat di mana terdapat budidaya kerang hijau. Hal ini sesuai dengan Kristanto et al. (2017), lokasi pemukiman padat penduduk dengan kerapatan penduduk yang tinggi, jarak antara satu rumah dengan rumah yang lain sangat dekat, jarak antara pembuangan limbah rumah tangga dan penampung feses dengan sumber air cenderung berdekatan serta kebiasaan membuang urin dan feses secara langsung ke sungai menyebabkan terjadinya pencemaran perairan. Limbah rumah tangga seperti feses atau sisa makanan menjadi faktor yang mendominasi penyebab pencemaran lingkungan perairan (Puspitasari et al., 2016). Selain itu, sifat kerang hijau yang menetap juga menjadi faktor yang sangat mendukung atas melimpahnya kandungan bakteri yang terakumulasi di dalam tubuh kerang hijau (Panjaitan, 2019).

2.3 *Escherichia coli*

2.3.1 Klasifikasi dan Karakteristik

Klasifikasi bakteri *E.coli* menurut Songer dan Post (2005) yaitu sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Class	: Gama Proteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Family	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Species	: <i>Escherichia coli</i>



Gambar 3. Morfologi sel bakteri
Escherichia coli (x1000 μm)

Escherichia coli merupakan bakteri yang masuk dalam golongan Enterobacteriaceae, bakteri ini berbentuk basil pendek, tidak berbentuk spora, memiliki gram negatif (didalam pewarnaan gram berwarna merah), berflagel, mempunyai ukuran berkisar 0.4-0.7 μm X 1.4 μm , serta bersifat katalase positif, oksidasi negatif, dan fermentatif. *Escherichia coli* merupakan coliform fekal yang berasal dari feses manusia atau hewan (Mahulette et al., 2024). *E. coli* juga termasuk bakteri mesofilik dengan suhu pertumbuhannya dari 7 °C sampai 50 °C dan suhu optimum sekitar 37 °C mempunyai kapsul (lapisan pelindung) (Haprabu et al., 2018; Adams dan Moss, 2008). *E. coli* bisa hidup sebagai bakteri aerob maupun bakteri anaerob. Oleh karena itu, *E. coli* dikategorikan sebagai anaerob fakultatif. Menurut Manning (2010), *E. coli* memanfaatkan oksigen sebagai sumber karbon dari luar yang berfungsi untuk tumbuh baik dalam keadaan oksidatif. Sedangkan, ketika berada pada kondisi yang anaerob, *E. coli* menggunakan cara fermentasi sebagai penghasil energi untuk kelangsungan hidup.

2.3.2 Kontaminasi Bakteri

Escherichia coli di perairan memberikan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat toksigenik dan atau enteropatogenik yang berbahaya bagi kesehatan dan dapat menyebabkan wabah penyakit. Sebenarnya, sebagian besar bakteri *E. coli* tidak berbahaya, justru bermanfaat bagi sistem pencernaan. Akan tetapi, terdapat beberapa strain *E. coli* yang dapat menyebabkan infeksi dan penyakit. *E. coli* merupakan bakteri enterik yang terdapat dan dapat bertahan di saluran pencernaan hewan maupun manusia termasuk struktur rongga mulut, esofagus, lambung, usus, rektum, dan anus. Menurut Rahayu et al. (2018), *E. coli* juga mampu

nyai kemampuan bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang sulit. *E. coli* dapat tumbuh baik pada perairan tawar, perairan laut, bahkan pada tanah. Secara umum, bakteri ini aman dan bahkan penting bagi sistem pencernaan karena dapat mencegah kolonisasi bakteri patogen pada saluran pencernaan. Akan tetapi, apabila jumlahnya di suatu perairan ataupun saluran pencernaan melebihi batasnya ($>1 \times 10^8$), maka *E. coli* dapat berbahaya dan menjadi patogen (Kotloff et al., 2013). Adanya *Escherichia coli* juga dapat menyebabkan gejala diare, demam, kram perut, dan muntah-muntah. (Hasmia et al., 2022).

Kontaminasi bakteri coliform dan *E.coli* yang tinggi pada kerang hijau berpotensi besar untuk menyebabkan penyakit pada manusia. Hal ini tentunya menyangkut standar keamanan pangan, telah diketahui bahwa *E. coli* menyumbang sejumlah kasus penyakit enterik bagi anak-anak di beberapa negara berkembang. Menurut Parashar et al. (2003), *Escherichia coli* merupakan etiologi utama penyebab diare. *Escherichia coli* patogen penyebab diare disebut sebagai *diarrheagenic Escherichia coli* (DEC) yang terdiri dari enam jenis, yaitu *enterotoxigenic E. coli* (ETEC), *enteropathogenic E. coli* (EPEC), *enterohemorrhagic E. coli* (EHEC), *enteroinvasive E. coli* (EIEC), *enteroaggregative E. coli* (EAEC), dan *diffusely adherent E. coli* (DAEC) (Kaper et al. 2004). Menurut FDA (2011), terdapat empat jenis *E. coli* yaitu ETEC, EPEC, EHEC, dan EIEC yang diketahui sebagai bakteri penyebab penyakit yang berasosiasi dengan pangan (*foodborne disease*).

Beberapa penelitian juga telah menunjukkan bahwa golongan tersebut merupakan bakteri yang mengontaminasi pangan dan menyebabkan diare (Kagambega et al. 2012). Selain diare, *E. coli* juga dapat menyebabkan beberapa penyakit lain misalnya disentri, gastroenteritis demam, kram perut, dan muntah-muntah dan penyakit lainnya (Hasmia et al., 2022; Katon et al., 2020; Putri et al., 2015).

2.3.3 Mekanisme Patogenisitas

Skema patogenesis bakteri *E.coli* bergantung pada golongan bakteri tersebut. *enterotoxigenic E. coli* (ETEC) merupakan agen penyebab penyakit diare baik pada manusia maupun pada hewan. ETEC yang masuk ke dalam sistem pen-

cernaan akan menempel pada sel-sel yang melapisi mukosa usus kecil melalui interaksi yang di terjadi akibat faktor kolonisasi. Setelah itu, ETEC akan menghasilkan enterotoksin. Enterotoksin yang dihasilkan terbagi menjadi dua jenis yaitu yang tidak tahan panas (*heat labile toxin* = LT) dan yang tahan panas (*heat stabile toxin* = ST), toxin inilah yang menyebabkan diare. Studi mengenai dosis infeksi ETEC terhadap manusia menunjukkan bahwa ETEC dapat menyebabkan diare pada dosis sekitar 1×10^6 sampai 1×10^{10} CFU (Flores dan Okhuysen, 2012; Porter et al. 2011; Feng, 2014).

Enteropatogenik *E. coli* (EPEC) merupakan penyebab diare yang cukup berbahaya pada bayi dan dapat menginfeksi lebih dari 2 minggu bahkan menyebabkan kematian jika sampai terjadi kekurangan cairan. Pada orang dewasa bakteri ini menyebabkan diare berat, mual, muntah, demam, sakit kepala, dan menggigil. Menurut Winiati et al. (2018), EPEC memiliki karakteristik dapat menginduksi luka (*attaching-effacing*) pada saluran pencernaan melalui mikrovili usus yang EPEC rusak, karena EPEC memiliki komponen genetik lokus pemindah enterosit (LEE). Rusaknya sambungan sel penyangga (*tight junction*/Tj) juga menyebabkan sel kehilangan penahan yang berakibat pada kematian sel inang. Rusaknya sel ini akan mengubah sistem pengangkutan ion pada saluran pencernaan. Hal ini menstimulasi sekresi klorida oleh enterosit yang memicu permulaan diare.

Enterohemoragik *E. coli* (EHEC) merupakan kelompok bakteri *E. coli* yang memproduksi toksin shiga yang mampu menembus ke dalam epitel usus, kemudian menyebar melalui aliran darah, sehingga menyebabkan diare berdarah yang berakhir dengan sindrom hemolitik uremik (HUS). HUS mengakibatkan gagal ginjal akut pada anak-anak dan kematian pada orang dewasa. Pada orang dewasa, HUS menyebabkan kematian hingga mencapai 50% (CFSPH, 2009). *E. coli* strain O157:H7 ialah serogrup EHEC yang paling sering menginfeksi dengan presentase sekitar 60-70% (Watahiki, et al. 2014). Penyakit lainnya yaitu pembekuan darah di otak yang merupakan gangguan pada sistem saraf pusat dan dapat berujung pada kematian (Winiati et al., 2018).

