

TESIS

PENILAIAN RISIKO MIKROBA KUANTITATIF BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* PADA AIR MINUM ISI ULANG DI PULAU BARRANG LOMPO KOTA MAKASSAR

QUANTITATIVE MIKROBIAL RISK ASSESSMENT ESCHERICHIA COLI BACTERIA IN DRINKING WATER IN BARRANG LOMPO ISLAND MAKASSAR CITY

Disusun dan diajukan oleh

**ANDI SITTI NURMAGFIRAH
K012202017**



**PROGRAM STUDI S2 ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PENILAIAN RISIKO MIKROBA KUANTITATIF BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* PADA AIR MINUM ISI ULANG DI PULAU BARRANG LOMPO
KOTA MAKASSAR**

**Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister**

**Program Studi S2
Ilmu Kesehatan Masyarakat**

**Disusun dan diajukan oleh:
ANDI SITTI NURMAGFIRAH**

Kepada

**PROGRAM STUDI S2 ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENILAIAN RISIKO MIKROBA KUANTITATIF BAKTERI *ESCHERICHIA COLI*
PADA AIR MINUM ISI ULANG DI PULAU BARRANG LOMPO
KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh


ANDI SITI NURMAGFIRAH
K012202017

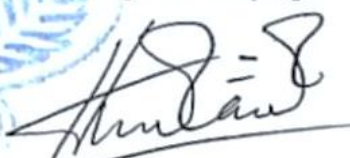
Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 3 Agustus 2023

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Agus Bintara Birawida, S. Kel., M.Kes
NIP. 19820803 200812 1 003


Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes
NIP. 19661012 199303 1 002

Dekan Fakultas
Kesehatan Masyarakat

Ketua Program Studi S2
Ilmu Kesehatan Masyarakat


Prof. Sukri Palutturi, SKM., M.Kes., M.Sc., Ph.D
NIP. 19720529 200112 1 001


Prof. Dr. Ridwan, SKM., M.Kes., M.Sc., Ph.D
NIP. 19671227 199212 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Sitti Nurmagfirah
NIM : K012202017
Program studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulissan saya berjudul:

PENILAIAN RISIKO MIKROBA KUANTITATIF BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* PADA AIR MINUM ISI ULANG DI PULAU BARRANG LOMPO KOTA MAKASSAR

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

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

Makassar, Agustus 2023

Yang menyatakan



Andi Sitti Nurmagfirah

PRAKATA

Bismillahirrahmannirrahiim.

Puji dan syukur kehadirat Allah Swt atas segala rahmat dan karunia-Nya, nikmat iman, kesehatan dan kekuatan yang tiada henti diberikan kepada hamba-Nya sehingga dapat menyelesaikan penulisan tesis ini. Salam dan salawat kepada junjungan kita, Rasulullah Muhammad Saw, Hamba Allah yang paling sempurna dan semoga kita senantiasa mengikuti jalan beliau. Perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada Kedua Orangtua tercinta (Ayahanda dan ibunda tercinta), Bapak Muhammad Gaya, S.E dan Ibu Dra. Siti Maesarah, S. yang tidak hentinya memberikan pengorbanan dan perhatian baik moril maupun materi, dalam mendidik, membesarkan dan memotivasi penulis. Perkenankan pula penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes selaku Ketua Komisi Penasehat dan Bapak Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes selaku Sekertaris Penasihat, yang tidak pernah lelah ditengah kesibukannya dengan penuh kesabaran memberikan arahan, perhatian, motivasi, masukan dan dukungan moril yang sangat bermanfaat bagi penyempurnaan penyusunan dan penulisan tesis ini.

Rasa hormat dan terima kasih penulis sampaikan pula kepada:

1. Ibu Dr. Hasnawati Amqam, SKM., M. Sc, Bapak Prof. Stang, M.Kes, dan Ibu Prof. Dr. dr. Syamsiar S. Russeng, MS, yang telah banyak memberikan masukan serta arahan dalam penyempurnaan penyusunan dan penulisan tesis.
2. Bapak Prof Dr. Ir. Jamaluddin Jompa M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin, Bapak Prof. Sukri Pallutturi, SKM., M.Kes., M.Sc.PH., P.hD selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, Prof. Dr. Ridwan SKM., M.Kes., M.Sc.PH selaku Ketua Program Studi Magister (S2) Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, serta seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Magister (S2) Fakultas Kesehatan Masyarakat Khususnya pada Konsentrasi Kesehatan Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama penulis mengikuti pendidikan.
3. Kepala Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar (BBLK) Kota Makassar serta para staf pegawai, terutama Ibu Rosa yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

4. Bapak/ibu/saudara(i) yang bertindak sebagai *peer support* maupun responden yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dan mengikuti penelitian ini serta dukungan, motivasi dan doanya.
5. Teman-teman seperjuangan Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat konsentrasi Kesehatan Lingkungan Angkatan 2020/2021 gelombang Genap yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, kerjasama, bantuan, kebersamaan, keceriaan, dan kenangan indah selama pendidikan dan dalam penyusunan tesis ini.
6. Seluruh pihak yang tidak sempat penulis sebutkan namanya yang telah memberikan bantuannya dalam proses penelitian dan penyusunan tesis ini.

Penulis sadar bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan oleh karena itu, besar harapan penulis kepada pembaca atas kontribusinya baik berupa saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tesis ini. Akhirnya semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua dan apa yang disajikan dalam tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Makassar, Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

ANDI SITI NURMAGFIRAH. *Penilaian Risiko Mikroba Kuantitatif Bakteri Escherichia Coli pada Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo Island, Kota Makassar.* (Dibimbing Oleh Agus Bintara Birawida dan Anwar Daud)

UNICEF melaporkan kejadian tahunan sekitar empat miliar kasus penyakit yang berhubungan dengan air. Ditetapkan bahwa konsumsi air minum yang tidak memadai secara mikrobiologis berkontribusi terhadap sekitar 88% kematian anak global yang disebabkan oleh diare. Perhatian utama muncul dari tingkat kontaminasi air yang signifikan yang berasal dari limbah rumah tangga dan industri. Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai risiko mikroba kuantitatif yang terkait dengan bakteri *Escherichia coli* dalam air minum Pulau Barrang Lompo, yang terletak di Kota Makassar.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Quantitative Microbial Risk Assesment* (QMRA). Sampel penelitian sebanyak 20 sampel air minum. Diambil untuk dianalisis kandungan bakteri *Escherichia coli*. Data dari hasil pemeriksaan laboratorium, dianalisis menggunakan metode QMRA untuk memperkirakan kemungkinan infeksi risiko atau penyakit akibat paparan mikroorganisme.

Escherichia coli ditemukan di 50% sampel air minum, yang mencakup tiga depot dan tujuh rumah. Kemungkinan risiko harian infeksi *Escherichia coli* paling tinggi pada rumah ke-10 dan ke-12, dengan risiko $5,46 \times 10^{-1}$, dan terendah pada rumah ke-13, dengan risiko $2,93 \times 10^{-2}$, berdasarkan analisis sampel air minum. Hasil analisis QMRA menunjukkan bahwa gangguan gastrointestinal sangat mungkin bermanifestasi dalam sampel yang terkontaminasi. Ini adalah deskripsi penanganan untuk kebersihan lingkungan mereka dan kebersihan pribadi mereka sendiri, yang keduanya perlu ditingkatkan.

Kata Kunci: QMRA, *Escherichia coli*, Air Minum Isi Ulang,



ABSTRACT

ANDI SITTI NURMAGFIRAH. *Quantitative Microbial Risk Assessment Escherichia Coli Bacteria In Drinking Water In Barrang Lompo Island, Makassar City. (Supervised City Agus Bintara Birawida And Anwar Daud)*

UNICEF reports an annual occurrence of approximately four billion instances of water-related illnesses. It is established that the consumption of microbiologically inadequate drinking water contributes to roughly 88% of global child deaths caused by diarrhea. The primary concern arises from the significant level of water contamination stemming from both household and industrial waste. This study's objective is to assess the quantitative microbial risk associated with *Escherichia coli* bacteria in the drinking water of Barrang Lompo Island, located in Makassar City.

This study uses a Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) approach. The research sample is 20 samples of drinking water. They were taken to analyze the content of bacteria *Escherichia coli*. Data from laboratory examination results were analyzed using the QMRA method to estimate the likelihood of infection risk or disease resulting from exposure to microorganisms.

Escherichia coli was discovered in 50% of the drinking water samples, which included three depots and seven homes. It is probable that the daily risk of *Escherichia coli* infection was highest in the 10th and 12th houses, with a risk of 5.46×10^{-1} , and lowest in the 13th house, with a risk of 2.93×10^{-2} , based on the analysis of drinking water samples. The results of QMRA analysis showed that gastrointestinal disorders are very likely to manifest in contaminated samples. It is of the handlers' descriptions to cleanliness of their surroundings and own personal hygiene, both of which need to be improved.

