

**THESIS**

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN BAKTERI *ENTEROCOCCI*  
TERHADAP PENGUNJUNG DI PANTAI TANJUNG BAYANG  
KOTA MAKASSAR**

*Health Risk Assessment of Enterococci Bacteria in Tanjung Bayang  
Beach Visitors of Makassar City*

**UYUUN WIJI ISMITA  
K012172015**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN BAKTERI *ENTEROCOCCI*  
TERHADAP PENGUNJUNG DI PANTAI TANJUNG BAYANG  
KOTA MAKASSAR**

Tesis  
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Master

Program Studi  
Ilmu Kesehatan Masyarakat

Disusun dan diajukan oleh

**UYUUN WIJI ISMITA**

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2020**



**TESIS**

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN BAKTERI ENTEROCOCCI TERHADAP  
PENGUNJUNG DI PANTAI TANJUNG BAYANG  
KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

**UYUUN WIJI ISMITA**  
Nomor Pokok : K012172015

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
pada tanggal 02 Januari 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui  
Komisi Penasihat.

  
Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel, M.Kes  
Ketua

  
Ansariadi, S.KM, M.Sc.PH, Ph.D  
Anggota

  
Ketua Program Studi  
Kesehatan Masyarakat  
Dr. Masni, Apt., MSPH



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : UYUUN WIJI ISMITA

NIM : K012172015

Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat / Kesehatan Lingkungan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2020

Yang Menyatakan

**UYUUN WIJI ISMITA**



## PRAKATA



Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya. Sebuah nikmat yang tak terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan thesis yang berjudul “*Analisis Risiko Kesehatan Bakteri Enterococci terhadap Pengunjung di Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar*” sebagai syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Sekolah Pascasarjana di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin. Teriring salam dan shalawat, semoga tercurahkan kepada teladan dan junjungan kita Rasulullah Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan orang-orang yang senantiasa istiqamah mengikuti jalan dakwahnya hingga akhir zaman.

Thesis ini tidak dapat diselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak. Secara tulus dan mendalam, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada *supporting system* abadi penulis (ayahanda dan ibunda tercinta), **A. Suyarto, S.Sos dan Dra. Darmiani Thaha** yang tidak hentinya memberikan pengorbanan dan perhatian baik moril maupun materi, dalam mendidik, membesarkan dan bina diri penulis. Terima kasih juga penulis berikan kepada adikku, **Tri Rachmanto dan Ridho Tri Rachmawan**, yang telah menjadi



motivasi bagi penulis untuk terus menjadi figur teladan sebagai seorang kakak dan segera menyelesaikan studinya. Terima kasih juga penulis berikan kepada seluruh keluarga atas segala cinta, doa dan dukungan selama ini. Melalui kesempatan ini pula, penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak **Dr. Aminuddin Syam, SKM, M.Kes, M.Med.Ed** selaku dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, para wakil dekan beserta seluruh staf akademik atas bantuannya selama penulis mengikuti pendidikan di FKM Unhas.
2. Ibu **Dr. Erniwati Ibrahim, S.KM, M.Kes** selaku Ketua Departemen Kesehatan Lingkungan Kesehatan Masyarakat Masyarakat Universitas Hasanuddin atas segala bantuan yang telah diberikan selama penulis mengikuti pendidikan di FKM Unhas.
3. Bapak **Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel, M.Kes** selaku dosen pembimbing akademik dan juga pembimbing I yang tiada henti untuk terus memberikan arahan dan masukan dalam menjalani proses perkuliahan serta meluangkan waktu, tenaga, dan pemikiran untuk membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan thesis ini.
4. Bapak **Ansariadi, S.KM, M.Sc.PH, Ph.d** selaku pembimbing II yang dengan tulus meluangkan waktu, tenaga, dan pemikiran untuk

bimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan thesis ini.