Enteroinvasif *E. coli* (EIEC) menyebabkan gejala seperti demam, sakit kepala, nyeri otot, kram perut, dan diare. Gejala yang disebabkan EIEC muncul 8

sampai 24 jam setelah mengonsumsi makanan yang terkontaminasi. FDA (2011), setidaknya diperlukan 10^6 sel EIEC untuk menyebabkan penyakit pada orang dewasa. EIEC berkemampuan untuk menginvasi jaringan kolon, yang disebabkan karena adanya faktor virulensi spesifik berupa plasmid invasi (*invasion plasmid*). Selain itu, EIEC juga dapat memproduksi satu bahkan lebih sitotoksin yang menyebabkan kerusakan sel sehingga mengakibatkan penyakit yang lebih serius (Pawlowski et al., 2009). Patogenesis EIEC berawal dari terjadinya penetrasi sel EIEC ke dalam sel epitelial, diikuti oleh lisisnya vakuola. Ketika di dalam sel, EIEC menggandakan diri, kemudian bergerak menuju sitoplasma dan menginvasi sel di sekitarnya. Pergerakan dari EIEC di dalam sel dibantu oleh aktin (jaringan protein dinamis) yang terbentuk pada EIEC. Bakteri EIEC juga mampu menginfeksi makrofag dan menginduksi kematian sel melalui apoptosis (Winiati et al., 2018).

Enteroagregatif *E. coli* (EAEC) merupakan jenis *E. coli* yang berkaitan erat dengan diare akut yang terjadi pada anak-anak. Gejala yang ditimbulkan dapat berupa diare yang disertai darah dan lendir. Pada banyak kasus, diare akan berlangsung selama lebih dari 14 hari (Manning, 2010). Mekanisme *E. coli* jenis ini dimulai saat penempelan bakteri pada mukosa usus yang mengakibatkan kenaikan produksi lendir (mucus) oleh EAEC yang mendukung pembentukan biofilm di atas permukaan sel mukosa, kemudian EAEC melepaskan toksin yang mengakibatkan rusaknya sel dan peningkatan sekresi. Kelompok *E. coli* yang terakhir yaitu difusi adheren *E. coli* (DAEC). Kelompok ini menyebabkan diare pada anak-anak dengan rentang umur 18 bulan-5 tahun. Pada orang dewasa DAEC tidak menimbulkan gejala infeksi. Sebab, struktur dan fungsi epitel usus pada anak-anak dibawah 5 tahun belum sempurna dan kuat (Le Bouguenec dan Servin, 2006) dalam Winiati et al., (2018).

2.4 Jaminan Mutu Hasil Pengujian

Jaminan mutu hasil pengujian merupakan segala kegiatan yang dilakukan untuk memastikan hasil yang akurat, konsisten, dan dapat dipertanggungjawabkan. Kegiatan yang dilakukan untuk menjamin mutu hasil pengujian yaitu dengan

menguji dan menilai kinerja metode terhadap parameter tertentu berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh laboratorium untuk memastikan bahwa metode yang digunakan memenuhi persyaratan untuk mendapatkan hasil yang pasti dan akurat sesuai dengan penggunaannya. Jaminan mutu digunakan untuk membuktikan keakuratan, keefektifan, dan keterpercayaan hasil dari suatu metode. Salah satu kegiatan untuk penjaminan mutu hasil pengujian yaitu dengan verifikasi metode yang digunakan (Harmono, 2020). Berdasarkan *International Organization For Standardization* (ISO) 16140-3 Tahun 2017, terdapat beberapa parameter penjaminan mutu hasil pengujian yang harus di uji yaitu:

1. Akurasi

Akurasi atau ketepatan metode diartikan sebagai parameter yang menyatakan kedekatan hasil pengujian dengan rekayasa matriks yang sebenarnya. Akurasi sering dinyatakan dengan persen perolehan kembali (*recovery percentage*). Persentase perolehan kembali yang memenuhi persyaratan menunjukkan bahwa metode tersebut memiliki akurasi yang baik (Harmono, 2020).

2. Presisi

Presisi merupakan parameter yang menyatakan ukuran kedekatan hasil analisis yang diperoleh dari pengukuran beberapa ulangan yang sama. Nilai presisi diperoleh dengan melakukan perbandingan antara hasil pengukuran dengan nilai referensi atau rekayasa yang diketahui secara pasti (Fatmawati et al., 2023).

3. Linearitas

Linearitas merupakan parameter yang menyatakan kemampuan suatu metode dalam memberikan hasil uji yang proporsional terhadap konsentrasi analit yang diberikan dalam sampel. Penentuan linearitas dapat dilakukan dengan mengukur menggunakan beberapa konsentrasi analit. Linearitas dapat diperoleh secara langsung atau melalui tranformasi matematik dengan koefisien determinasi (r^2) yang lebih dari 0,95 untuk dapat dikatakan linear (Asis, 2020).

4. Sensitivitas

Sensitivitas dari suatu metode dapat ditentukan dengan menggunakan dua parameter yaitu *limit of detection* (LOD) dan *limit of quantitation* (LOQ). Batas deteksi atau LOD merupakan jumlah terkecil konsentrasi dalam sampel yang dapat di deteksi yang masih memberikan respon yang signifikan dibandingkan dengan standar yang digunakan. Kadar analit batas deteksi memberikan respon tiga kali simpangan baku pengukuran blanko standar (Harmono, 2020). Sedangkan, LOQ adalah nilai terendah dari konsentrasi analit yang dapat diukur dan dilaporkan dengan presisi dan akurasi yang dapat diterima dalam suatu pengujian. Nilai LOQ memberikan pengukuran yang dapat diandalkan dan terukur. Kadar analit batas deteksi memberikan respon sepuluh kali simpangan baku pengukuran blanko standar (Torowati dan Galuh, 2014).

5. Stabilitas

Uji stabilitas dirancang untuk mengetahui seberapa lama estimasi mekanisme degradasi kandungan suatu sampel dapat disimpan tanpa mengalami perubahan komposisi maupun kandungan aslinya dan sebagai penentuan waktu penggunaan (*shelf-life*) (Wulandari et al., 2022). Pengujian stabilitas dilakukan selama satu bulan dan diamati setiap minggu dengan tiga perlakuan yaitu suhu ruang, kulkas, dan *freezer*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 sampai dengan Januari 2025.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang. Jl. Raya Carita, Umbul Tanjung, Cinangka, Umbul Tj., Serang, Kabupaten Serang, Banten 42167

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian

No.	Nama Alat	Merek	Spesifikasi	Fungsi
1.	<i>Biological safety Cabinet</i> (BSC)	N-BIOTEK	Lebar : 1200 mm Berat : 22.0 kg	Untuk tempat melakukan penelitian secara aseptis.
2.	Botol kaca	Schott Duran	Suhu maks. 140 °C Ukuran : 100-1000 mL	Untuk wadah larutan fisiologis dan media stok.

Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian (lanjutan)

No.	Nama Alat	Merek	Spesifikasi	Fungsi
3.	<i>Petridish</i>	Anumbra	Ketebalan kaca: 15-30 mm Diameter cawan: 60-180 mm	Untuk wadah media kultur.
4.	Tabung reaksi	Iwaki	Material: <i>borosilicate glass</i> Diameter: 4.97 mm	Untuk wadah media uji bakteri.
5.	Rak tabung reaksi	Sanwa Kaken	Isi: 50 tabung Ukuran: 25,5 mm	Untuk meletakkan tabung reaksi.
6.	Tabung <i>centrifuge</i>	Corning	Ukuran 15-50 mL	Untuk menampung larutan pengencer.
7.	Waterbath	Grant	Suhu: 0-120 °C Ukuran: 5-12 Liter	Untuk inkubasi bakteri fecal coliform.
8.	Autoklaf	Tomy	Suhu: 105-132 °C Kapasitas: 51 Liter Tekanan: 0,216 MPa	Untuk sterilisasi alat dan bahan.
9.	Inkubator	Memmert	Suhu: 20-80 °C Akurasi pengaturan suhu: 0,1 °C	Untuk Inkubasi bakteri.
10.	<i>Refrigerator</i>	Biobase	Suhu: 2-8 °C Pintu: 2 pintu	Untuk menyimpan sampel.
11.	Blender	Vienta	Berat: 4,4 kg Daya: 460-800 W Tegangan : 220 V	Untuk menghaluskan sampel.
12.	Tabung durham	Iwaki	Bahan: kaca Diameter: ± 6 mm Panjang: ± 35 mm	Untuk menampung gas yang dihasilkan oleh bakteri.
13.	Plastik anti panas	Diana Sakti	Ukuran: 15x30 cm Suhu: 0-140 °C	Untuk wadah alat sebelum diautoklaf.
14.	Mini mixer	Vortex	Berat: 3,5-5 kg Power 50-60W Tegangan: 120-230V	Untuk menghomogenkan sampel.
15.	Jarum <i>ose</i>	Rofa	Ukuran: 1 μ L dan 10 μ L	Untuk menggores bakteri.
16.	<i>Bacti cinerator</i>	Bath Zipper	Suhu: 825 $\pm$ 50 °C Power 150-170W	Untuk mensterilkan jarum <i>ose</i> .
17.	<i>Magnetic stirrer</i>	Corning	Lebar: 4-9 mm Panjang: 8-35 mm	Untuk menghomogenkan media.
18.	Mikropipet	Eppendorf	Ukuran: 100 μ L-1 mL	Untuk mengambil cairan dalam jumlah yang kecil.
19.	Mikrotip	Eppendorf	Ukuran: 100 μ L-1 mL	Untuk menampung cairan.
20.	<i>Hotplate</i>	Corning	Ukuran: 11 inches Power: 120W/60Hz Stir: 0-500 rpm Suhu: 0-500 °C	Untuk memanaskan dan menghomogenkan media uji.

Tabel 1. Alat yang digunakan pada penelitian (lanjutan)

No.	Nama Alat	Merek	Spesifikasi	Fungsi
21.	Gelas Beker	Iwaki	Ukuran: 50 mL-1 L	Untuk mengukur akuades.
22.	Kamera digital	Poco M4	Android xiaomi HyperOS Penyimpanan: 256 gb	Untuk mendokumentasikan kegiatan penelitian.
24.	Kapas	Mutiara	Ukuran 1 kg, Tekstur: lembut	Untuk penutup tabung reaksi.
25.	Masker	Onemed	Warna: hijau Partikel: 0,3 mikron Lapisan: 3 ply	Untuk menghindari kontaminasi bakteri.
26.	Sarung tangan	Latex	Bahan: karet Ukuran: S-XL	Untuk menghindari kontaminasi bakteri.
27.	Alat tulis	Bigboss	Ukuran: B5, 6 mm	Untuk mencatat hasil saat penelitian.
28.	Coolbox	Lion stars	Ukuran: 5,5-33 Liter	Untuk wadah membawa sampel.

Tabel 2. Bahan yang digunakan pada penelitian

No.	Nama Bahan	Merek	Spesifikasi	Fungsi
1	<i>Brilliant Green Lactose Bile (BGLB) Broth</i>	Millipore	Ukuran: 500 g 40 g/1 L akuades Made in Switzerland	Untuk Media uji penegasan coliform.
2.	<i>Escherichia coli (EC) broth</i>	Himedia	Ukuran: 500 g 37 g/1 L akuades	Untuk media uji pendugaan <i>E.coli</i> .
3.	<i>Lauryl Tryptose Broth (LTB)</i>	Oxoid	Ukuran: 500 g 35,6 g/1 L akuades	Untuk media uji pendugaan coliform.
4.	<i>Buffered Peptone Water (BPW)</i>	Millipore	Ukuran: 500 g Made in Germany 25,5 g/1 L akuades	Untuk perbaikan sel bakteri (pengencer).
5.	Sampel kerang hijau budi daya	-	Ukuran: bervariasi Warna: hijau	Untuk parameter uji.
6.	<i>Plate Count Agar (PCA)</i>	Millipore	Ukuran: 500 g Made in Germany	Untuk media umum kultur bakteri.
7.	<i>Eosin Methylene Blue Agar (EMBA)</i>	Oxoid	Ukuran: 500 g 37,5 g/1 L akuades Made in Germany	Untuk media uji penegasan <i>E.coli</i> .
8.	KOH 3%	Merck	Ukuran: 500 g Penyimpanan: 2-30 °C massa: 56,11g/mol	Untuk uji gram bakteri.
9.	<i>Oxidase detection test</i>	Sigma-Aldrich	Isi: 100 lembar No. Produk: 40560 Penyimpanan: 2-8 °C	Untuk uji oksidase bakteri.

Tabel 2. Bahan yang digunakan pada penelitian (lanjutan)

No.	Nama Bahan	Merek	Spesifikasi	Fungsi
10.	Media <i>Tryptone water</i>	Himedia	Ukuran: 500 g 25 g/1 L akuades pH: 7.30-7.70	Untuk media uji senyawa Indol.
11.	Media <i>Methyl Red</i> dan <i>Voges Proskauer</i> (MRVP)	Himedia	Ukuran: 500 g 17 g/1 L akuades pH 6.70-7.10	Untuk media biokimia <i>E.coli</i> .
12.	Larutan fisiologis (NaCl 0.85%)	Himedia	Ukuran: 500 g 4,25 g/500 mL akuades Kadaluarsa: 2025	Untuk bahan pelarut dan pengencer.
13.	Akuades	-	Warna: bening Aroma: tidak berbau	Untuk membilas, mencampur, dan melarutkan bahan.
14.	Media <i>Citrate</i>	Oxoid	Ukuran: 500 g 23 g/1 L akuades pH: 7.0	Untuk uji <i>citrate E. Coli</i> .
15.	<i>Reagen Methyl Red</i> (MR)	Merck	Made in Germany Ukuran 25 g	Untuk uji <i>Methyl Red</i> .
16.	<i>Reagen Kovacs</i>	Millipore	Made in Germany Penyimpanan: 2-8 °C	Untuk uji senyawa Indol.
17.	<i>Reagen alpha naphthol</i> (VP1) dan 40% KOH (VP2)	Merck	Ukuran: 50 g Massa: 144,17 g/mol	Untuk uji <i>Voges Proskauer</i> .

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terbagi menjadi dua tahap yaitu pengujian jaminan mutu hasil pengujian dan pengujian sampel. Tahapan pengujian jaminan mutu hasil pengujian meliputi akurasi, presisi, linearitas, sensitivitas, dan stabilitas. Sedangkan, tahap pengujian sampel meliputi sterilisasi, pengambilan sampel, preparasi sampel, dan identifikasi bakteri, serta analisis data.

3.3.1 Jaminan Mutu Hasil Pengujian

Parameter jaminan mutu hasil pengujian yang di uji pada penelitian ini disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 3. Parameter jaminan mutu hasil pengujian

Parameter	Persyaratan
Akurasi	$\geq 70\%$
Presisi	≤ 5
Linearitas	$\geq 0,95$
Sensitivitas	(3*SD) dan (10*SD)

***ISO 16140-3:2017**

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa terdapat beberapa persyaratan untuk memenuhi jaminan mutu hasil pengujian diantaranya akurasi yang $\geq 70\%$, presisi yang ≤ 5 , linearitas yang $\geq 0,95$, sensitivitas 3*SD dan 10*SD, dan stabilitas penyimpanan sampel selama 1 bulan $\geq 70\%$ -100%.