Keywords: QMRA, *Escherichia coli*, Drinking Water



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.	9
C. Tujuan Masalah	9
D. Manfaat Penelitian	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	12
A. Tinjauan Umum Tentang Air Minum Isi Ulang	12
B. Tinjauan Umum Tentang Bakteri <i>Escherichia coli</i>	18
C. Tinjauan Umum tentang Pulau-pulau Kecil	26
D. Tinjauan Umum Tentang QMRA	31
E. Kerangka Teori	38
F. Kerangka Konsep	41
G. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	42
H. Tabel Sintesa	44
BAB III METODE PENELITIAN	50
A. Jenis Penelitian	50
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	50
C. Populasi dan Sampel	51
D. Prosedur Penelitian	53

E. Metode Pengambilan dan Pemeriksaan Sampel.....	55
F. Pengumpulan Data.....	58
G. Pengolahan dan Analisis Data	59
H. Penyajian Data	63
I. Etika Penelitian.....	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	65
A. Hasil Penelitian.....	65
1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	65
2. Karakteristik Responden	66
3. Analisis Paparan.....	68
4. Analisis Jumlah Bakteri <i>Escherichia coli</i> dilakukan menggunakan media Membran Filter.....	70
5. Gambaran Faktor Sanitasi Lingkungan dan Higiene Personal Penjamah	71
6. Penilaian Analisis Risiko Mikroba Kuantitatif (QMRA).....	80
B. Pembahasan	86
1. Karakteristik Responden dan Analisis Paparan.....	87
2. Jumlah Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	89
3. Gambaran Sanitasi Lingkungan dan Higiene Personal Penjamah	90
4. Analisis Risiko Mikroba Kuantitatif (QMRA) pada Bakteri <i>Escherichia coli</i>	93
5. Manajemen Risiko.....	97
C. Keterbatasan Penelitian	99
BAB V PENUTUP.....	100
A. Kesimpulan.....	100
B. Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA.....	101
RIWAYAT HIDUP	136

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	43
Tabel 2.2 Tabel Sintesa	45
Tabel 4.1 Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin, Kelompok Umur, Pendidikan Terakhir, Jenis Pekerjaan di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	67
Tabel 4.2 Distribusi Responden Berdasarkan Karakteristik Konsumsi Air Minum Isi Ulang pada Masyarakat di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	68
Tabel 4.3 Distribusi Responden Berdasarkan Frekuensi Konsumsi Air minum Isi Ulang pada Masyarakat di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	68
Tabel 4.4 Distribusi Volume Konsumsi pada Air Minum Isi Ulang pada Masyarakat di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	69
Tabel 4.5 Distribusi Jumlah Koloni Bakteri <i>E.coli</i> pada Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	70
Tabel 4.6 Distribusi Frekuensi Observasi Kondisi Higiene dan Sanitasi Depot Berdasarkan Tempat di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	72
Tabel 4.7 Distribusi Frekuensi Observasi Kondisi Higiene dan Sanitasi Depot Berdasarkan Peralatan di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	75
Tabel 4.8 Distribusi Frekuensi Observasi Kondisi Higiene dan Sanitasi Depot Berdasarkan Penjamah di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar Tahun 2022	77
Tabel 4.9 Distribusi Frekuensi Observasi Kondisi Higiene dan Sanitasi Depot Berdasarkan Air Baku di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	78
Tabel 4.10 Distribusi Frekuensi Observasi Kondisi Higiene dan Sanitasi Rumah di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	79
Tabel 4.11 Distribusi Responden Berdasarkan Gangguan Kesehatan pada Masyarakat Sebulan Terakhir di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	80
Tabel 4.12 Distribusi Probabilitas Infeksi Perhari ($P_{inf/hari}$) Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Air Minum Isi Ulang di Rumah Warga di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	82

Tabel 4.13 Distribusi Probabilitas Infeksi Tahunan (Pinf.annual) serta Probability of Illness (Pill) Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	85
Tabel 4.14 Distribusi Karakterisasi Risiko Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Air Minum Isi Ulang Rumah Warga di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar	86

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Escherichia Coli</i>	19
Gambar 2.5 Kerangka Konsep QMRA.....	33
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	54
Gambar 4.1 Titik Pengambilan Sampel Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo	65

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Lembaran Penjelasan Penelitian
- Lampiran 2 : Persetujuan Penjelasan Menjadi Responden
- Lampiran 3 : Formulir Persetujuan Informan
- Lampiran 4 : Kuosioner Penelitian dan Lembar Observasi
- Lampiran 5 : Persetujuan Etik
- Lampiran 6 : Permohonan Izin Penelitian
- Lampiran 7 : Izin Penelitian
- Lampiran 8 : Surat Keterangan Penelitian
- Lampiran 9 : Output Excel
- Lampiran 10 : Output SPSS
- Lampiran 11 : Dokumentasi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan zat yang memiliki peranan sangat penting bagi kelangsungan makhluk hidup utamanya manusia. Dalam tubuh manusia, sebagian besar terdiri dari air, dimana air dibutuhkan oleh manusia untuk memenuhi berbagai kepentingan, utamanya untuk dikonsumsi sebagai air minum. Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum yang dikonsumsi masyarakat perlu ditetapkan persyaratan kualitas air minum sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan (Kemenkes RI, 2010).

Terdapat 2 miliar orang di dunia menggunakan sumber air minum yang terdeteksi tinja. Kontaminasi mikroba pada air minum sebagai akibat dari kontaminasi feses yang merupakan risiko terbesar terhadap keamanan air minum. Air minum yang terkontaminasi mikrobiologis dapat menularkan penyakit seperti diare, kolera, disentri, tipus dan polio serta diprediksi menyebabkan 485.000 kematian akibat diare setiap tahunnya. Sekitar 829.000 orang diperkirakan meninggal setiap tahun karena diare akibat air minum, sanitasi, dan kebersihan tangan yang tidak aman. Namun, diare sebagian besar dapat dicegah,

dan kematian 297.000 anak berusia di bawah 5 tahun dapat dihindari setiap tahun jika faktor risiko ini ditangani. (WHO, 2022).

Amerika North Carolina, ada empat jenis zat kontaminasi yang dapat mencemari air minum. diantaranya bakteri seperti *salmonella* penyebab diare dan disentri, pestisida, senyawa anorganik seperti arsenik dan timbal, dan unsur radioaktif seperti radon. Adanya kontaminan tersebut dapat menyebabkan masalah kesehatan, termasuk gangguan pencernaan, masalah reproduksi, dan kelainan neurologis. Hal ini diperparah jika air tercemar diminum oleh bayi, anak kecil, wanita hamil, orangtua, dan orang yang sistem imunnya lemah.

Air minum isi ulang juga dapat merugikan apabila tercemar oleh bakteri *Escherichia coli*. *Escherichia coli* masuk dalam kelompok bakteri *Enterobacteriaceae*, bakteri ini dapat hidup dalam usus besar manusia dan disebut juga dengan bakteri enterik. Bakteri enterik tidak menimbulkan penyakit pada hospes apabila tetap berada dalam usus besar. Akan tetapi, dalam kondisi tertentu, apabila bakteri dapat masuk ke bagian tubuh lain, bakteri ini dapat menyebabkan infeksi pada saluran cerna pada manusia seperti diare, sakit perut, muntah dan mual. Bakteri ini merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang dan paling umum menyebabkan penyakit saluran cerna (Dewi *et al.*, 2021).

Berdasarkan WHO, tiap orang di negara-negara maju membutuhkan air antara 60-120 liter per harinya. Sedangkan di negara-negara berkembang termasuk Indonesia, tiap orang membutuhkan air 30-60 liter per harinya. Oleh karena itu, terdapat beberapa syarat yang perlu dipenuhi agar air yang dikonsumsi benar-benar aman dan layak. Syarat dasarnya yaitu harus terbebas dari kuman dan bakteri serta terhindar dari kontaminasi zat-zat yang berbahaya agar tidak menimbulkan berbagai penyakit bagi manusia (Lumi *et al.*, 2014).

Sekitar 70 persen dari 20.000 sumber air minum rumah tangga yang diuji di Indonesia dalam sebuah studi baru telah tercemar limbah tinja dan menyebabkan penyebaran penyakit diare, yang menjadi penyebab utama kematian balita (UNICEF, 2022). Diare merupakan penyakit yang paling banyak diketahui terkait makanan dan air yang terkontaminasi dan bahaya lainnya. Pada tahun 2017, lebih dari 220 juta orang memerlukan pengobatan pencegahan untuk schistosomiasis yaitu penyakit akut dan kronis yang diakibatkan oleh cacing parasit yang ditularkan melalui paparan air yang terinfestasi (WHO, 2022).

Berdasarkan laporan UNICEF dan WHO, sekitar 844 juta orang di seluruh dunia masih kekurangan akses air minum yang layak. Setiap tahunnya terdapat sekitar 4 milyar kasus penyakit yang berhubungan dengan air, dimana 3,4 juta diantaranya menyebabkan

kematian pada anak di seluruh dunia. Diketahui bahwa air minum yang tidak memenuhi syarat mikrobiologi menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap sekitar 88% kematian anak akibat diare di seluruh dunia. Penelitian yang meneliti kualitas mikrobiologi air minum rumah tangga dan air kemasan, menemukan bahwa 38% sampel air kemasan dari pabrik, 67% sampel air kemasan dari toko, dan 100% air minum rumah tangga mengandung total *coliform* (Arsyina *et al.*, 2019).

Pada negara-negara berkembang, salah satunya Indonesia, kontaminasi oleh mikroorganisme (bakteri atau virus) ke badan air dan pasokan air sering terjadi. Hal ini sering timbul diakibat dari urbanisasi dan industrialisasi dan serta karena penggunaan teknologi produksi yang kurang ramah lingkungan atau kesehatan masyarakat. Pada tahun 2013, sekitar dua ratus juta orang Indonesia, hanya 20% yang memiliki akses ke air bersih. Sebagian besar berada di daerah perkotaan. Adapun sisanya, sekitar 80% masyarakat Indonesia masih mengkonsumsi air yang tidak layak untuk dikonsumsi. Hal itu dibuktikan oleh hasil penelitian Jim Woodcock, konsultan masalah air dan sanitasi dari bank dunia, bayi di Indonesia kurang lebih 100.000 tewas setiap tahun akibat diare, penyakit yang paling mematikan. Penyebab utama, jelas kurangnya akses terhadap air bersih dan sanitasi (Kompasnas, 2014).

Sebanyak 55.546 pada tahun 2019, sarana air minum yang dilakukan Inspeksi Kesehatan Lingkungan (IKL). Dari jumlah tersebut, 50.787 sarana air minum berisiko rendah dan sedang. 6.221 sampel diambil untuk diperiksa hanya 3,97% yang memenuhi syarat kesehatan. Persentase sarana air minum yang dilakukan IKL di Indonesia sebesar 50,06% dan sudah memenuhi target Renstra pada tahun 2019 yaitu 50%. Rumah tangga harus memiliki akses air minum layak dan bersih dalam mendukung kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Kebutuhan air minum, tidak hanya dilihat berdasarkan kuantitasnya, tetapi juga dari kualitas air minum tersebut. Pemenuhan kebutuhan air minum di rumah tangga dapat diukur dari akses air minum yang layak (Profil Kesehatan RI, 2019).