5. **Prof. dr. Rafael Djajakusli, MOH, Prof. Dr. Anwar Daud, S.KM.,M.Kes dan Dr. Erniwati Ibrahim, SKM., M.Kes** selaku dosen penguji yang juga telah meluangkan waktunya serta memberikan masukan serta arahan guna penyempurnaan penulisan thesis ini.
6. **Para Dosen FKM Unhas, khususnya Dosen departemen Kesehatan Lingkungan** yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan yang sangat berharga selama penulis mengikuti pendidikan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
7. **Para Staff FKM Unhas khususnya staff departemen Kesehatan Lingkungan (Kak Tika dan Kak Mira)** yang selalu memberi bantuan dan kemudahan kepada penulis selama penulis menjalani studi di Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Unhas.
8. **Pihak Dinas Pariwisata Kota Makassar, Kecamatan Tamalatea, Kelurahan Tanjung Merdeka, serta Pengelola LPM Tanjung Bayang Kota Makassar** yang telah memberikan kemudahan dalam mengakses data awal dan memberikan izin untuk melakukan penelitian.
9. **Seluruh pengunjung pantai Tanjung Bayang Kota Makassar** yang telah bersedia meluangkan waktu dan menjadi responden dalam penelitian ini.
10. **Bapak Markus** selaku laboran di Laboratorium Bagian Mikrobiologi



ultas Kedokteran Unhas atas sikap ramah dan telah memberikan banyak ilmu dan bantuan untuk melakukan penelitian.

11. **Teman-teman seperjuangan di Pascasarjana FKM Unhas 2017/2018 Genap khususnya di Departemen Kesehatan Lingkungan (Amelia Dwi Ayu dan Mugfira Mayangsari Putri)** yang telah kuat dalam berjuang selama bangku perkuliahan hingga penyusunan thesis berlangsung.
12. **Para enumerator (Anti, Lala, Maya, Rezky Fitriani Hamzah, Rifa Atul, Nurul Qalbi, Suci Dwi Yanti, Rizky Chaeraty Syam, Saptian Dwi Putra)** yang telah bersedia membantu dan menemani penulis selama proses penelitian berlangsung.
13. Seluruh pihak yang tidak sempat penulis sebutkan namanya yang telah memberikan bantuannya dalam rangka penyelesaian thesis ini.

Penulis menyadari bahwa thesis ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Tidak lupa penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya jika ada salah dan khilaf selama proses penyusunan thesis ini.

Akhir kata, Allah tiada Tuhan melainkan Dia, Yang hidup kekal lagi terus-menerus mengurus makhluk-Nya. Semoga segala apa yang telah dilakukan dalam thesis ini menjadikan penulis pribadi yang lebih baik lagi. Aamiin.

Makassar, Januari 2020

**Uyuun Wiji Ismita**



## ABSTRAK

**UYUUN WIJI ISMITA.** *Analisis Risiko Kesehatan dari Bakteri Enterococci Terhadap Pengunjung di Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar.* (Dibimbing oleh Agus Bintara Birawida dan Ansariadi).

Pantai merupakan tempat rekreasi untuk melakukan banyak hal yang menyenangkan seperti berenang. Kontaminasi air laut oleh bakteri pathogen menjadi masalah kesehatan masyarakat di berbagai belahan dunia, dan berenang di air yang tercemar ini biasanya membuat bahaya tertular infeksi, seperti diare. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi nilai risiko kesehatan akibat bakteri *enterococci* di perairan pantai Tanjung Bayang Kota Makassar menggunakan pendekatan *Quantitative Microbial Risk Assessment*.

Penelitian ini menggunakan metode observasional analitik dengan pendekatan QMRA. Pengambilan sampel air laut dilakukan di lima titik dengan didukung oleh wawancara terhadap 210 pengunjung yang melakukan aktivitas berenang selama tiga minggu berturut-turut. Pengambilan sampel objek menggunakan *purposive sampling* dan pengambilan sampel subjek menggunakan *stratified random sampling*. Data yang telah diolah dan dianalisis disajikan dalam tabel frekuensi untuk analisis univariat yang disertai narasi atau penjelasan mengenai variabel yang diteliti.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimasi penilaian risiko menggunakan QMRA, nilai dosis respon pada kelompok umur I sebesar 0.24 – 67.2 dan kelompok umur II sebesar 0.12 – 33.6. Estimasi nilai risiko untuk kelompok umur I sebesar  $4.85 \times 10^{-5}$  –  $1.30 \times 10^{-2}$  dan kelompok umur II sebesar  $2.43 \times 10^{-5}$  –  $6.64 \times 10^{-3}$ . Berdasarkan penilaian dengan QMRA, menunjukkan bahwa pengunjung yang melakukan aktivitas berenang memiliki risiko tinggi ( $p_{ill} > 10^{-6}$ ) untuk terinfeksi penyakit gastrointestinal/diare. Kepada pihak LPM Tanjung Bayang diharapkan agar tetap menjaga kebersihan area rekreasi sehingga kontaminasi bakteri dapat diminimalisir.