Tabel 4. Parameter penyimpanan sampel yang baik

Parameter	Persyaratan
Stabilitas (1 bulan)	Suhu Ruang Kulkas Freezer $\geq 70\%$ -100%

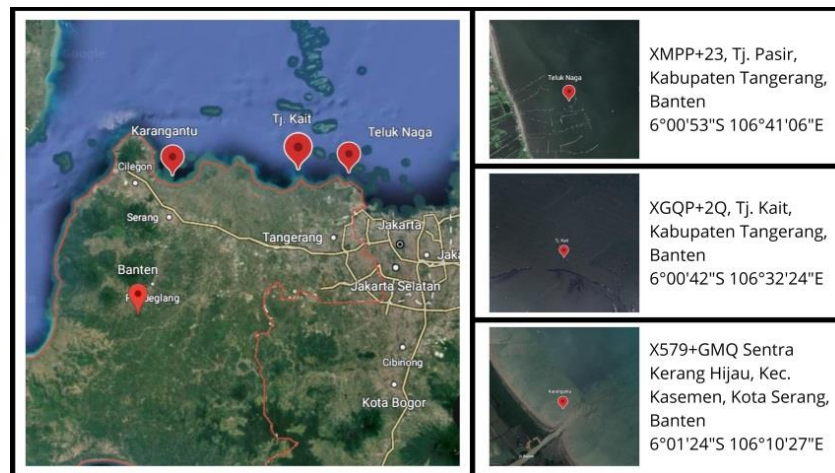
Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa untuk mendukung jaminan mutu hasil pengujian yang baik, harus diketahui waktu yang tepat dalam menyimpan sampel sebelum dilakukan pengujian.

3.3.2 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dan bahan pasca pengujian dilakukan untuk memutus rantai hidup organisme khususnya bakteri patogen. Semua peralatan yang akan digunakan atau yang sudah dilakukan pengujian di sterilisasi menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya, dicuci menggunakan sabun dan air mengalir, kemudian dikeringkan dengan menggunakan alat *dish dryer sterilizer* selama 45-60 menit. Setelah kering, peralatan dikelompokkan sesuai dengan jenisnya. Peralatan kemudian dibungkus menggunakan kertas, plastik anti panas, dan aluminium foil sesuai jenis alat tersebut. Setelah semua peralatan dibungkus dengan rapi, selanjutnya disterilisasi kembali dengan menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C selama 15 menit. Setelah sterilisasi selesai, peralatan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 70°C selama kurang lebih 6 jam dan peralatan dapat digunakan atau disimpan pada lemari penyimpanan.

3.3.3 Pengambilan Sampel

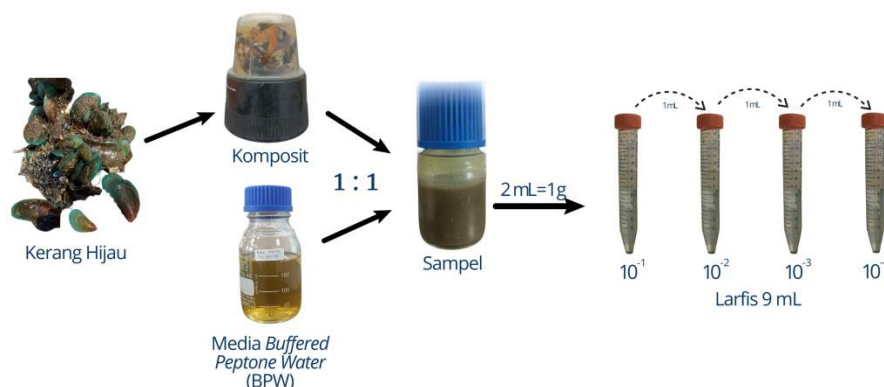
Pengambilan sampel dilakukan di tiga lokasi di wilayah berbeda di Provinsi Banten, yaitu Teluk Naga, Karangantu, dan Tanjung Kait (Gambar 4). Pengambilan sampel dilakukan di tiga titik berbeda pada tiap lokasi. Total sampel yang diperoleh yaitu sembilan sampel. Sampel yang telah diambil kemudian dibawa ke Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang dengan menggunakan *coolbox*.



Gambar 4. Lokasi Pengambilan Sampel
Sumber: (Google earth, 2024)

3.3.4 Preparasi sampel

Sampel kerang dilakukan preparasi sesuai dengan titik pengambilannya. Sampel kerang yang akan di uji dihaluskan secara aseptik dan dibuat homogenat. Homogenat diperoleh dengan menghaluskan dan mencampurkan 100 mL larutan *Buffered Peptone Water* (BPW) dengan 100 g sampel kerang per titik budi daya (Gambar 5). Sebagian proses dapat dilihat pada sub-subbab 3.3.5 tentang identifikasi bakteri.

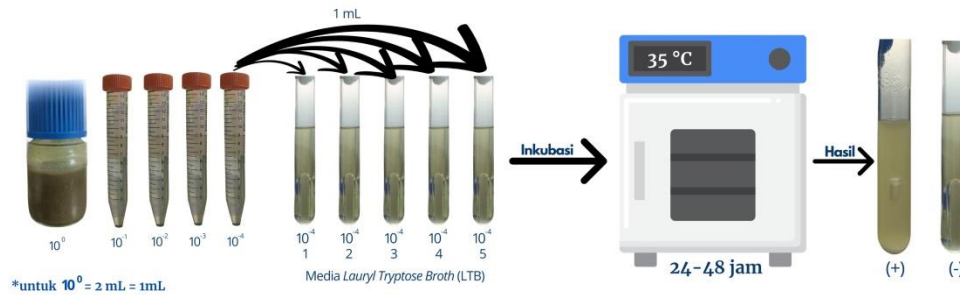


Gambar 5. Preparasi sampel perlakuan 5 seri

3.3.5 Identifikasi Bakteri

3.3.5.1 Uji Pendugaan Coliform

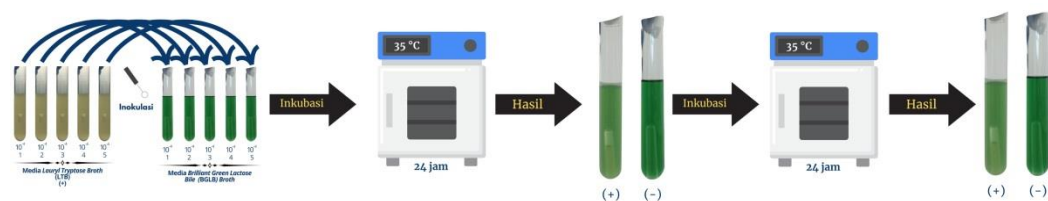
Uji pendugaan coliform dilakukan dengan pengambilan isolat dari sampel-sampel kerang yang sudah dilakukan preparasi. Dimasukkan masing-masing sebanyak 2 g homogenat (setara dengan 1 g kerang) ke dalam 9 mL larutan pengencer (larutan fisiologis) (10^{-1}). Homogenat yang sudah diencerkan (10^{-1}) diambil sebanyak 1 mL, dimasukkan ke dalam 9 mL larutan pengencer (10^{-2}). Lakukan hingga mendapatkan pengenceran 10^{-4} (Gambar 5). Diambil sebanyak 2 mL (setara 1 mL) sampel dari pengenceran 10^0 menggunakan mikropipet, dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi media LTB (*Lauryl Tryptose Broth*) dan tabung durham (10^0). Kemudian diambil sebanyak 1 mL dari masing-masing pengenceran untuk dimasukkan ke dalam tabung LTB pada pengenceran berikutnya (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , dan 10^{-4}). Masing-masing pengenceran terdiri dari 5 ulangan (5 seri). Tabung-ta-bung tersebut di inkubasi selama 24 jam $\pm$ 2 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, tabung-tabung positif (kekeruhan dan terdapat gas pada tabung durham) di catat, tabung negatif diinkubasi kembali selama 24 jam $\pm$ 2 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, untuk menunggu bakteri coliform tumbuh pada media yang sama dan menghasilkan nilai positif. Dilakukan uji penegasan coliform pada tabung positif (Gambar 6).



Gambar 6. Alur uji pendugaan coliform

3.3.5.2 Uji Penegasan Coliform

Pengujian ini dilakukan dengan cara menginokulasikan biakan bakteri dari tabung-tabung LTB yang positif ke tabung-tabung reaksi yang berisi media BGLB *Broth* dan tabung durham dengan menggunakan jarum Ose steril. Media BGLB *Broth* yang telah diinokulasi bakteri di inkubasi selama 48 jam $\pm$ 2 jam suhu 35°C $\pm$ 1°C. Tabung-tabung BGLB *Broth* yang menghasilkan gas selama 48 jam $\pm$ 2 jam suhu 35°C $\pm$ 1°C di periksa. Tabung positif pada BGLB *Broth* di tandai dengan kekeruhan dan gas dalam tabung durham. Nilai angka paling memungkinkan (APM) ditentukan berdasarkan jumlah tabung-tabung yang positif dengan menggunakan metode angka paling memungkinkan (APM). Nilainya dinyatakan sebagai APM/g atau APM/mL coliform (Gambar 7).