Berdasarkan persentase sarana air minum yang diawasi, rata-rata Provinsi di Indonesia telah melakukan pengawasan terhadap sarana air minum sebesar 94%, hal ini merupakan point penting bagi pemerintah provinsi untuk mendorong ke arah 100% pengawasan di seluruh sarana air minum, yang kemudian bertahap fokus kepada target Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) untuk mencapai kualitas air minum yang memenuhi standar pada sarana air minum yang dilakukan pengawasan di daerahnya agar mencapai air minum yang aman 15% tahun 2024 (Profil Kesehatan RI, 2021). Menurut laporan Riskesdas Nasional dan Provinsi Sulsel 2018, Prevalensi penyakit diare di Indonesia menurut diagnosis oleh tenaga

kesehatan atau gejala yang pernah dialami, Sulawesi Selatan merupakan provinsi ke-4 yang tertinggi dalam kasus diare

Air isi ulang adalah air yang mengalami pengolahan khusus melalui proses chlorinasi, aerasi, filtrasi dan penyinaran dengan sinar ultraviolet. Air isi ulang biasanya tidak habis dalam sehari melainkan dalam beberapa hari bahkan kadang sampai 1-4 minggu bergantung pada penggunaan. Air yang semakin lama disimpan memungkinkan adanya pertumbuhan mikroorganisme yang akan berkembang menjadi bakteri patogen (Marhamah *et al.*, 2020).

Meningkatnya kebutuhan air minum isi ulang pada konsumen mengakibatkan DAMIU tidak terjamin keamanannya, hal ini terjadi karena lemahnya pengawasan dari dinas terkait. Pengawasan yang kurang terhadap DAMIU memungkinkan mutu air minum yang dihasilkan tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan. Beberapa bahan pencemar atau polutan seperti bahan mikrobiologi (bakteri, virus parasit), bahan organik dan beberapa bahan kimia lainnya sudah banyak ditemukan dalam air yang digunakan, sehingga sering ditemukan perbedaan atau penyimpangan produk dari setiap depot air minum (Narsi *et al.*, 2017).

Masalah utama yang sering dihadapi dalam pengolahan air adalah semakin tingginya tingkat pencemaran air, baik pencemaran yang berasal dari limbah rumah tangga maupun limbah industri, sehingga upaya-upaya baru terus dilakukan untuk mendapatkan

sumber air, khususnya untuk pemenuhan kebutuhan akan air minum yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hal ini juga dikarenakan dalam pengelolaannya air minum isi ulang rentan terhadap kontaminasi dari berbagai mikroorganisme (Sunarti, 2016).

Pulau Barrang Lompo merupakan salah satu pulau yang termasuk gugus Pulau Spermonde dan berada dalam wilayah administrasi Kelurahan Barrang Lompo Kecamatan Ujung Tanah Kotamadya Makassar. Selama ini, kebutuhan air bersih penduduk Pulau Barrang Lompo dipenuhi melalui sumur gali, sumur bor, dan Usaha Penyediaan Air Bersih (Selintung *et al.*, 2014). Adapun penyakit yang sering dialami masyarakat di Pulau Barrang Lompo sepanjang tahun 2021 berdasarkan data sekunder Puskesmas Barrang Lompo antara lain ISPA, Batuk, Hipertensi, Febris, Dermatitis, Myalgia, Arthritis, Cephalgia, Gastritis, dan Diare.

Berdasarkan observasi awal dan rekapitulasi akses air minum wilayah kerja Puskesmas Barrang Lompo masyarakat setempat rata-rata mengkonsumsi air minum isi ulang (DAMIU) dengan jumlah pengguna sebanyak 2021 jiwa untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dengan alasan lebih praktis dan aman. Meski lebih praktis dan aman, tidak semua depot air minum isi ulang terjamin keamanannya, kurangnya pengawasan terhadap depot air minum isi ulang tersebut memungkinkan kualitas air minum isi ulang yang diproduksi tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan. Khususnya wilayah pesisir

atau kepulauan yang dimana memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dan masyarakat yang masih membuang sampah ke laut yang akan menimbulkan pencemaran air.

Beberapa bahan pencemar atau polutan seperti bahan mikrobiologi (bakteri, virus, ataupun parasit), bahan organik dan beberapa bahan anorganik serta beberapa bahan kimia lainnya sudah banyak ditemukan dalam air minum yang dikonsumsi. Hal ini sejalan dengan penelitian (Birawida *et al.*, 2020) dari 7 sampel depot air minum isi ulang di Pulau Barrang Lompo semua depot mengandung bakteri tetapi terdapat 1 sampel yang mengandung bakteri penyebab diare yaitu *Staphylococcus aureus* dan 6 sampel lainnya mengandung bakteri yang tidak mengakibatkan diare yaitu *Alcaligenes faecalis*, *Pseudomonas aeruginosae*, dan *Acinetobacter calcoaceticus*. Meskipun telah terdapat beberapa penelitian terkait dengan jumlah bakteri pada air minum tetapi masih kurang yang melakukan penelitian yang menghitung tingkat risiko kesehatan pada masyarakat yang mengkonsumsi air minum yang mengandung bakteri mikroba.

Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa terdapat ancaman pencemaran bakteri akibat mikroba sehingga dibutuhkan penelitian dengan menggunakan metode QMRA. Penilaian Risiko Mikroba Kuantitatif (QMRA) merupakan penilaian risiko infeksi dengan agen biologis dengan interpretasi data pemantauan laboratorium dalam hal efek kesehatan komunitas dan berlangsung dalam empat

langkah: identifikasi risiko, penilaian paparan, pemodelan dosis-respon dan karakterisasi risiko (Haas et al. 1999). Alat ini identifikasi batas yang dapat diterima untuk patogen terbawa air yang ada air yang digunakan untuk minum, mandi, memasak dan menyiram kebun (WHO, 2016).

Berdasarkan pada latar belakang di atas, maka penulis tertarik melakukan **“Penilaian Risiko Mikroba Kuantitatif Bakteri *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar”**.

B. Rumusan Masalah.

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan diteliti yaitu “Bagaimana Risiko Mikroba Kuantitatif Bakteri *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar?”.

C. Tujuan Masalah

1. Tujuan Umum

Untuk menganalisis besar risiko mikroba kuantitatif Bakteri *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar.

2. Tujuan Khusus

a. Untuk menganalisis keberadaan dan jumlah Bakteri *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar.

- b. Untuk mengetahui gambaran faktor Sanitasi Lingkungan dan Higiene Personal Penjamah di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar.
- c. Untuk menilai probabilitas tingkat risiko terjadinya penyakit terhadap masyarakat akibat keberadaan Bakteri *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo Kota Makassar.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Ilmiah

Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi dan bahan bacaan untuk menambah ilmu pengetahuan serta sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini menjadi pengalaman bagi penulis untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama menempuh pendidikan di Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Departemen Kesehatan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

3. Manfaat Instansi

Penelitian ini dapat dimanfaatkan dan menjadi acuan untuk melakukan pengolahan dan pengawasan air minum isi ulang yang lebih baik untuk menjaga kondisi kesehatan masyarakat setempat agar terhindar dari gangguan kesehatan.

4. Manfaat Bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat dimanfaatkan bagi masyarakat luas untuk menambah informasi dan bahan bacaan mengenai besarnya risiko kesehatan yang disebabkan oleh kontaminasi bakteri yang berada pada air minum isi ulang di Pulau Barrang Lompo.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Tentang Air Minum Isi Ulang

1. Definisi Air Minum Isi Ulang

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan ataupun tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat secara langsung diminum. Air minum yang aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisik, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Air yang aman seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Air minum juga seharusnya tidak mengandung kuman patogen dan segala sesuatu yang membahayakan kesehatan manusia (Kementrian Kesehatan RI, 2010).

Dalam jaringan tubuh makhluk hidup khususnya manusia, air digunakan sebagai medium untuk berbagai reaksi dan proses eksresi, misalnya sebagai penstabil tubuh, pembawa sari-sari makanan dan sisa-sisa metabolisme. Air yang dibutuhkan oleh tubuh \pm 2-2,5 L (8-10 gelas) per hari. Oleh karena itu kehilangan air dari dalam tubuh harus diganti setiap hari agar tubuh tidak mengalami dehidrasi (Sunarti, 2016).

Air isi ulang adalah air yang mengalami pengolahan khusus melalui proses chlorinasi, aerasi, filtrasi dan penyinaran dengan sinar ultraviolet. Air isi ulang biasanya tidak habis dalam sehari melainkan dalam beberapa hari bahkan kadang sampai 1-4 minggu bergantung pada penggunaan. Air yang semakin lama disimpan memungkinkan adanya pertumbuhan mikroorganisme yang akan berkembang menjadi bakteri patogen. Air minum isi ulang cenderung lebih murah dibandingkan dengan harga air minum dalam kemasan, bahkan ada yang memberikan harga hingga seperempat dari harga air minum dalam kemasan. Hal ini menyebabkan air minum isi ulang menjadi salah satu jawaban pemenuhan kebutuhan air minum masyarakat Indonesia yang murah dan praktis (Marhamah *et al.*, 2020).

2. Depot Air Minum Isi Ulang

Depot air minum isi ulang (DAMIU) merupakan usaha industri yang melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum dan menjual langsung kepada konsumen. Meningkatnya kebutuhan konsumen mengakibatkan DAMIU tidak terjamin keamanan produknya, hal ini terjadi karena lemahnya pengawasan dari dinas terkait. Pengawasan yang kurang terhadap DAMIU memungkinkan mutu air minum yang dihasilkan tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan. Beberapa bahan pencemar atau polutan seperti bahan mikrobiologi (bakteri, virus parasit), bahan organik dan beberapa

bahan kimia lainnya sudah banyak ditemukan dalam air yang digunakan, sehingga sering ditemukan perbedaan atau penyimpangan produk dari setiap depot air minum (Narsi *et al.*, 2017).

Adapun Mesin dan peralatan produksi yang digunakan dalam Depot air minum yaitu (Kemenkes RI, 2014):

- a. Storage Tank: Berguna untuk menampung air baku.
- b. Stainliss Water Pump: Berguna untuk memompa air baku dari tempat storage tank kedalam tabung filter.
- c. Tabung filter mempunyai tiga tahapan, yaitu :
 - 1) Active sand media filter untuk menyaring partikel -partikel yang kasar dengan bahan dari pasir atau jenis lain yang efektif dengan fungsi yang sama.
 - 2) Tabung yang kedua adalah anthracite filter yang berfungsi untuk menghilangkan kekeruhan dengan hasil yang maksimal dan efisien.
 - 3) Tabung yang ketiga adalah granular active carbon media filter merupakan karbon filter yang berfungsi sebagai penyerap debu, rasa, warna, sisa khlor dan bahan organik.
- d. Micro Filter

Saringan air yang terbuat dari polypropylene fiber yang gunanya untuk menyaring partikel air dengan diameter 10 mikron,

5 mikron, 1 mikron dan 0,4 mikron dengan maksud untuk memenuhi persyaratan air minum.

e. Flow Meter

Flow Meter digunakan untuk mengukur air yang mengalir ke dalam galon isi ulang.

f. Lampu ultraviolet dan ozon

Lampu ultraviolet atau ozon digunakan untuk desinfeksi atau sterilisasi pada air yang telah diolah.

g. Galon isi ulang

Galon isi ulang digunakan sebagai tempat atau wadah untuk menampung atau menyimpan air minum di dalamnya. Pengisian wadah dilakukan dengan menggunakan alat dan mesin serta dilakukan dalam tempat pengisian yang higienis.