**Kata Kunci :** QMRA, Bakteri, Berenang, Area Rekreasi, Air laut



## ABSTRACT

**UYUUN WIJI ISMITA.** *Health Risk Assessment of Enterococci Bacteria in Tanjung Bayang Beach Visitors of Makassar City.* (Supervised by **Agus Bintara Birawida dan Ansariadi**).

The beach is a recreational place to do a lot of fun things like swimming. Contamination of sea water by pathogenic bacteria is a public health problem in various parts of the world, and swimming in this polluted water usually creates the danger of contracting an infection. This study aims to estimate the value of health risks due to enterococci bacteria in the waters of Tanjung Bayang Makassar City using the Quantitative Microbial Risk Assessment approach.

This study uses an observational analytic method with the QMRA approach. Seawater sampling was carried out at five points, supported by interviews with 210 visitors who carried out swimming activities for three consecutive weeks. Sampling of objects using purposive sampling and sampling subjects using stratified random sampling. Data that has been processed and analyzed was presented in a frequency table for univariate analysis accompanied by narration or explanation of the variables studied.

The results showed that the estimated risk assessment using QMRA, the value of the dose response in the age group I was 0.24 - 67.2 and the age group II was 0.12 - 33.6. Estimated risk value for age group I was  $4.85 \times 10^{-5}$  -  $1.30 \times 10^{-2}$  and age group II was  $2.43 \times 10^{-5}$  -  $6.64 \times 10^{-3}$ . Based on the assessment with QMRA, it shows that visitors who do swimming activities have a high risk ( $\text{pill} > 10^{-6}$ ) to get infected with gastrointestinal / diarrhea. The Tanjung Bayang LPM is expected to maintain the cleanliness of the recreation area so that bacterial contamination can be minimized.

**Keywords :** QMRA, Bacteria, Swimming, Recreation Area, Sea water



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
SURAT PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	9
C. Tujuan Penelitian	10
D. Manfaat Penelitian	11
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>13</b>
A. Tinjauan Umum Tentang Bakteri <i>Enterococci</i>	13
B. Tinjauan Umum Tentang Pantai sebagai Objek Wisata	22
C. Tinjauan Umum Tentang QMRA	33
D. Kerangka Teori	44
E. Kerangka Konsep	48
F. Definisi Operasional	49
G. Diagram Alur Penelitian	53
H. Penelitian-penelitian lain yang terkait	54
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>60</b>
A. Jenis dan Desain Penelitian	60
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	60
C. Populasi dan Sampel	61
D. Metode Pengambilan Sampel	65



E. Metode Pengumpulan Data	75
F. Metode Pengolahan Data	76
G. Etika Penelitian	80
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>82</b>
A. Hasil Penelitian	82
B. Pembahasan	109
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>137</b>
A. Kesimpulan	137
B. Saran	138
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>		<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	Konsentrasi <i>enterococci</i> yang diukur dari beberapa sumber umum untuk perairan rekreasi	: 19
Tabel 2.2	Definisi Operasional	: 49
Tabel 2.2	Tabel Sintesa Penelitian Terkait	: 53
Tabel 3.1	Nilai default yang digunakan dalam perhitungan QMRA	: 79
Tabel 4.1	Data Jumlah Pengunjung Pantai Tanjung Bayang berdasarkan Perhitungan Jumlah Karcis yang Habis pada bulan Januari – September 2019	: 85
Tabel 4.2	Karakteristik Responden Pengunjung Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar menurut Jenis Kelamin, Kelompok Umur, Tingkat Pendidikan, Jenis Pekerjaan	: 86
Tabel 4.3	Karakteristik Responden menurut aktivitas lain saat mengunjungi Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar	: 87
Tabel 4.4	Konsentrasi Bakteri pada Sampel Air Laut Pantai Tanjung Bayang	: 91
Tabel 4.5	Konsentrasi Bakteri pada Sampel Air Laut Pantai Tanjung Bayang	: 93
Tabel 4.6	Distribusi Gangguan Kesehatan Pengunjung akibat Aktivitas Berenang di Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar	: 99
Tabel 4.7	Distribusi Jenis Gangguan Kesehatan Pengunjung Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar	: 100