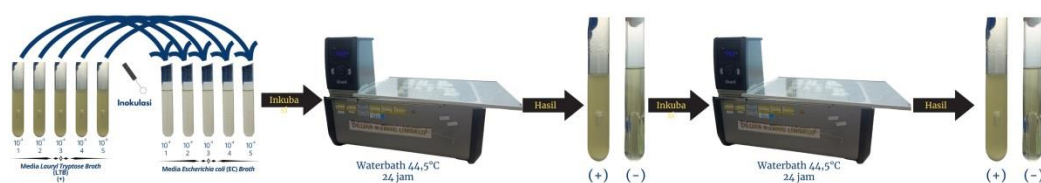


Gambar 7. Alur uji penegasan coliform

3.3.5.3 Uji Pendugaan *E.coli* (fecal coliform)

Biakan bakteri dari setiap tabung LTB yang positif diinokulasikan ke tabung-tabung reaksi yang berisi media *EC Broth* dan tabung durham dengan menggunakan jarum Ose steril. *EC Broth* di inkubasi dalam *waterbath* sirkulasi selama 48 jam $\pm$ 2 jam pada suhu 45°C $\pm$ 0,5 °C. *Waterbath* harus dalam keadaan bersih dan air di dalamnya harus lebih tinggi dari cairan yang ada di dalam tabung

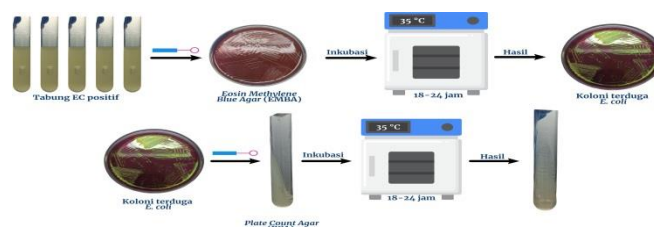
yang akan di inkubasi. Tabung-tabung *EC Broth* yang menghasilkan kekeruhan dan gas selama 24 jam di periksa. Tabung negatif diinkubasikan kembali sampai 48 jam $\pm$ 2 jam pada suhu $45^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Tabung positif di tandai dengan keke-ruhan dan gas dalam tabung. Tentukan nilai angka paling memungkinkan (APM) berdasarkan jumlah tabung-tabung *EC Broth* yang positif dengan menggunakan metode perhitungan angka paling memungkinkan (APM). Nilainya dinyatakan sebagai APM/g atau APM/mL fecal coliform (Gambar 8).



Gambar 8. Alur uji pendugaan *E. coli* (fecal coliform)

3.3.5.4 Uji Penegasan *E. coli*

Uji penegasan *E. coli* dilakukan dengan menginokulasi bakteri dari tabung-tabung *EC broth* yang positif dengan menggunakan jarum Ose yang digoreskan pada media *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA). Inkubasi selama 18-24 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Koloni terduga *E. coli* memberikan ciri khas (*typical*) berupa warna hijau metallic ataupun tidak, hitam pada bagian tengah koloni, dan berbentuk datar. Diinokulasikan kembali masing-masing koloni terduga *E. coli* yang tumbuh pada media EMBA, ke dalam media PCA dengan menggunakan jarum Ose. Inkubasi kembali selama 18-24 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan gunakan untuk pengujian selanjutnya (Gambar 9).

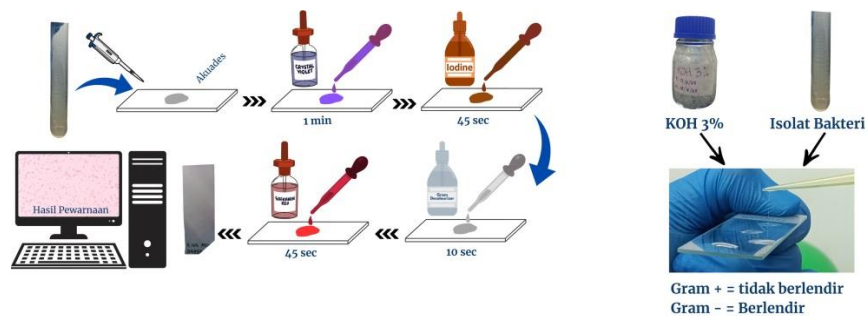


Gambar 9. Alur uji penegasan *E. coli*

3.3.5.5 Uji Morfologi dan Gram

Pengujian morfologi dilakukan dengan pewarnaan gram dan KOH 3% dari setiap koloni terduga *E. coli*. Biakan diambil dari media PCA yang telah di inku-

basi selama 18-24 jam pada subbab 3.3.5.4 tentang uji penegasan *E. coli*. Pewarnaan dilakukan dengan membuat preparat bakteri, kemudian ditetaskan *crystal violet* selama 1 menit lalu di bilas menggunakan air mengalir. Uji gram dilakukan dengan meneteskan $\pm 10 \mu\text{L}$ KOH 3% diatas kaca preparat. Di ambil koloni terduga *E. coli* lalu dicelupkan atau digo-reskan pada larutan KOH 3%. Lendir yang terbentuk menandakan gram negatif. semua kultur yang tampak sebagai gram negatif dan berbentuk batang pendek harus dilakukan uji biokimia (Gambar 10).



Gambar 10. Alur uji morfologi sel dan Gram *E. coli*

3.3.5.6 Uji Biokimia

a. Produksi Indol

Diinokulasikan 1 ose dari media PCA (3.3.5.4) ke dalam *tryptone broth* dan di inkubasi selama 24 jam pada suhu $35 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Pengujian indol dilakukan dengan menambahkan 0,2-0,3 mL pereaksi *kovacs*. Reaksi positif dinyatakan jika terdapat cincin merah pada bagian atas media dan negatif bila terbentuk cincin warna kuning.

b. Uji Voges Prokauer

Diinokulasikan 1 ose dari media PCA (3.3.5.4) ke dalam *MRVP broth* dan di inkubasi selama 48 jam ± 2 jam pada suhu $35 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Pindahkan sebanyak 1 mL dari setiap MRVP ke dalam tabung reaksi steril dan tambahkan 0,5 mL *alpha naphthol* (VP1) dan 0,25 mL 40% KOH (VP2), kocok dan diamkan. Reaksi positif terjadi jika media menjadi merah muda *eosin* sampai merah delima (*ruby*).

c. Uji Methyl Red

Diinkubasikan kembali media MRVP *broth* (3.3.5.6.2) selama 48 jam $\pm$ 2 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Tambahkan 5 tetes indikator *methyl red* pada setiap MRVP *broth*. Reaksi positif terjadi jika terbentuk warna merah muda dan negatif jika terbentuk warna kuning.

d. Uji Sitrat

Digoreskan 1 Ose dari media PCA (3.3.5.4) ke permukaan *Simmon Citrate agar*. Inkubasi selama 96 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Reaksi positif terjadi jika terdapat pertumbuhan dan perubahan warna menjadi biru pada media, reaksi negatif terjadi jika tidak ada pertumbuhan dan perubahan warna pada media.

e. Interpretasi Hasil

Semua kultur yang memfermtasi *lactose* dan menghasilkan gas dalam 48 jam pada suhu 35°C (3.3.5.3), mencirikan gram negatif dan berbentuk batang pendek tanpa spora (3.3.5.5), uji IMViC memberikan pola +++- (*biotype* 1) atau -+-- (*biotype* 2) (3.3.5.6) dipertimbangkan sebagai *E. coli* seperti yang tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Interpretasi hasil uji biokimia

Kriteria	Biotipe 1	Biotipe 2
Indol	+	-
<i>Methyl Red</i> (MR)	+	+
<i>Voges Proskauer</i> (VP)	-	-
Sitrat	-	-