3. Sumber air baku DAMIU

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 16 tahun 2005 tentang Pengembangan System Penyediaan Air Minum, bahwa yang dimaksud dengan air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk minum. Adapun jenis air baku yang digunakan untuk air minum diantaranya yaitu (Alfian *et al.*, 2021):

a. Air Tanah/Sumur

Air yang berasal dari dalam tanah, yang diambil dengan cara pengeboran kemudian disedot dengan menggunakan pompa air. Air ini mempunyai kondisi dan kandungan kontaminan yang bervariasi seperti kandungan 13 mangan, besi, nitrat, nitrit, sehingga sulit sekali di control. Selain itu, air tersebut banyak terkontaminasi oleh bakteri E. coli yang berasal dari kotoran hewan dan manusia.

b. Air PAM

Air yang diolah perusahaan air minum (PAM) yang bersumber dari air sungai maupun air tanah. Air ini diolah dengan maksud agar bakteri berbahaya terbunuh dan pada umumnya dengan menggunakan klorin. Akan tetapi klorin adalah senyawa kimia yang juga berbahaya jika dikonsumsi oleh manusia karena hasil turunannya yaitu trihalomethane yang dapat menyebabkan penyakit kanker.

c. Mata air atau Air Pegunungan

Air yang keluar dari mata air tanah adalah bersih. Air ini mengalami penyaringan oleh batuan sehingga bersifat jernih dan bersih. Air yang bersumber dari pegunungan/ mata air bersifat tawar atau tidak berasa, karena mengandung banyak garam

karbonat. Garam karbonat bersumber dari batuan-batuan yang dilewati oleh air, seperti mineral kalsium (Ca) dan phosphor (P).

4. Persyaratan Air Minum

Air minum yang aman adalah air yang telah memenuhi semua persyaratan dilihat dari kualitas secara warna, kimia, microbiologi maupun radioaktif yang sesuai dengan standar air minum yang telah di atur dalam Permenkes RI No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Surat Edaran Menteri Kesehatan No.860/Menkes/VII/2002 tentang Pembinaan dan Pengawasan Hygiene Sanitasi Depot Air Minum (Hermansyah, 2021).

Standar air minum di Indonesia mengikuti standar *World Health Organization* (WHO) yang dalam beberapa hal disesuaikan dengan kondisi di Indonesia. Pada tahun 2010, Departemen Kesehatan RI telah menetapkan kriteria kualitas air secara mikrobiologis, melalui Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/IV/2010 bahwa air minum tidak diperbolehkan mengandung bakteri *coliform* dan *Echerichia coli*. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 01-3553 (2006), air minum dalam kemasan tidak boleh mengandung cemaran mikroba lebih besar dari 100 koloni/ml bakteri dan juga tidak boleh mengandung bakteri pathogen yaitu *Salmonella* dan *Pseudomonas aeruginosa* (Sunarti, 2016).

Salah satu parameter yang wajib dipenuhi dan berpengaruh langsung terhadap kesehatan adalah parameter mikrobiologi, dimana salah satu indikatornya adalah total *coliform*. Dalam air minum, total *coliform* tidak boleh ditemukan sama sekali (0 CFU/100 ml). Apabila di dalam air minum terdapat kandungan total *coliform*, maka air tersebut tidak aman dan tidak layak untuk dikonsumsi. Air minum yang tidak aman tentu dapat berefek buruk bagi kesehatan, terutama pada kelompok rentan seperti balita, orang dengan imunitas rendah, dan lansia. Salah satu masalah kesehatan yang dapat ditimbulkan dari mengonsumsi air yang tidak aman adalah penyakit yang diakibatkan oleh air (*Waterborne Disease*), dimana diare merupakan salah satu penyakit yang paling sering dikaitkan dengan konsumsi air yang tidak aman dan tidak layak (Arsyina *et al.*, 2019).

B. Tinjauan Umum Tentang Bakteri *Escherichia coli*

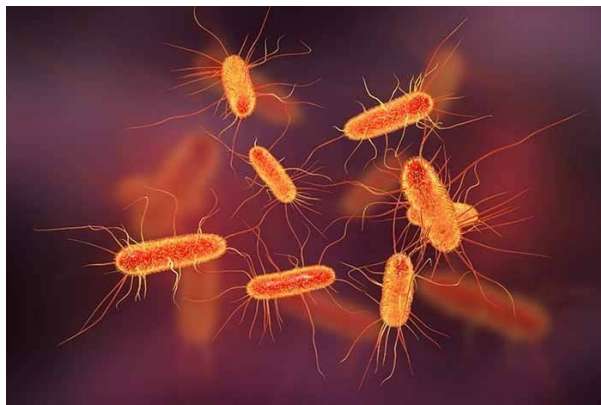
1. Definisi Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli atau biasa disingkat *E. coli*, adalah bakteri yang umum ditemukan di bawah usus organisme berdarah panas (endotermik). Kebanyakan strain *Escherichia coli* tidak berbahaya, tetapi beberapa serotype dari bakteri ini dapat menyebabkan keracunan makanan yang serius pada manusia dan diare akibat kontaminasi makanan. *Escherichia coli* adalah bakteri indikator kualitas air minum yang keberadaannya di dalam air mengindikasikan

bahwa air tersebut terkontaminasi oleh feses, yang kemungkinan juga mengandung mikroorganisme enterik patogen lainnya.

Beberapa alur *Escherichia coli* digolongkan sebagai penyebab diare, yaitu *Enteropathogenic Escherichia coli* (EPEC), *Enteraggregative Escherichia coli* (EAEC), *Enterotoxigenic Escherichia coli* (ETEC), *Enteroinvasive Escherichia coli* (EIEC), *Escherichia coli* yang memproduksi *shiga-toxin* (STEC). Bakteri *Escherichia coli* yang ada di dalam air atau makanan biasanya alur *Escherichia coli non-patogen* walaupun pada beberapa kasus terdapat alur yang patogen seperti enterotoksigenik dan alur *Escherichia coli* yang memproduksi *shiga-toxin*.

2. Klasifikasi Bakteri *Escherichia coli*



Gambar 2.1 *Escherichia coli* (halodoc.com, 2022)

Klasifikasi:

Kingdom : Monera

Division : Gracilicutes

Class : *Scotobacteria*
Order : *Eubacteriales*
Family : *Enterobacteriaceae*
Genus : *Escherichia*
Spesies : *Escherichia coli* (Bergey's, 1994).

3. Morfologi Bakteri *Escherichia coli*

Bakteri *Escherichia coli* adalah bakteri fakultatif anaerobik yang berbentuk batang, tidak berkapsul, dan dapat bergerak aktif. *Escherichia coli* umumnya secara normal hidup terdapat dalam alat pencernaan manusia. Bakteri *Escherichia coli* berbentuk batang pendek dengan ukuran 0,4-0,7 miumeter x 1,4 miumeter sehingga bakteri ini merupakan bakteri kokobasil. Sebagian besar bakteri *Escherichia coli* memiliki gerak positif, dan beberapa strain memiliki kapsul. Pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* terjadi pada suhu 10-40°C dan 37°C pada suhu optimal. Beberapa kategori *Escherichia coli* terdiri dari *Escherichia coli* enteropatogenik, *Escherichia coli* enterotoksigenik dan *Escherichia coli* Enteroinasif. Bakteri *Escherichia coli* dalam perpindahannya melalui tiga perantara yaitu (Restianida, 2018):

- a. Antar orang ke orang,
- b. Melalui makanan-minuman yang tidak dimasak sempurna,

c. Melalui binatang yang telah terinfeksi bakteri *Escherichia coli* kemudian menyebarkan ke makanan atau minuman yang dikonsumsi oleh manusia.

4. Patogenitas Bakteri *Escherichia coli*

Bakteri *E. coli* adalah salah satu bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya kontaminasi feces dan kondisi sanitasi yang tidak baik terhadap air, makanan, dan minuman. *E. coli* menjadi patogen jika jumlah bakteri dalam saluran pencernaan meningkat atau berada di luar usus, menghasilkan enterotoksin sehingga menyebabkan terjadinya beberapa infeksi yang berasosiasi dengan enteropatogenik kemudian menghasilkan enterotoksin pada sel epitel. Manifestasi klinik infeksi oleh *E. coli* bergantung pada tempat infeksi dan tidak dapat dibedakan dengan gejala infeksi yang disebabkan oleh bakteri lain (Ismail 2012).

Patogenesis dan gejala klinik yang paling umum terjadi untuk bakteri *Escherichia coli* yakni penyakit diare. Penyakit diare akut yang disebabkan oleh bakteri *Escherichia coli* dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat-sifat virulensinya yaitu (Bunsal et al., 2015, Amaliyah, 2017):

a. *Escherichia coli* enteropatogenik (EPEC)

Escherichia coli enteropatogenik merupakan penyebab diare akut pada bayi yang baru lahir sampai pada yang berumur

2 tahun. Masa inkubasi *Escherichia coli* enteropatogenik menginkubasi selama 1-6 hari, sesingkat 12-36 jam. Bakteri ini melekat pada usus dan mengubah kapasitas absorpsi usus menyebabkan muntah, diare, nyeri abdomen serta demam. Selain itu, bakteri ini mengeluarkan cairan yang berbau spesifik seperti semen. Dalam usus halus, bakteri ini membentuk koloni tetapi tidak memproduksi toksin dan tidak menembus dinding usus. Infeksi ini dapat menyebabkan diare cair yang biasanya sembuh sendiri tetapi terkadang menyebabkan infeksi kronis.

b. *Escherichia coli* enterotoksigenik (ETEC)

Escherichia coli enterotoksigenik merupakan penyebab diare pada anak-anak yang lebih besar dan pada orang dewasa. Selain itu bakteri ini dapat menyebabkan kolera, yang dapat memproduksi dua jenis enterotoksin yakni toksin yang labil terhadap panas dan toksin yang stabil terhadap panas. Efeknya pada kesehatan diperantarai oleh enterotoksin. Gejalanya meliputi diare (yang berkisar dari diare afebril ringan sampai dengan diare yang banyak tanpa darah atau mukus), kram abdomen serta muntah, yang kadang-kadang menimbulkan dehidrasi dan syok.