Tabel 4.8	Estimasi Perhitungan Dosis Respon terhadap Keberadaan Bakteri <i>Enterococci</i> di Pantai Tanjung Bayang Kota Makasa	: 102
Tabel 4.9	Distribusi Frekuensi Kunjungan Berenang pada Pengunjung Pantai Tanjung Kota Makassar	: 103
Tabel 4.10	Distribusi Frekuensi Kunjungan Berenang pada Pengunjung Pantai Tanjung Kota Makassar	: 104
Tabel 4.11	Estimasi Perhitungan Probability Illness (Pill) Akibat Aktivitas Renang terhadap Bakteri <i>Enterococci</i> di Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar	: 106
Tabel 4.12	Estimasi Penilaian Risiko Bakteri <i>Enterococci</i> terhadap Pengunjung Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar berdasarkan Kelompok Umur	: 108



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>		<b>Halaman</b>
Gambar 2.1	Bakteri <i>Enterococci</i>	: 16
Gambar 2.2	RR Konsentrasi <i>Entereococci</i> terhadap GI	: 17
Gambar 2.3	Sumber <i>Enterococci</i> di perairan rekreasi	: 18
Gambar 2.4	Pantai sebagai Objek Wisata	: 27
Gambar 2.5	Kerangka Pariwisata Pesisir dan Bahari	: 29
Gambar 2.6	Skema gabungan data ilmiah kuantitatif yang terkait dengan jalur penyakit terkait air untuk mendukung manajemen keselamatan air menggunakan QMRA	: 35
Gambar 2.7	Kerangka konsep QMRA	: 39
Gambar 2.8	Kerangka Penilaian Risiko dan Hubungannya dengan Komponen Lain dari Analisis Risiko	: 44
Gambar 2.9	Kerangka Teori	: 45
Gambar 2.10	Kerangka Konsep Penelitian	: 48
Gambar 2.11	Diagram Alur Penelitian	: 52
Gambar 3.1	Titik pengambilan sampel air di Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar	: 63
Gambar 3.2	Alat Refraktometer	: 66
Gambar 3.3	pH meter dan Termometer	: 67
Gambar 4.1	Struktur Organisasi LPM Tanjung Bayang	: 83
Gambar 4.2	Peta Sebaran Lokasi Sarana Sanitasi Dasar Tempat Sampah di Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar	: 89
Gambar 4.3	Peta Sebaran Lokasi Sarana Sanitasi Dasar Tempat Sampah di Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar	: 90
Gambar 4.4	Grafik Hasil Pengukuran Suhu (°C) pada Air Laut Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar	: 95
Gambar 4.5	Grafik Hasil Pengukuran Salinitas (‰) pada Air Laut Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar	: 96
Gambar 4.6	Grafik Hasil Pengukuran pH pada Air Laut Pantai Tanjung Bayang Kota Makassar	: 98



## DAFTAR SINGKATAN

CFU	: Colony Forming Units
FIB	: <i>Fecal Indicator Bacteria</i>
GI	: <i>Gastrointestinal</i>
HAZ ID	: <i>Hazard Identification</i>
mL	: mililiter
MPN	: <i>Most Probable Number</i>
QMRA	: <i>Quantitative Microbial Risk Assessment</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>



## DAFTAR LAMPIRAN

1. Kuesioner Penelitian
2. Dokumentasi Kegiatan Penelitian
3. Hasil Olahan Data SPSS
4. Titik GPS Pengambilan Sampel Air, Tempat Sampah dan Kamar Mandi Umum
5. Persuratan Penelitian
6. Biodata Peneliti



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pantai merupakan tempat populer di seluruh dunia sebagai destinasi wisata yang dapat dikunjungi untuk rekreasi, terutama selama musim liburan. Marina Novelli, seorang ahli dalam bidang pariwisata internasional di Universitas Brighton mengemukakan bahwa pantai merupakan tempat yang pertama kali orang pikirkan untuk dikunjungi disaat menikmati waktu liburan (Blackall, 2019). Pantai merupakan lingkungan alam yang menawarkan banyak kesempatan rekreasi yang dapat dilakukan oleh para wisatawan baik lokal maupun internasional (Pascoe, 2019).