***SNI 2332.1:2015**

3.3.6 Analisis Data

Data pada penelitian ini diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Penelitian ini bersifat eksploratif dengan pengolahan data jaminan mutu hasil pengujian menggunakan aplikasi Ms. Excel, sedangkan data angka paling memungkinkan (APM) diperoleh dengan Tabel APM (SNI 2332.1:2015) berdasarkan kombinasi tabung positif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kerang hijau hasil budi daya di lokasi Teluk Naga, Karangantu, dan Tanjung Kait, Provinsi Banten terkontaminasi bakteri *E. coli* jauh melebihi ambang batas baku mutu yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) dalam SNI 7388: 2009 tentang batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan yaitu untuk coliform <10000 APM/100 g. Sedangkan, fecal coliform dan *E. coli* yaitu <300 APM/100 g. Hal ini berpotensi membahayakan bagi manusia yang mengkonsumsi kerang hijau hasil budi daya di Provinsi Banten tanpa pengolahan yang baik.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini yaitu :

1. Mengelola dengan baik sampah dan limbah rumah tangga maupun industri yang dihasilkan sehingga meminimalisir pertumbuhan bakteri patogen.
2. Untuk penelitian serupa selanjutnya diperlukan titik dan sampel yang lebih banyak agar lebih mewakili budi daya kerang hijau di Povinsi Banten.
3. Perlu dilakukan pengujian cemaran bakteri pada perairan budidayanya, guna mendukung data hasil penelitian yang serupa selanjutnya.
4. Beberapa upaya dapat dilakukan untuk mengurangi kontaminasi bakteri coliform dan *E. coli* pada kerang hijau hasil budi daya misalnya dengan cara depurasi, penyinaran cahaya UV, perendaman dengan larutan asam jawa, air garam, bubuk biji kelor, antibiotik, perasaan daun sirsak, dan pemanasan dengan suhu tinggi (Mustika, 2023; Sari et al., 2017; Permatasari et al., 2013).

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2009). *Batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan*. SNI 7388-2009. Jakarta. Online pada <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/3973>
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Cara uji mikrobiologi-bagian 1 : penentuan coliform dan Escherichia coli pada produk perikanan*. SNI 01-2332.1- 2015. Jakarta. Online pada <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/3133>
- [CFSPH] Center of Food Security and Public Health. (2009). *Enterohemorrhagic E. coli Infection*. Iowa: College of Veterinary Medicine Iowa State University. Online pada <https://www.cfsph.iastate.edu/DiseaseInfo/notes/Ecoli.pdf>
- [FDA] Food and Drug Administration. (2012). *Bad Bug Book: Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins, 2nd ed.* Silver Spring: FDA. Online pada <https://www.fda.gov/media/83271/download>
- [FDA] Food and Drugs Administration. (2011). *Bacteriological Analytical Manual. Diarrheagenic Escherichia coli, Chapter 4A.* Food and Drugs Association (FDA). Online pada <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4a-diarrheagenic-escherichia-coli>
- [ISO] International Organization for Standardization. (2017). *ISO 16140-3:2017. microbiology of the food chain - methods validation - part 3: Protocol for the verification of reference and validated alternative methods implemented in a single laboratory*, Geneva. Online pada https://committee.iso.org/files/live/sites/tc34sc9/files/Method%20validation-verification/Deep_dive_ISO_16140-3_2024.pdf
- Adams, M.R. & M.O. Moss. (2008). *Food Microbiology. Third edition*. Royal Society of Chemistry. Cambridge 463 p. United Kingdom. DOI: <http://repository.poltekkes-kaltim.ac.id/id/eprint/1145>
- Asis, M., Purnawansyah, P., & Manga, A. (2020). Penerapan *System Development Life Cycle* pada sistem validasi metode analisis sediaan farmasi. *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*, 1(3): 145-149. DOI: <https://doi.org/10.33096/busiti.v1i3.883>
- Atmojo, A. T. (2019). *Media EMB Agar*. Indonesian Medical Laboratory. <https://medlab.id/media-emb-agar/>. Diakses tanggal 24 Januari 2025.
- Ayuningtyas, A. Y. (2015). Analisis bakteri *Escherichia coli* pada tambak budi daya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) di Kelurahan Degayu Kota Pekalongan. *Skripsi*. Hal. 4-5. DOI: <https://digilib.unikal.ac.id/repository/UPLOADDD.pdf>

- Basri, B., & Rizki, A. M. (2023). Penanganan Kerang Hijau (*Perna viridis*) sebagai Olahan Produk Kamaboko. *SEMAH Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Perairan*, 7(1): 30-37. DOI: <https://doi.org/10.36355/semahjpsp.v7i1.992>
- Budari, M. K. S., Dewantara, I. G., & Wijayanti, N. P. A. D. (2015). Validasi metode analisis penetapan kadar?-mangostin pada gel ekstrak kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) dengan Klt-spektrofotodensitometri. *Jurnal Farmasi Udayana*, 4(2): 20-24. Online pada <https://www.neliti.com/publications/279871/validasi-metode-analisis-penetapan-kadar-mangostin-pada-gel-ekstrak-kulit-buah-m#cite>
- Cappenberg, H. A. W. (2008). Beberapa aspek biologi kerang hijau (*Perna viridis* Linnaeus: 1758). *Oseana*, 33(1): 33–40. Online pada: <https://scholar.google.co.id/citations?user=neLh8XYAAAAJ&hl=id>
- Danah, I., Akhdia, T., & Sumarni, S. (2019). Lama penyimpanan pada suhu rendah terhadap jumlah bakteri dan pH susu hasil pasteurisasi dalam kemasan. *Composite: Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(1): 49-54. DOI: <https://doi.org/10.37577/composite.v1i1.97>
- Darmawan, D., Ino, S. R., & Herlina, S. (2021). Partisipasi nelayan dalam memanfaatkan pengolahan kerang hijau di Desa Tanggul Karangantu Banten. *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*. 4: 768-773. Online pada <https://prosiding.unimus.ac.id/index.php/semnas/article/viewFile/849/858>
- Dinas Kelautan Perikanan Provinsi Banten. (2023). *Buku: Data Kelautan dan Perikanan Dalam Angka Tahun 2023*. Banten. Online pada <https://drive.google.com/file/d/1JNUMYrsl4XdL0fkudXTGP2Wx-vkLizCm/view?usp=drivesdk>
- Erlania, E., & Radiarta, I. N. (2011). Kondisi kualitas perairan di Teluk Lada, Pandeglang Provinsi Banten untuk mendukung budidaya kerang hijau (*Perna viridis*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 6(3): 507-519. DOI : <http://dx.doi.org/10.15578/jra.6.3.2011.507-519>
- Fatmawati, Rita, S., & Fahliza, M. (2023). Validation of water content testing method with analysis of accuracy and precision comparison. *Serambi Journal of Agricultural Technology*. 5(1): 59-63. Akses: <https://ojs.serambimekkah.ac.id/index.php/sjat>
- Feng, P. (2014). *Shiga toxin-producing Escherichia coli in fresh produce: A food safety dilemma*. Di dalam: *Enterohemorrhagic Escherichia coli and other Shiga Toxin Producing E. coli*. Sperandio V & Hovde CJ, editor. Amerika: ASM Press. DOI: <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.ehec-0010-2013>
- Flores, J., & Okhuysen, P.C. (2012). Enterotoxigenic *Escherichia coli*. Di dalam: *Pathogenic Escherichia coli in Latin America*. Torres AG ,Editor. Bentham Science Publisher Ltd. DOI: <https://doi.org/10.2174/97816080519221100101>
- Ginting, T. S. M., Helmi, Z. T., Darmawi, Dewi, M., Hennivanda, Erina, & Daud, R. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Gram Negatif Pada Ambing Kambing Peranakan Etawa (Pe). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, 2(3): 351–360. DOI: <https://doi.org/10.21157/jimvet.v2i3.8206>
- Hamid, D. A. S. A. (2019). Analisis Hubungan Tata Guna Lahan Terhadap Kualitas Air Parameter Mikrobiologi Di Sungai Opak Yogyakarta.