c. *Escherichia coli enteroinvasif* (EIEC)

Bakteri jenis *Escherichia coli enteroinvasif* ini menyebabkan diare yang disertai dengan darah. Bakteri ini dapat menembus sel mukosa usus besar, sehingga dapat menimbulkan kerusakan jaringan mukosa dan menyebabkan ditemukannya eritrosit dan leukosit dalam tinja penderita. Gejalanya meliputi demam, nyeri abdomen yang hebat, muntah dan diare cair (pada < 10% kasus, tinjanya mengandung darah dan mukus).

d. *Escherichia coli enterohemoragik* (EHEC)

Escherichia coli enterohemoragik adalah merupakan bakteri *Escherichia coli* yang dapat memproduksi verositotoksin. Masa inkubasi untuk penyakit ini 3-8 hari dengan median 4 hari. Infeksi yang ditimbulkan dari bakteri enterohemoragik dapat dikenali melalui beberapa gejala yaitu orang yang bersangkutan mengalami kram perut serta diare, yang mungkin juga disertai dengan pendarahan. Gejala dari *Escherichia coli enterohemoragik* dapat juga berupa demam dan muntah-muntah. Infeksi tersebut dapat menimbulkan komplikasi yang menyebabkan kematian seperti sindrom uremik hemolitik pada sekitar 10% penderita, khususnya pasien anak dan usia lanjut.

e. *Escherichia coli* enteroagregatif

Bakteri jenis ini *Escherichia coli* enteroagregatif dapat menyebabkan diare akut dan diare kronik. Untuk bakteri jenis ini masih sangat sedikit yang diketahui tentang faktor-faktor virulensinya.

5. Cara Penularan Bakteri *Escherichia coli*

Bakteri *E. coli* merupakan bagian dari mikrobiota normal saluran pencernaan yang dapat berpindah dari satu tempat ketempat lainnya, seperti dari tangan ke mulut atau dengan pemindahan pasif lewat minuman yang terkontaminasi dengan bakteri tersebut. Berbagai makanan dan minuman yang dikonsumsi manusia dalam kehidupan sehari-hari tidak lepas dari keberadaan bakteri di dalamnya. Namun, jika makanan dan minuman tersebut diolah secara higienis, mungkin bakteri didalamnya masih memiliki batas toleransi untuk dikonsumsi, terutama bakteri patogen penyebab penyakit. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) keberadaan *E. coli* pada bahan pangan makanan dan minuman berjumlah 0 (nol) koloni dalam 100 ml air (Elfidasari et al. 2011).

6. Pengobatan Bakteri *Escherichia coli*

Berdasarkan Brooks (2012), tidak ada pengobatan spesifik tunggal untuk infeksi *E. coli*. Namun, infeksi oleh *E. coli* dapat diobati menggunakan sulfonamida, ampisilin, sefalosporin, kloramfenikol,

tetrasiklin dan aminoglikosida tetapi sensitivitasnya bervariasi dan uji sensitivitas antibiotik di laboratorium sangat penting dilakukan. Namun, aminoglikosida kurang baik diserap oleh gastrointestinal, dan mempunyai efek beracun pada ginjal.

7. Pencegahan Bakteri *Escherichia coli*

Bakteri dapat menginfeksi korbannya melalui makanan yang dikonsumsi. Dalam hal ini, penyebab sakitnya seseorang adalah akibat masuknya bakteri patogen ke dalam tubuh melalui makanan yang telah tercemar oleh bakteri. Menurut Amaliyah (2017) hal-hal yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya keracunan makanan yang diakibatkan bakteri patogen adalah:

a. Mencegah secara higiene, yaitu:

- 1) Mencuci tangan sebelum dan setelah menangani atau mengolah makanan
- 2) Mencuci tangan setelah dari toilet
- 3) Mencuci bahan makanan dengan menggunakan air mengalir
- 4) Teliti dalam memilih bahan makanan yang dimakan tanpa diolah, misalnya buah dan sayuran
- 5) Pemilihan bahan makanan yang baik pada waktu membeli, melihat dari tekstur bahan makanan itu, baik dari bentuk warna maupun aromanya.

b. Mencegah secara sanitasi, yaitu:

- 1) Mencuci dan membersihkan peralatan masak serta perlengkapan makan sebelum dan setelah digunakan dengan air mengalir
- 2) Mencuci bersih semua alat-alat masak termasuk talenan setelah dipakai, terutama setelah memotong daging
- 3) Menjaga area tempat mengolah atau meracik makanan dari serangga dan hewan lainnya
- 4) Meletakkan atau menyajikan makanan ditempat yang bersih dan dalam keadaan tertutup agar tidak dihinggapi lalat atau serangga yang merupakan pembawa bibit yang memproduksi racun misalnya bakteri.

C. Tinjauan Umum tentang Pulau-pulau Kecil

1. Definisi Pulau Kecil

Pulau-pulau kecil didefinisikan berdasarkan dua kriteria utama yaitu luasan pulau dan jumlah penduduk yang menghuninya. Definisi pulau-pulau kecil yang dianut secara nasional sesuai dengan Kep. Menteri Kelautan dan Perikanan No. 41/2000 Jo Kep. Menteri Kelautan dan Perikanan No. 67/2002 adalah pulau yang berukuran kurang atau sama dengan 10.000 km², dengan jumlah penduduk kurang atau sama dengan 200.000 jiwa.

Berdasarkan tipenya, pulau-pulau kecil dibedakan menjadi pulau benua, pulau vulkanik dan pulau karang. Masing-masing tipe pulau tersebut memiliki kondisi lingkungan biofisik yang khas, sehingga perlu menjadi pertimbangan dalam kajian dan penentuan pengelolaannya agar berkelanjutan. Hal ini akan berpengaruh pula terhadap pola permukiman yang berkembang di pulau-pulau kecil berdasarkan aktivitas yang sesuai dengan kondisi lingkungan biofisik tersebut. Misalnya tipologi pulau kecil lebih dominan ke arah pengembangan budidaya perikanan, maka kemungkinan besar pola permukiman yang berkembang adalah masyarakat nelayan.

2. Batasan Pulau Kecil

Ada satu kebijakan yang memayungi pengelolaan terkait pemanfaatan pulau kecil, ialah Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Selibuhnya, turunan dari UU tersebut terdapat dalam bentuk regulasi beberapa kementerian, seperti KLHK dan KKP. Dalam UU 1 tahun 2014, pulau kecil disebutkan didefinisikan sebagai pulau dengan luas lebih kecil atau sama dengan 2.000 km² (dua ribu kilo meter persegi) beserta kesatuan ekosistemnya. Sementara, Tjahjati (1997) mendefinisikan bahwa pulau-pulau kecil adalah pulau dengan jumlah penduduk sedikit dan pada umumnya tidak mudah terjangkau sehingga walaupun lokasinya relatif dekat namun tidak tersedia atau

terbatasnya akses dari kawasan tersebut ke kawasan yang lebih berkembang.

Selain itu, pulau kecil juga memiliki keterbatasan dalam prasarana dan sarana komunikasi, transportasi, air bersih, irigasi, kesehatan, pendidikan, dan lainnya yang menyebabkan kawasan tersebut semakin sulit berkembang. Berdasarkan tingkat pengembangannya, pulau-pulau kecil di Indonesia dapat dibedakan sebagai berikut (Andriyani, 2019):

- a. Pulau-pulau kecil yang termasuk dalam kawasan potensial tumbuh, seperti P. Batam, P. Bintan, dan kawasan lain di provinsi Riau.
- b. Pulau-pulau kecil di kawasan perbatasan yang memiliki potensi untuk pertahanan dan keamanan seperti Pulau Sangihe, Pulau Aru.
- c. Pulau kecil yang memiliki potensi sumber daya yang dapat dikembangkan, seperti kepulauan seribu atau kepulauan lainnya yang memiliki potensi pariwisata.
- d. Pulau-pulau kecil yang masih tertinggal dan membutuhkan pengembangan.

Atas dasar pembagian tersebut, maka mengelola pulau kecil penting untuk dilihat daya dukung lingkungan, aspek sosial

kemasyarakatan, untuk menjadi pertimbangan dalam memanfaatkan pulau-pulau kecil.

3. Karakteristik Pulau Kecil

Menurut Dahuri (1998) bahwa dalam suatu wilayah pesisir khususnya di wilayah pulau kecil terdapat satu atau lebih sistem lingkungan (ekosistem) pesisir dan sumber daya pesisir. Ekosistem tersebut dapat bersifat alamiah ataupun buatan. Ekosistem alami yang terdapat di pesisir pulau kecil antara lain, terumbu karang, hutan mangroves, padang lamun, pantai berpasir, pantai berbatu, estuaria, dan delta. Sedangkan ekosistem buatan antara lain, kawasan pariwisata, budidaya, dan pemukiman.

Sumber daya alam di kawasan pulau kecil terdiri dari sumberdaya alam yang dapat pulih dan sumberdaya alam yang tak dapat pulih. sumberdaya alam yang dapat pulih antara lain, ikan plankton, benthos, moluska, mamalia laut, rumput laut, lamun. Sedangkan yang tidak dapat pulih antara lain, minyak dan gas, bijih besi, pasir, timah, bauksit, dan mineral serta bahan tambang lainnya (Andriyani, 2019).

Berdasarkan informasi dari Kementerian Kelautan dan Perikanan, beberapa karakteristik pulau-pulau kecil adalah secara ekologis terpisah dari pulau induknya (*mainland island*), memiliki batas fisik yang jelas dan terpencil dari habitat pulau induk, sehingga

bersifat insular, mempunyai sejumlah besar jenis endemik dan keanekaragaman yang tipikal dan bernilai tinggi, tidak mampu mempengaruhi hidroklimat, memiliki daerah tangkapan air (*catchment area*) relatif kecil sehingga sebagian besar aliran air permukaan dan sedimen masuk ke laut serta dari segi sosial, ekonomi dan budaya masyarakat pulau-pulau kecil bersifat khas dibandingkan dengan pulau induknya (Andriyani, 2019). Pulau-pulau kecil memiliki potensi pembangunan yang besar karena didukung oleh letaknya yang strategis dari aspek ekonomi, pertahanan dan keamanan serta adanya ekosistem khas tropis dengan produktivitas hayati tinggi yaitu terumbu karang (*coral reef*), padang lamun (*seagrass*), dan hutan bakau (*mangrove*).