Global Report of City Tourism melaporkan bahwa jumlah kunjungan seluruh dunia mencapai 1,4 miliar pada tahun 2018 dan diprediksi akan mencapai 1,8 miliar pada tahun 2030. Di Eropa, kunjungan wisatawan meningkat sebesar 6% dari tahun 2017 dengan jumlah kunjungan mencapai 713 juta pada tahun 2018. Di Afrika menunjukkan peningkatan 7% pada tahun 2018 dengan jumlah kunjungan wisata diperkirakan mencapai 67 juta wisatawan. Sedangkan, jumlah kunjungan pantai di Asia meningkatkan sebesar 6% dengan jumlah wisatawan mencapai 343 juta orang pada tahun 2018 (UNWTO, 2019).

Indonesia menempati urutan ke empat di Negara Asean untuk jumlah kunjungan wisatawan mancanegara dengan jumlah kunjungan sebesar



15,86 juta kunjungan setelah negara Singapura, Malaysia, dan Thailand di peringkat pertama. Secara kumulatif (Januari–April 2019), jumlah kunjungan wisman ke Indonesia naik 3,22% dibandingkan dengan jumlah kunjungan wisman pada periode yang sama tahun 2018.

Pantai menjadi tujuan liburan/rekreasi selama liburan musim panas paling populer oleh 72% orang dan menghabiskan rata-rata 44% dari waktu liburan musim panas mereka di pantai (Post, 2012). Setiap tahun, diperkirakan terdapat 22,2 juta kunjungan wisata ke pantai air tawar dan laut di Amerika Serikat (Houston, 2008, Massinai et al., 2019). Di Inggris diperkirakan lebih dari 20 juta orang berkunjung ke pantai setiap tahun untuk menghabiskan waktu liburan serta dengan berbagai alasan lainnya (Pond, 2005) dalam (Dilnessa and Demeke, 2016).

Pantai merupakan tempat rekreasi untuk melakukan banyak hal yang menyenangkan. Kegiatan pantai dapat mencakup menyelam, snorkeling, berenang dan mandi, memancing, berselancar, berjemur dan menonton matahari terbenam (Massinai et al., 2019). Berenang adalah kegiatan rekreasi air yang paling umum dan melibatkan kontak seluruh tubuh dengan air (Jang and Liang, 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Elliott et al. (2018), diperkirakan 4,7 juta orang setiap tahun mengunjungi pantai untuk berjalan kaki dan melihat sunset, 11,7 juta orang melakukan olah raga air, dan 181,5 juta orang melakukan aktivitas

g dalam kunjungan pantai setiap tahun. Berenang digolongkan kegiatan dengan aktivitas fisik intensitas tinggi.



Berenang adalah kegiatan rekreasi yang cukup populer dan digemari serta direkomendasikan karena memiliki manfaat bagi kesehatan. Namun, selain manfaat kesehatan yang diperoleh dari kegiatan berenang dan rekreasi air, kualitas air membuat orang menghadapi risiko kesehatan yang berbeda. Risiko kesehatan ini dapat dikaitkan dengan paparan kontaminan kimia dan bakteri (Ekowati, 2019). Aktivitas perilaku perenang saat berada di air adalah aspek penting dalam menentukan risiko kesehatan mereka. Perilaku tersebut termasuk jenis perendaman tubuh (parsial atau total), lama berenang dan jumlah air yang tertelan (Doubt, 2017). Penelitian yang dilakukan oleh DeFlorio-Barker et al. (2018), menemukan bahwa anak-anak dengan usia 6-12 tahun menelan air pada saat berenang rata-rata 36 ml air (persentil ke-90 = 150 ml), sedangkan orang dewasa yang berusia  $\geq 35$  tahun menelan 9 ml air (persentil ke-90 = 64 ml) per kegiatan renang.