Universitas Islam Indonesia. DOI:

<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/14249>

- Haprabu, B. R. S, Hardany, P., Prima, A. W. & Wiyanto, H. (2018). Isolasi dan identifikasi cemaran bakteri *Escherichia coli* pada telur penyu lekang (*lepidochelys olivacea*) yang gagal menetas di sarang semi alami pantai boom Banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner*, 1(3). Online pada <https://e-journal.unair.ac.id/JMV>
- Harmono, H. D. (2020). Validasi metode analisis logam merkuri (Hg) terlarut pada air permukaan dengan *automatic mercury analyzer*. *Indonesia Jurnal Of Laboratory*. 2(3): 11-16. Yogyakarta. DOI : <https://doi.org/10.22146/ijl.v2i3.57047>
- Hasmia, N., Hasrianti, Ridha, Y.W., & Muhammad, N.A. (2022). Identifikasi bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* sp. pada air sumur gali di Tepi Sungai Desa Tiromanda Kecamatan Bua Kabupaten Luwu. *Cokroaminoto Journal of Biological Science*. 4(2) : 29-35. Online pada <https://www.science.e-journal.my.id/cjbs/article/view/131>
- Imamah, P. N., dan Efendy, M. (2021). Analisis cemaran bakteri *Escherichia coli* pada daging ikan pelagis kecil (studi kasus) di perairan laut utara dan selatan Kabupaten Sampang. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 2(1): 17-24. DOI: <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i1.9656>
- Kagambega, A., Martikainen, O., Lienemann, T., Siitonen, A., Traore, A.S., Barro, N., & Haukka, K. (2012). Diarrheagenic *Escherichia coli* detected by 16-plex PCR in raw meat and beef intestines sold at local markets in Ougadougou, Burkina Faso. *Internatinal Journal of Food Microbiol*. 153: 154-158. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.10.032>
- Kaper, J.B., Nataro, J.P., & Mobley, H.L. (2004). *Pathogenic Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, 2:123–140. Online pada <https://www.nature.com/articles/nrmicro818>
- Katon, M. R., Solichin, A., & Jati, O. E. (2020). Analisis Pendugaan Bakteri *Escherichia coli* pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) di Morosari, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 9(1): 40-46. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v9i1.27758>
- Karnkowska, E. J. (2004). Some aspects of nitrogen, carbon, and calcium accumulation in mollusks from the Zegrzynski reservoir ecosystem. *Polish Journal of Environmental Studies*. 14(2):173-177. Online pada: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=1a8362fadb4dc0bbb6d698e8f99d00c9ebc5397c>
- Kencono, L. C. (2006). Pemanfaatan Kerang Hijau (*Perna viridis* Linn.) sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Timbal (Pb) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Online pada <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/46279>
- Kotloff, K. L., Nataro, J. P., Blackwelder, W. C., Nasrin, D., Farag, T. H., Panchalingam, S., Wu, Y., Sow, S. O., Sur, D., Breiman, R. F., Faruque, A. S., Zaidi, A. K., Saha, D., Alonso, P. L., Tamboura, B., Sanogo, D., Onwuchekwa, U., Manna, B., Ramamurthy, T., Kanungo, S., & Levine, M. M. (2013). *Burden and aetiology of diarrhoeal disease in infants and young children in developing countries (the Global Enteric Multicenter Study, GEMS): a prospective, case-control study*. *Lancet* (London,

- England), 382(9888), 209–222. Online pada
[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(13\)60844-2/abstract?cc=y%3D](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(13)60844-2/abstract?cc=y%3D)
- Kristanto, A.H., Asih, S & Winarlin. (2017). Karakteristik reproduksi dan morfometrik ikan Batak dari dua lokasi (Sumatera Utara dan Jawa Barat). *Jurnal Riset Akuakultur* 2(1): 59–65. DOI:
<http://dx.doi.org/10.15578/jra.2.1.2007.59-65>
- Le Bouguenec, C. & Servin, A.L. (2006). *Diffusely adherent Escherichia coli strains expressing Afa/Dr adhesins (Afa/Dr DAEC): hither to unrecognized pathogens. FEMS Microbiology Letters*. 256:185-194. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6968.2006.00144>
- Lestari, N. P. I., & Permatasari, A. A. A. P. (2018). Pengaruh suhu dan waktu simpan terhadap populasi total bakteri coliform dan *Escherichia coli* pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Media Sains*, 2(2). DOI:
<https://doi.org/10.36002/jms.v2i2.429>
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2019). Diversity of bacteria. *Brock Biology of Microorganisms*; Pearson: New York, NY, USA, 530-565. Online pada
<https://www.pearson.com/se/Nordics-Higher-Education/subject-catalogue/biology/Brock-Biology-of-Microorganisms-Madigan.html>
- Mahulette, F., Venjelin L. C., Pelamonia, A., & Pattipeilohy, M. (2024). Kelimpahan dan Karakteristik Bakteri Coliform dalam Bakasang Sia-sia (*Sipunculus nodus* L). *Lentera Bio*. 13(1): 160–166. DOI:
<https://doi.org/10.26740/lenterabio.v13n1.p160-166>
- Manning, S. D. (2010). *Deadly Diseases and Epidemic: Escherichia coli Infection*. 2nd edn. New York: Chelsea House Publishers. Online pada
https://www.academia.edu/22333011/Deadly_Diseases_and_Epidemics
- Manune, S.D.Y., Nono, K.M., & Damanik, D.E.R. (2019). Analisis kualitas air pada sumber mata air di Desa Tolnaku Kecamatan Fatule’U Kabupaten Kupang. *Jurnal Biotropikal Sains*, 16(1): 40-53. Online pada
<https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/biotropikal/article/download/1246/984/>
- Mustika, M.L. (2023). Efektifitas penambahan larutan asam jawa terhadap penurunan kadar timbal pada kerang hijau (*Perna viridis* L.) di Kalibaru Timur dan Kamal Muara. [Skripsi]. Fakultas Sains Teknologi UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta. Online pada
<https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/75414>
- Panjaitan, P. (2019). Kajian Potensi Pencemaran Keramba Jaring Apung PT. Aquafarm Nusantara di Ekosistem Perairan Danau Toba. *Jurnal Visi* 17(3): 290-300. Online pada
https://library.unimed.ac.id/index.php?p=show_detail&id=53608&keywords
- Parashar, U.D., Hummelman, E.G., Bresee, J.S., Miller, M.A., & Glass, R.I. (2003). Global illness and deaths caused by rotavirus disease in children. *Emerging Infectious Diseases*. 9(5): 565-572. Online pada
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12737740/>
- Pawloski, S.W., Warren, C.A., & Guerrant, R. (2009). Diagnosis and treatment of acute or persistent diarrhea. *Gastroenterology*. 136: 1874-1886. DOI:
<https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.02.072>