Ketiga ekosistem tersebut saling berinteraksi baik secara fisik, maupun dalam bentuk bahan organik terlarut, bahan organik partikel, migrasi fauna, dan aktivitas manusia. Selain potensi terbarukan pulau-pulau kecil juga memiliki potensi yang tak terbarukan seperti pertambangan dan energi kelautan serta jasa-jasa lingkungan yang tinggi nilai ekonomisnya yaitu sebagai kawasan berlangsungnya kegiatan kepariwisataan, media komunikasi, kawasan rekreasi, konservasi dan jenis pemanfaatan lainnya (Andriyani, 2019).

D. Tinjauan Umum Tentang QMRA

Penilaian risiko adalah karakterisasi kualitatif atau kuantitatif dan perkiraan potensi dampak buruk kesehatan yang terkait dengan paparan individu atau populasi terhadap bahaya (bahan atau situasi, fisik, kimia, dan agen mikroba). Penilaian risiko tidak digunakan secara terpisah tetapi sebagai bagian dalam konteks yang lebih luas sebagai analisis risiko (Haas *et al.*, 2014).

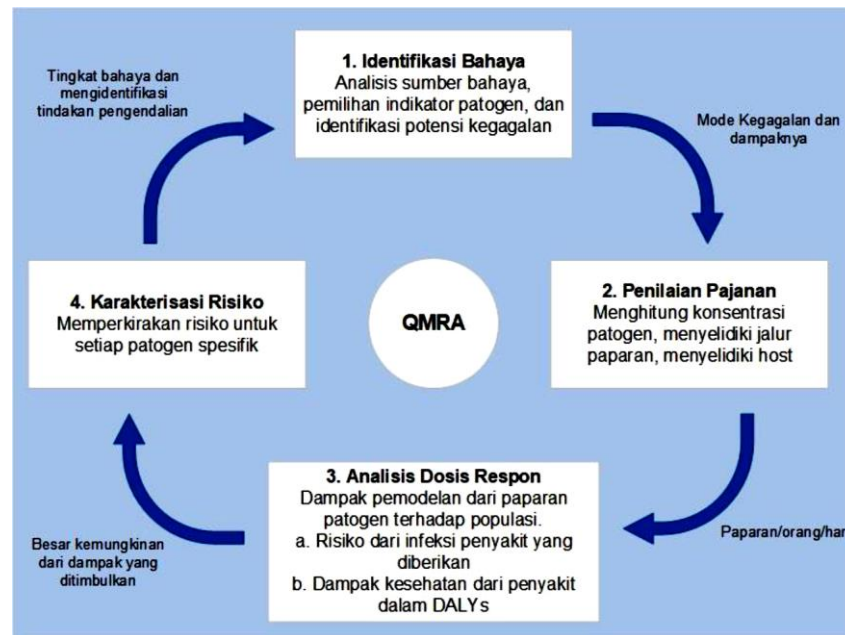
Penilaian risiko mikroba adalah sebuah alat atau metode yang dapat mengurangi dan mencegah risiko yang disebabkan oleh mikroorganisme berbahaya, baik yang dihasilkan secara alami maupun antropogenik yang masuk ke dalam lingkungan. Secara umum, penilaian risiko mikroba bertujuan untuk memperoleh informasi baru mengenai identifikasi dan mekanisme terjadinya penularan mikroba patogen, pajanan yang berpotensi terhadap kesehatan manusia, dosis-respon, dan efek kesehatan yang ditimbulkan. *Microbial Risk Assessment (MRA)* berfokus pada mikroorganisme yang dapat menyebabkan infeksi dan atau penyakit pada manusia. Secara khusus, berlaku untuk menilai risiko yang terkait dengan penyakit bawaan makanan (*foodborne disease*) dan penyakit yang ditularkan melalui air (*waterborne disease*) misalnya, air minum, air limbah dan air rekreasi (EPA, 2012).

Penilaian risiko mikroba kuantitatif (QMRA) didefinisikan sebagai kerangka kerja dan pendekatan yang membawa informasi dan data bersama dengan model matematika untuk mengatasi penyebaran agen mikroba melalui paparan lingkungan, dan untuk mengkarakterisasi sifat dari hasil yang merugikan (Rose *et al.*, 2013).

Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) merupakan sebuah pendekatan penilaian risiko formal kuantitatif yang menggabungkan pengetahuan ilmiah tentang keberadaan dan sifat patogen, nasib potensial patogen tersebut dan transportasi dalam siklus air, rute paparan manusia dan efek kesehatan yang mungkin dihasilkan dari paparan tersebut. Semua pengetahuan ini digabungkan ke dalam penilaian tunggal yang memungkinkan manajemen berbasis risiko, proporsional, transparan, dan koheren dari risiko penularan penyakit menular yang ditularkan melalui air (WHO, 2016).

QMRA menawarkan cara sistematis untuk menggunakan informasi ilmiah untuk membantu mendukung keputusan manajemen keselamatan air pada tingkat peraturan dan memprioritaskan tindakan perbaikan atau upaya penelitian (NRC, 2009). Output numerik dari QMRA menjawab pertanyaan manajemen risiko secara lebih rinci dan memungkinkan perbandingan yang lebih tepat antara opsi manajemen risiko dibandingkan dengan pendekatan kualitatif atau semi kuantitatif. QMRA adalah kerangka kerja atau mekanisme yang memungkinkan

data ilmiah kuantitatif ditafsirkan dalam konteks perkiraan hasil kesehatan untuk mendukung manajemen keselamatan air (WHO, 2016).



Gambar 2.5 Kerangka konsep QMRA (Hamouda *et al.*, 2018)

QMRA merupakan model aplikasi matematika paparan dan dosis untuk memprediksi kemungkinan hasil buruk akibat paparan patogen. QMRA adalah pendekatan pemodelan yang mengintegrasikan data terkait paparan mikroba dan hubungan efek kesehatan manusia dengan tujuan mengkaji dampak potensial atau risiko kesehatan dari paparan mikroorganisme yang berbahaya (Whelan *et al.*, 2017). Penilaian risiko mikroba kuantitatif (QMRA) adalah alat untuk mengintegrasikan informasi tentang kejadian mikroba patogen, infektivitas, dan paparan

dalam mengambil suatu kebijakan pengendalian strategis (Hamilton and Haas, 2016).

QMRA terdiri dari identifikasi bahaya, penilaian paparan, penilaian efek (hubungan dosis-respons); dan karakterisasi risiko, (Balderrama-Carmona *et al.*, 2014). QMRA adalah kerangka kerja atau mekanisme yang memungkinkan data ilmiah kuantitatif ditafsirkan dalam konteks perkiraan hasil kesehatan untuk mendukung manajemen keselamatan (WHO, 2016).

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya merupakan komponen kunci dari penilaian risiko. Dalam proses identifikasi bahaya, agen mikrobiologi yang dapat merugikan kesehatan diidentifikasi dan didefinisikan dalam konteks informasi epidemiologi, surveilans, aspek klinis, mikroba (agent spesifik) dan informasi lingkungan. Tahap ini berfokus pada mikroorganisme tertentu dan mekanisme potensial yang dapat menyebabkan gangguan dan kemampuan mikroorganisme dalam menimbulkan efek bahaya atau dikenal dengan istilah host-bakteri, virulensi, patogenitas, dan dosis-respon. Kondisi meteorologi dan geografis lingkungan dapat mempengaruhi persistensi dan penyebaran agen mikroba dalam lingkungan dan mempengaruhi tingkat paparan potensial melalui makanan dan air.

Hazard identification adalah identifikasi agen mikroba dan spektrum penyakit manusia dan penyakit yang terkait dengan organisme tertentu (Haas *et al.*, 2014).

2. Penilaian Dosis-respon (*Dose-response Assessment*)

Penilaian dosis-respon merupakan fungsi matematis yang menggambarkan hubungan dosis-respon untuk memperkirakan suatu risiko kesehatan (misalnya Infeksi, penyakit atau kematian) yang terjadi pada individu atau populasi yang terpapar oleh mikroorganisme patogen tertentu.

Model D-R eksponensial, β -Poisson D-R, dan β -binomial D-R telah banyak digunakan dalam menggambarakan dosis respon untuk penilaian risiko. Model D-R eksponensial (Persamaan 1) adalah model D-R yang paling sederhana yang mengasumsikan bahwa distribusi patogen antara dosis adalah acak dan mengikuti distribusi Poisson dengan rumus sebagai berikut:

$$P_{\text{inf/day}} = 1 - e^{-r \cdot d}$$

Keterangan:

$P_{\text{inf/day}}$ = Probabilitas infeksi per hari

e = Paparan patogen ($e = C \times V$), dimana C adalah jumlah konsentrasi patogen dalam makanan/minuman dan V adalah volume makanan/minuman yang tertelan (gram/ml).

r = Parameter infektivitas (0,0042)

d = Dosis yang dicerna/konsentrasi patogen (ookista/hari)

3. Penilaian Paparan (*Exposure Assessment*)

Penilaian paparan adalah upaya menentukan rute, frekuensi, durasi, dan besarnya jumlah paparan terhadap bahaya mikroba dalam suatu populasi. Rute paparan yang relevan dengan bahaya mikroba tertentu tergantung pada situasi dan dipengaruhi oleh sifat-sifat yang melekat pada mikroorganisme dan inang potensial. Sumber paparan dapat berasal dari peristiwa, kegiatan, atau lokasi alami atau antropogenik yang menghasilkan atau melepaskan bahaya mikroba. Perhitungan analisis risiko mikroba dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus untuk mengetahui risiko infeksi dalam satu tahun,

$$P_{\text{inf.annual}} = 1 - (1 - P_{\text{inf/day}})^n$$

Keterangan:

$P_{\text{inf.annual}}$ = Probabilitas infeksi tahunan dan bervariasi dari (0 dan 1) di mana 0 berarti tidak ada risiko infeksi dan 1 berarti risiko infeksi tertentu.

n = Jumlah exposure dalam satu tahun.

Selanjutnya dilakukan perhitungan risiko penyakit pertahun bagi seorang individu menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{\text{ill}} = P_{\text{inf.annual}} \times P_{\text{ill/inf}}$$

Keterangan:

P_{ill} = Kemungkinan penyakit yang terjadi karena infeksi pertahun. $P_{\text{ill/inf}}$ (*E. coli*) = 0,35 (Machdar *et al.*, 2013).