Menelan air pada saat berenang telah dikaitkan dengan wabah akut penyakit pencernaan yang disebabkan oleh virus, protozoa, dan bakteri (Dorevitch et al., 2011). Paparan air pada saat berenang di tempat rekreasi dikaitkan dengan peningkatan risiko gastroenteritis akut yang mengakibatkan aktivitas sehari-hari terganggu dengan risiko tertinggi dan beban yang dapat ditularkan pada anak-anak (Arnold et al., 2016).

Kontaminasi air laut oleh bahan pencemar menjadi masalah kesehatan masyarakat di berbagai belahan dunia, dan mandi di air yang

ini biasanya membuat bahaya tertular infeksi (Dakka et al., 2018).  
dapat terpapar pada berbagai mikroorganisme penyebab penyakit



di perairan tempat rekreasi. Sebuah meta-analisis menemukan bahwa risiko terkena diare untuk bukan perenang adalah 35/1000, yang meningkat menjadi 59/1000 setelah berenang di pantai di mana bakteri indikator tinja/*Fecal Indicator Bacteria* (FIB) *Enterococcus spp.* melebihi 35 CFU/100 mL air (Arnold et al., 2016). Bakteri patogen dapat menyebabkan diare, sakit perut, kram, mual, dan muntah pada manusia (Ahmed et al., 2018).

Keberadaan bakteri patogen di dalam air dipengaruhi oleh beberapa kondisi fisik lingkungan, seperti suhu, pH, serta salinitas. Keadaan tersebut sangat mempengaruhi bakteri untuk tumbuh dan berkembang biak, hal ini dikarenakan setiap mikroorganisme memiliki kondisi fisik-kimia yang optimal untuk kelangsungan hidupnya sehingga mempengaruhi keberadaan kontaminan mikroba di dalam air (Fazlzadeh et al., 2016).

Bakteri *enterococci* merupakan indikator adanya pencemaran tinja pada perairan rekreasi laut. *Enterococci* adalah indikator mikroba perairan laut yang dapat digunakan untuk menilai risiko kesehatan bagi perenang melalui jalur ingesti (Canada, 2012, EPA, 2012, WHO, 2003, National Health and Medical Research Council, 2008). Penelitian yang dilakukan di 13 pantai di taiwan selama musim panas (Juni – Agustus) menemukan kontaminasi bakteri *Enterococci* pada semua titik pengambilan sampel, yang berjumlah 30 – 69 sampel untuk setiap stasiun pantai. Konsentrasi bakteri *Enterococci* tertinggi terdapat di pantai Guanyinting (GYT) dan

ongxiao (TX) sebesar 2.900 MPN/100 mL dan 1.300 MPN/100 mL  
nd Liang, 2018). Studi epidemiologis telah menghubungkan



kontaminasi bakteri tersebut dengan kejadian penyakit gastrointestinal terkait kegiatan berenang yang diamati di antara para perenang (EPA, 2012, Canada, 2012, WHO, 2003, National Health and Medical Research Council, 2008). Risiko terpapar *enterococci* selama berenang didapatkan dari konsumsi air yang tidak sengaja melalui rute transmisi fecal-oral, sehingga perenang rekreasi di pantai kemungkinan menderita penyakit gastrointestinal. Studi epidemiologis menunjukkan bahwa antara 2 dan 5% perenang menjadi sakit setelah terpapar air pantai (Dufour et al., 2017).

Para peneliti di Amerika Serikat memperkirakan bahwa beban kesehatan penyakit yang berhubungan dengan berenang di dua pantai populer di California, AS melebihi US\$ 3,3 juta per tahun. Biaya tahunan untuk masing-masing jenis penyakit yang berhubungan dengan berenang di dua pantai, yaitu penyakit pencernaan sebesar US\$ 1.345.339 ; penyakit pernapasan akut sebesar US\$ 951.378; keluhan telinga sebesar US\$ 767.221; keluhan mata sebesar US\$ 304.335 (Dakka et al., 2018). Sejak 1950-an, telah banyak penelitian epidemiologi yang dilakukan di seluruh dunia untuk mengevaluasi hubungan antara kualitas air rekreasi dan kondisi kesehatan yang merugikan termasuk infeksi mata, iritasi kulit, infeksi telinga, hidung, dan tenggorokan, gejala penyakit pernapasan dan gastrointestinal (GI) (Soller et al., 2010).