- Permatasari, G. A. A. A., Besung, I. N. K., & Mahatmi, H. (2013). Daya hambat perasan daun sirsak terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. *Indonesia Medicus Veterinus*, 2(2): 162-169. Online pada https://www.academia.edu/download/31866426/Daun_sirsak.pdf
- Porter, C.K., Riddle, M.S., Tribble, D.R., Bougeois, A.L., McKenzie, R., Isidean, S.D., Sebeny, P., & Savarino, S.J. (2011). A systematic review of experimental infections with enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC). *Vaccine*. 29: 5869-5885. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2011.05.021>
- Prasadi, O., Setyobudiandi, I., Butet, N. A., & Nuryati, S. (2016). Karakteristik morfologi famili Arcidae di perairan yang berbeda (Karangantu dan Labuan, Banten). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 17(1): 29. Online pada <https://www.academia.edu/download/88450038/1254.pdf>
- Pratiwi, A. D., Widyorini, N., & Ahmad, A. (2019). Analisis kualitas perairan berdasarkan total bakteri coliform di Sungai Plumbon, Semarang. *Journal of Maquares*, 8: 211–220. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v8i3.24258>
- Puspitasari, R.L., Elfidasari, D., Aulunia, R., & Ariani, F. (2016). Studi kualitas air sungai Ciliwung berdasarkan bakteri indikator pencemaran pasca kegiatan bersih Ciliwung 2015. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 3(3): 156-162. DOI: <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v3i3.222>
- Putri, F.N.A., Wardani, A.K., & Harjoso. (2015). Aplikasi teknologi iradiasi Gamma dan penyimpanan beku sebagai upaya penurunan bakteri pathogen pada *Seafood* : Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*. 3(2):5. Online pada <https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=309139&val=7350&title=APLIKASI%20TEKNOLOGI%20IRADIASI%20GAMMA%20DAN%20PENYIMPANAN%20BEKU%20SEBAGAI%20UPAYA%20PENURUNAN%20BAKTERI%20PATOGEN%20PADA%20SEAFOOD%20%20KAJIAN%20PUSTAKA%20IN%20PRESS%20APRIL%202015>
- Rahayu, W.P., Siti, N., & Ema, K. (2018). *Escherichia coli* : Patogenisitas, Analisis dan Kajian Resiko. IPB Press. Bogor. DOI : <http://repository.um-surabaya.ac.id/id/eprint/9131>
- Romesberg, J., & J. O. Henderson. (2018). *Analysis of Total Coliform and Total Escherichia coli Levels in the Fox River Watershed*. *Journal of Student Research*, 6(2). Online pada <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/150>
- Sagita, A., Rahmat, K., & Sulistiono. (2017). Budidaya kerang hijau (*Perna viridis* L.) dengan metode dan kepadatan berbeda di Perairan Pesisir Kuala Langsa, Aceh. *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(1) : 57-68. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jra.12.1.2017.57-68>
- Salsabila, N., Suprijanto, J., & Ridlo, A. (2024). Analisis kadar Pb dan Cu pada kerang hijau budidaya di Tambak lorok serta analisis risiko kesehatan konsumsi untuk manusia. *Journal of Marine Research*, 13(2): 347-354. DOI : <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i2.38865>
- Sari, R. K., Tina, L., & Fachlevy, A. F. (2017). Efektifitas biji kelor (*Moringa Oleifera*) terhadap bakteri *Escherichia coli* dalam upaya pencegahan penyakit diare. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat Unsyiah*,

- 2(6): 1-8. Online pada
<https://media.neliti.com/media/publications/198250-none.pdf>
- Setiawan, R., S. S., Mulyadi, B. P., & Hamdani, R. H. (2019). Preferensi habitat spesies kerang laut (moluska: bivalvia) di ekosistem intertidal Tanjung Bilik Taman Nasional Baluran. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 8(3). DOI: <https://doi.org/10.22487/25411969.2019.v8.i3.14601>
- Setyati, W.A., Delianis, P., Dony, B.P.P., & Chrisna, A.S. (2022). Monitoring bakteri coliform pada pasir pantai dan air laut di wisata Pantai Marina dan Pantai Baruna. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(1):113-120. DOI: <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i1.13775>
- Sinaga, S., Azmi, F., Febri, S.P., Komariyah, S., & Haser, T.F. (2018). Hubungan panjang dan berat serta faktor kondisi kerang bulu (*Anadara antiquata*) di Ujung Perling, Kota Langsa Aceh. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*, 2(2):30-34. Online pada
<https://ejurnalunsam.id/index.php/jisa/article/view/1132>
- Songer, J. G., & Post, K. W., (2005), *Veterinary Microbiology*. St. Louis: Elsevier. Online pada
[https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=2KbrhrRkfCgC&oi=fnd&pg=PT12&dq=Songer,+J.+G.,+%26+Post,+K.+W.,+\(2005\),+Veterinary+Microbiology.+St.+Louis:+Elsevier&ots=d2g9qauO6H&sig=ZQ8SV-hBqE_tMeQnU-LtBuq7yRo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=2KbrhrRkfCgC&oi=fnd&pg=PT12&dq=Songer,+J.+G.,+%26+Post,+K.+W.,+(2005),+Veterinary+Microbiology.+St.+Louis:+Elsevier&ots=d2g9qauO6H&sig=ZQ8SV-hBqE_tMeQnU-LtBuq7yRo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Soon, T.K., & Ransangan, J. (2014). A review of feeding behavior, growth, reproduction and aquaculture site selection for green-lipped mussel, *Perna viridis*. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 5: 462-469. DOI: <https://10.4236/abb.2014.55056>
- Sunarti, R. N. (2015). Uji Kualitas Air Sumur Dengan Menggunakan Metode MPN (Most Probable Number). *Bioilmi.1*(1): 30-34. DOI: <https://doi.org/10.19109/bioilmi.v1i1.1128>
- Surati, S. (2020). Bacteriocin, antimicrobial as a new natural food preservative: its potential and challenges. *Eruditio: Indonesia Journal of Food and Drug Safety*, 1(1): 63-82. DOI: <https://doi.org/10.54384/eruditio.v1i1.34>
- Suriaman, E. J. (2008). Uji Kualitas Air. Fakultas Sains dan Teknologi. [Skripsi], Universitas Islam Negeri Malang, Malang. Online pada
<https://id.scribd.com/doc/13939340/Jurnal-Penelitian-Tugas-Uji-Kualitas-Air>
- Torowati, T., & Galuh, B. S. (2014). Penentuan nilai limit deteksi dan kuantisasi alat titrasi potensiometer untuk analisis uranium. *PIN Pengelolaan Instalasi Nuklir*, (13): 9-15. Online pada
<https://media.neliti.com/media/publications/520858-penentuan-nilai-limit-deteksi-dan-kuanti-6222ee2a.pdf>
- Ubay, J., Hartati, R., & Redjeki, S. (2021). Morfometri Dan Hubungan Panjang Berat Kerang Hijau (*Perna veridis*) dari Perairan Tambak Lorok, Semarang Dan Morosari, Demak, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 10(4): 535-544. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i4.31737>
- Vauziah, S. (2017). Analisis mikrobiologi lingkungan budidaya kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Kait-Tangerang, Banten (*Doctoral*

- dissertation, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa). Online pada <https://eprints.untirta.ac.id/2828/>
- Wahyuni, E. A. (2014). Studi karakteristik arus dan pengaruhnya terhadap sebaran bakteri Coliform di perairan Selat Madura. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI)*, Balikpapan. Online pada <https://dspace.hangtuah.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/151/151.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Wahyuni, M. R., Sayuti, A., Abrar, M., Erina, E., Hasan, M., & Zainuddin, Z. (2018). Isolasi dan identifikasi bakteri enterik patogen pada Badak Sumatera (*Dicerorhinus sumatrensis*) Di Suaka Rhino Sumatra (SRS), Taman Nasional Way Kambas (TNWK), LAMPUNG. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, 2(134): 474–487. DOI: <https://doi.org/10.21157/jimvet.v2i4.9036>
- Watahiki, M., Isobe, J., Kimata, K., Shima, T., Kanatani, J.I., Shimizu, M., Nagata, A., Kawakami, K., Yamada, M., & Izumiya, H. (2014). Characterization of enterohemorrhagic *coli* O111 and O157 strains isolated from outbreak patients in Japan. *Journal of Clinical Microbiology*. 52(8): 2757-2763. DOI: <https://doi.org/10.1128/jcm.00420-14>
- Widyaningsih, W., Supriharyono, S., & Widyorini, N. (2016). Analisis total bakteri coliform di Perairan Muara Kali Wiso Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(3): 157-164. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v5i3.14403>
- Winiati, P. R., Siti, N., & Ema, K. (2018). *Escherichia coli : Patogenesis, Analisis, dan Kajian Risiko*. IPB Press. Bogor. Online pada https://repository.um-surabaya.ac.id/9131/1/B4_Buku%20E.Coli.pdf
- Wulandari, S., Nisa, Y. S., Taryono, T., Indarti, S., & Sayekti, R. S. (2022). Sterilisasi peralatan dan media kultur jaringan. *Agrotechnology Innovation (Agrinova)*, 4(2): 16-19. DOI: <https://doi.org/10.22146/a.77010>
- Yaqin, K. (2018). Efek ukuran panjang cangkang terhadap indeks kondisi dan kandungan logam timbal kerang hijau (*Perna viridis* L.). *Jurnal Pengelolaan Perairan*. 1(2): 27-40. Online pada <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jpp/article/view/5629/pdf>
- Yusuf, M., Kurniawan, H., Pahlevi, A. B. R., Anton, A., Budiman, C., & Arief, I. I. (2020). Peranan pompa proton pada pertumbuhan *Escherichia coli* di lingkungan pH alkali. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 15(1): 84–90. Online pada <https://ejournal.unib.ac.id/jspi/article/view/7382>