Populasi terpajan dalam penilaian risiko memiliki risiko terkena infeksi yang berbeda-beda. WHO mengategorikan beberapa kelompok populasi yang rentan terhadap bahaya mikroba, antara lain sebagai berikut:

- a. Anak Kecil
- b. Orang tua
- c. Orang dengan masalah sistem imunitas
- d. Wanita hamil
- e. Perokok
- f. Angkatan militer
- g. Paparan ditempat kerja

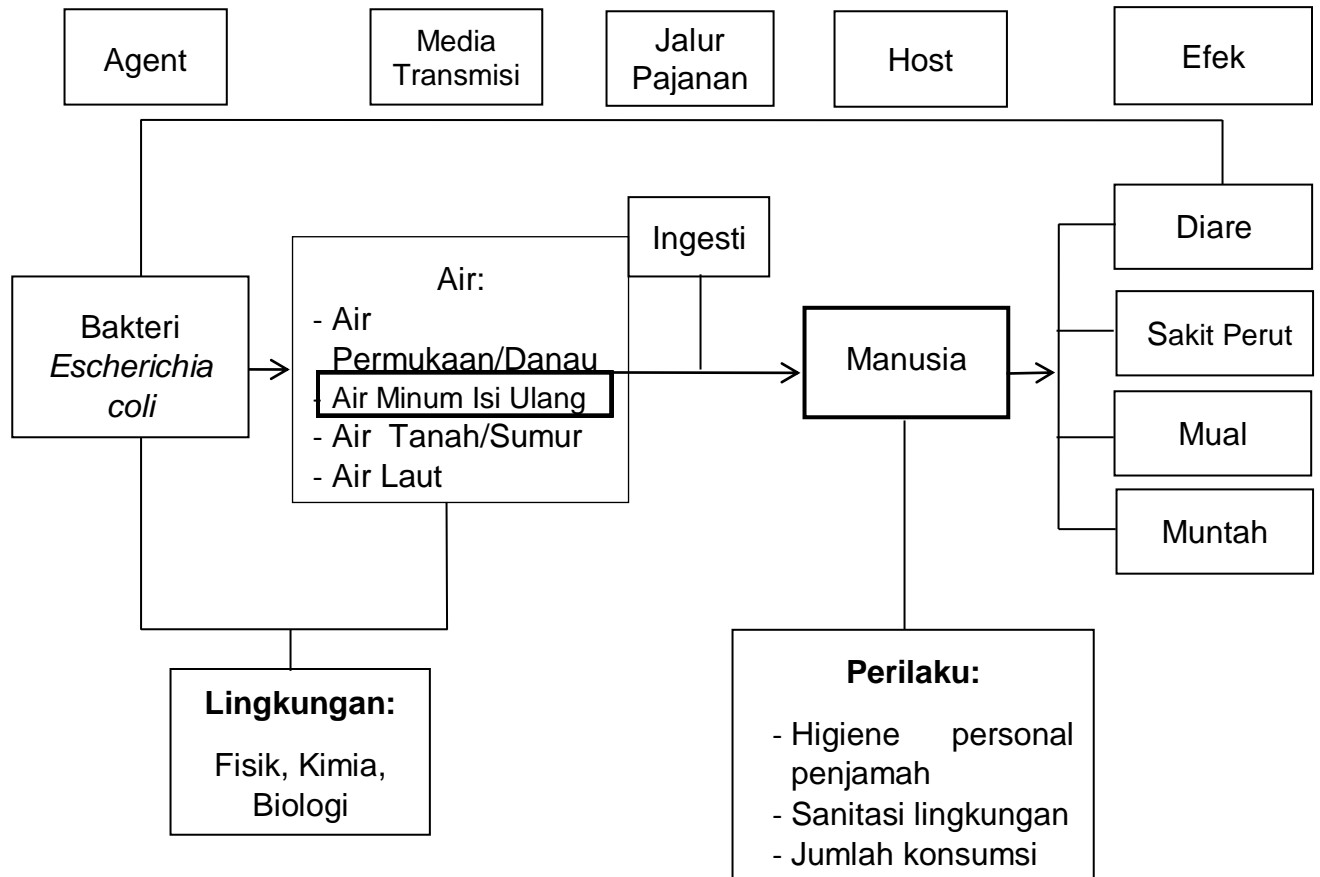
4. Karakterisasi Risiko (*Risk Characterization*)

Karakterisasi risiko adalah integrasi data pada identifikasi bahaya, dosis-respons, dan paparan untuk memperkirakan besarnya masalah kesehatan masyarakat dan untuk memahami probabilitas bahwa hal itu akan terjadi serta variabilitas dan ketidakpastian hasil yang diprediksi (Haas *et al.*, 2014).

Dalam tahap ini, Karakterisasi risiko dilakukan untuk mengkarakterisasi risiko infeksi atau penyakit pada responden akibat mengkonsumsi air minum yang mengandung bakteri patogen yang terbagi dalam tiga kategori yaitu Jika nilai $P_{ill}/P_{inf} > 10^{-6}$ (misalnya 10^{-5}) maka dinyatakan dengan risiko tinggi, jika nilai $P_{ill}/P_{inf} = 10^{-6}$ maka dinyatakan dengan risiko sedang. Adapun jika nilai $P_{ill}/P_{inf} < 10^{-6}$ (misalnya 10^{-7}) maka dinyatakan dengan risiko rendah.

E. Kerangka Teori

Teori yang menjadi landasan penelitian ini mengacu pada skenario teori simpul, yaitu suatu gambaran hubungan interaktif manusia serta perilakunya dengan komponen lingkungan yang memiliki potensi bahaya penyakit yang digambarkan dengan empat simpul (Achmadi, 2012). Patogenesis penyakit dapat digambarkan dalam teori simpul, yakni simpul 1 (Agent penyakit), simpul 2 (Komponen lingkungan yang merupakan media transisi penyakit melalui jalur pajanan), simpul 3 (host merupakan segala faktor yang mempengaruhi timbulnya penyakit) dan simpul 4 (keadaan sehat atau sakit setelah mengalami interaksi dengan komponen lingkungan yang mengandung agent penyakit). Adapun kerangka teori penelitian dijelaskan pada gambar 2.6:



Keterangan:

= Variabel yang diteliti

Gambar 2.6 Kerangka Teori Mengenai Teori Simpul Distribusi Bakteri *Escherichia Coli* dari Sumber Hingga Efek ke Tubuh Manusia

Sumber: (1) (Eliza, 2016); (2) (Alfian *et al.*, 2021); (3) (Achmadi, 2012); (4) (WHO, 2022)

1. Simpul 1 : Agent penyakit

Agent penyakit adalah komponen lingkungan yang dapat menimbulkan gangguan penyakit melalui kontak secara langsung atau melalui media perantara (juga komponen lingkungan). Agent penyakit dikelompokkan menjadi 3 kelompok besar yaitu:

- a. Kelompok Mikroba, seperti virus, amuba, jamur, bakteri, parasit, dan lain-lain.
- b. Kelompok Fisik, seperti kebisingan, kekuatan cahaya, dan lainnya, dan
- c. Kelompok Kimia yaitu logam-logam berat seperti pestisida, merkuri, cadmium, Co, H₂S dan lainnya.

2. Simpul 2: Media transmisi penyakit

Media transmisi penyakit adalah komponen-komponen yang berfungsi dalam memindahkan agent penyakit ke dalam tubuh manusia. Ada lima komponen yang termasuk sebagai media transmisi penyakit, yaitu: udara, air, tanah atau pangan, binatang atau serangga, manusia atau langsung.

3. Simpul 3: Perilaku Pemajanan

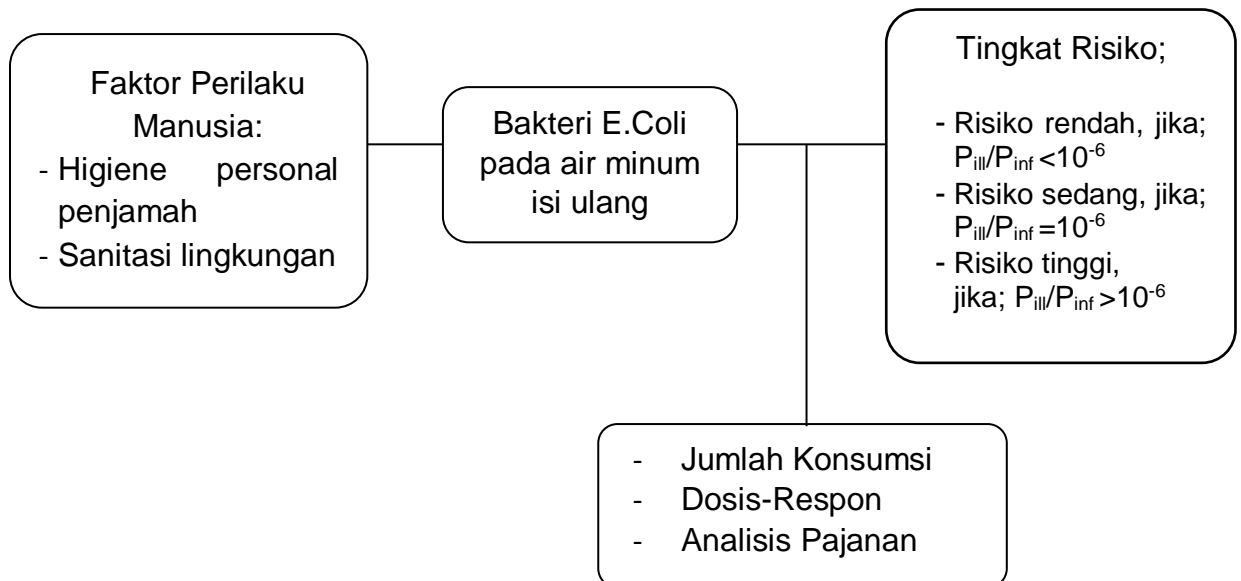
Perilaku pemajanan adalah jumlah kontak antara manusia dengan komponen lingkungan yang mengandung potensi bahaya penyakit.

4. Simpul 4: Kejadian Penyakit

Kejadian penyakit merupakan *outcome* hubungan interaktif antara penduduk dengan lingkungan yang memiliki potensi bahaya dalam gangguan kesehatan.

F. Kerangka Konsep

Berdasarkan tinjauan pustaka dan teori simpul yang diuraikan sebelumnya, maka disusunlah kerangka konsep *Quantitative Microbial Risk Assessment* (QMRA) Bakteri Patogen pada Air Minum Isi Ulang di Pulau Barrang Lompo. Sesuai kerangka teori yang ada di atas disederhanakan sesuai dengan tujuan penelitian menjadi kerangka konsep dibawah ini:



Gambar 2.7 Kerangka Konsep

G. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

Berdasarkan variabel yang akan diteliti, maka definisi operasional dalam penelitian ini adalah:

Tabel 2.1 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

No	Variabel	Definisi Operasional	Metode	Alat Ukur	Kriteria Objektif
1	Bakteri E. Coli	Bakteri penyebab terjadinya penyakit. Adanya bakteri ini di dalam air minum menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat Enteropatogenik dan Toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan.	Metode MPN	Pemeriksaan Laboratorium	-
2	Jumlah Konsumsi	Rata-rata jumlah (ml) air minum isi ulang yang dikonsumsi setiap hari.	Wawancara Responden	Kuesioner	-
3	Analisis Dosis-respon	Menghitung probabilitas infeksi harian (P_{inf}/day) yang disebabkan oleh paparan mikroba yang masuk ke dalam tubuh.	Metode QMRA	Menggunakan Rumus	Angka Probability of Illness/day (kemungkinan penyakit yang terjadi perhari)

No	Variabel	Definisi Operasional	Metode	Alat Ukur	Kriteria Objektif
4	Analisis Paparan	Menghitung probabilitas infeksi pertahun ($P_{inf.annual}$) dan kemungkinan penyakit yang terjadi pertahun (P_{ill}) yang disebabkan oleh paparan mikroba yang masuk ke dalam tubuh.		Menggunakan Rumus	Angka Probability of Illness Annual (kemungkinan penyakit yang terjadi pertahun)
5	Karakteristik Risiko	Kemungkinan penyakit yang terjadi pertahun (P_{ill}) dikategorikan menurut besar risikonya	Mengkategorikan Besar Risiko	-	<ol style="list-style-type: none"> 1. Risiko rendah, jika; $P_{ill}/P_{inf} < 10^{-6}$ 2. Risiko sedang, jika; $P_{ill}/P_{inf} = 10^{-6}$ 3. Risiko tinggi, jika; $P_{ill}/P_{inf} > 10^{-6}$

H. Tabel Sintesa

Berikut ini adalah hasil-hasil penelitian sebelumnya terkait QMRA dan pencemaran sumber air minum:

Tabel 2.2 Tabel Sintesa

No	Peneliti (Tahun) dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian	Sampel	Temuan
1	(Ahmed <i>et al.</i> , 2020). https://www.mdpi.com/1660-4601/17/8/2774	Quantitative Microbial Risk Assessment of Drinking Water Quality to Predict the Risk of Waterborne Diseases in Primary-School Children. <i>International Journal of Environmental Health Research</i>	<i>Quantitative Microbial Risk Assessment</i> (QMRA)	425 sampel dgn 2 jenis sumber air minum (Permukaan dan tanah)	Penelitian ini mengkarakterisasi kondisi air, sanitasi, dan kebersihan di 425 sekolah dasar di Sindh, Pakistan, dan memperkirakan risiko infeksi yang ditularkan melalui air pada anak sekolah. Secara keseluruhan, risiko penyakit akibat infeksi bakteri (<i>E. coli</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>V. Cholerae</i> , <i>Shigella</i> , dan <i>Campylobacter</i>) tinggi. Rata-rata, hampir setengah (49%) sampel air minum terkontaminasi dengan <i>E. coli</i> , 54% dengan <i>Salmonella sp.</i> , 49% dengan <i>V. kolera</i> , dan 63% dengan <i>Shigella</i> .

No	Peneliti (Tahun) dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian	Sampel	Temuan
2	(Birawida <i>et al.</i> , 2020) https://core.ac.uk/download/pdf/328104424.pdf	Sanitasi dan Keberadaan Bakteri pada Air Minum Dengan Risiko Diare di Pulau Barrang Lompo Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)	Pendekatan deskriptif	Jumlah sampel RT sebanyak 220 RT dan sampel air minum sebanyak 11 sampel	Dari 11 sampel air minum masyarakat Pulau Barrang Lompo terdapat 2 sampel yang mengandung bakteri penyebab diare yaitu bakteri <i>Enterobacter hafniae</i> pada air sumur gali terlindungi dan <i>Staphylococcus aureus</i> pada depot air minum dan terdapat 9 sampel yang mengandung bakteri yang tidak mengakibatkan diare yaitu <i>Alcaligenes faecalis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosae</i> , dan <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> .
3	(Baharuddin and Ichsan, 2020). https://www.researchgate.net/publication/345766272	Microbial risk assessment (MRA) as a method of assessment for drinking water reffl in pattingaloang district of Makassar city.	<i>Microbial Risk Assessment</i> (MRA)	6 sampel DAMIU	Hasil laboratorium yang dilakukan terhadap 6 sampel air minum isi ulang didapatkan sebanyak 6 sampel yang dinyatakan positif (+) mengandung bakteri E. coli Berdasarkan Penilaian Risiko Kuantitatif, disimpulkan bahwa dari 6 sampel DAMIU memiliki konsentrasi risiko tinggi.

No	Peneliti (Tahun) dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian	Sampel	Temuan
		<i>Indian Journal of Public Health Research & Development</i>			
4	(Sharaby <i>et al.</i> , 2019). https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719312793	Quantitative microbial risk assessment of <i>Legionella pneumophila</i> in a drinking water supply system in Israel. Elsevier	<i>Quantitative Microbial Risk Assessment</i> (QMRA)	Lima titik (Lima kran titik (kran toilet dan pancuran) diambil sampelnya secara musiman selama periode tiga tahun.	QMRA mengungkapkan bahwa tingkat risiko tahunan untuk penggunaan faucet dan shower melebihi risiko infeksi yang dapat diterima dengan rata-rata 1×10^{-4} and 1×10^{-6} . Nilai risiko infeksi musiman tertinggi ditemukan di musim panas untuk faucet dan shower, yang sesuai dengan $8,09 \times 10^{-4}$ dan $2,75 \times 10^{-3}$ DALY'S per orang per tahun, masing-masing. $5,52 \times 10^{-4}$ dan $2,37 \times 10^{-3}$ DALY'S per orang per tahun, masing-masing.
5	(Machdar <i>et al.</i> , 2013). https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969713001034	Application of Quantitative Microbial Risk Assessment to analyze the	<i>Quantitative Microbial Risk Assessment</i> (QMRA)	Lima jalur risiko untuk air minum diidentifikasi	Bagian utama dari beban penyakit berasal dari <i>E.coli</i> O157:H7 (78%) dan kontributor yang paling tidak penting adalah <i>Kriptosporidium</i> (0,01%). Patogen lain

No	Peneliti (Tahun) dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian	Sampel	Temuan
		<p>public health risk from poor drinking water quality in a low income area in Accra, Ghana.</p> <p>Elsevier</p>		<p>melalui survei (110 keluarga), yaitu gudang rumah tangga, keran pekarangan pribadi, keran komunal, sumur komunal dan air sachet.</p>	<p>menyumbang 16% (Campylobacter), 5% (Rotavirus) dan 0,3% (Ascaris). Jumlah beban penyakit patogen ini adalah 0,5 DALY's per orang per tahun, yang jauh lebih tinggi dari tingkat referensi WHO. Jalur kontaminasi utama ditemukan di gudang rumah tangga.</p>
6	<p>(Askrening and Yunus, 2017)</p> <p>http://e-journal.poltekkesjogja.ac.id/index.php/JTK/article/view/9</p>	<p>Analisis Bakteri Coliform Pada Air Minum Isi Ulang Di Wilayah Poasia Kota Kendari</p> <p>Jurnal Teknologi Kesehatan (Journal of Health Technology).</p>	<p>Deskriptif Analitik</p>	<p>Berjumlah 10 sampel yang diambil dengan metode <i>total sampling jenuh</i>.</p>	<p>Hasil identifikasi bakteri <i>coliform</i> pada sampel air minum isi ulang di wilayah Poasia Kota Kendari yang berjumlah 10 sampel, telah teridentifikasi 6 sampel air minum isi ulang terkontaminasi bakteri <i>coliform</i> dan melewati batas cemaran mikroba menurut PERMENKES No.492/MENKES/Per/IV.2010.</p>

No	Peneliti (Tahun) dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian	Sampel	Temuan
7	(Afrianti Rahayu and Hidayat Gumila, 2017) http://journal.unpad.ac.id/ijpst/article/view/13112	Uji Cemaran Air Minum Masyarakat sekitar Margahayu Raya Bandung dengan Identifikasi Bakteri Escherichia Coli. Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology	Observasi Laboratorium	Sampel berjumlah 64 rumah dan data sampel air minum berjumlah 5 sampel.	Dari 5 sampel air minum tersebut 2 sampel teridentifikasi bakteri Escherichia coli sementara 3 sampel lainnya mengandung bakteri koliform yang lain.
8	(Amelia, 2019). https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/simbiosajournal/article/download/1907/1398	Identifikasi Bakteri <i>Coliform</i> pada Air Minum dalam Kemasan (AMDK) yang Diproduksi di Kota Batam.	Penelitian Survei	Sampel diambil dari 8 merek air minum dalam kemasan yang diproduksi di	Setelah dilakukan uji pelengkap dari 16 sampel yang dianalisa diperoleh 8 sampel mengandung bakteri diantaranya Klebsiella sp., Enterobacter, Pseudomonas sp., dan Salmonella sp.

No	Peneliti (Tahun) dan Sumber Jurnal	Judul dan Nama Jurnal	Desain Penelitian	Sampel	Temuan
		Jurnal unrika (Simbiosis)		kota Batam.	
9	(Arsyina <i>et al.</i> , 2019). https://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jkmi/article/view/5258	Hubungan Sumber Air Minum dengan Kandungan Total <i>Coliform</i> dalam Air Minum Rumah Tangga. Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia	<i>Cross Sectional</i>	Terdapat 110 rumah tangga yang terpilih untuk diwawancarai dan diambil sampel air minumannya.	Air minum yang bersumber dari DAMIU/air kemasan memiliki peluang 1,541 kali untuk mengandung total coliform dibandingkan air minum yang bersumber dari air sumur yang dimasak.