Penyakit diare menyebabkan 1,97 tahun penurunan angka harapan

negara-negara berpenghasilan rendah dan menyebabkan 424 kematian pada anak dibawah 5 tahun pada tahun 2017 (WHO, 2018).



Berdasarkan data (Risikesdas, 2018), prevalensi kejadian diare berdasarkan diagnosis tenaga kesehatan untuk provinsi Sulawesi Selatan adalah 7,5% meningkat 2,5% dari angka prevalensi tahun 2013. Informasi epidemiologis mengenai efek kontaminasi dari air kolam pada kejadian gastroenteritis dan penyakit menular lainnya pada perenang dalam rekreasi air telah banyak diteliti dengan menggunakan pendekatan *Quantitative Microbial Risk Assessment* (QMRA) (WHO, 2003).

QMRA digunakan sebagai metode penilaian alternatif dalam mendukung temuan dalam studi epidemiologi terhadap paparan kontaminasi bakteri di air pantai permandian. QMRA didasarkan pada pengukuran patogen di perairan rekreasi sebagai sarana untuk memperkirakan risiko bagi perenang karena paparan bakteri pathogen (Fujioka et al., 2015). QMRA adalah sebuah framework yang digunakan untuk mengevaluasi risiko kesehatan dari pathogen yang dapat membantu dalam memahami dan mengelola bahaya pencemaran mikroba. QMRA merupakan alat yang menggunakan model dosis-respons (DR) untuk jenis patogen spesifik (referensi) dan penilaian untuk berbagai skenario paparan dalam memperkirakan risiko kesehatan manusia (Haas et al., 2014). Informasi dari hasil perhitungan QMRA digunakan dengan tujuan untuk memahami efek potensial dari paparan mikroba. QMRA juga berguna dalam menentukan patogen mana yang memiliki risiko terbesar ketika

timbangankan faktor-faktor seperti dosis-respons, tingkat keparahan, dan paparan (Van Abel et al., 2017).



QMRA adalah proses di mana berbagai faktor yang terkait dengan berenang digunakan untuk memperkirakan risiko. Faktor-faktor ini termasuk : kualitas air, respons dosis yang terkait dengan patogen, indikator kualitas air dan patogen, dan pola perilaku perenang saat berenang (Dufour et al., 2017). Penelitian yang dilakukan terkait evaluasi kesehatan di Nahon beach dengan menggunakan QMRA dengan indikator bakteri *enterococci* menunjukkan bahwa probabilitas bakteri *enterococci* untuk menginfeksi jika tertelan tidak sengaja dengan jumlah volume 10 ml adalah sebesar 0,4 yang merupakan kategori tinggi terhadap kesehatan (Ebomah et al., 2019). Sedangkan, penelitian yang dilakukan oleh Jang and Liang (2018) dalam melakukan studi probabilitas infeksi penyakit di 13 pantai di taiwan menggunakan QMRA, menunjukkan bahwa 9 pantai dengan kategori risiko rendah ( $<0,008$ ) dan 4 pantai dengan kategori risiko sedang ( $0,008 - 0,019$ ).

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki 1/3 bagian luas daratan dan 2/3 bagian lautan dari total wilayah (Tegar and Gurning, 2018). Makassar merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang terletak di wilayah pesisir barat propinsi Sulawesi Selatan. Pantai-pantai di dalam dan di sekitar kota Makassar telah menjadi daerah rekreasi dan tujuan wisata, terutama selama akhir pekan, liburan sekolah, dan sebelum dan sesudah liburan yang meriah seperti Idul Fitri, Natal dan

aru.



Berdasarkan data Dinas Pariwisata Kota Makassar (2019), menunjukkan bahwa dari tahun 2015 hingga 2018 terjadi peningkatan jumlah wisatawan mancanegara maupun wisatawan nusantara. Pada tahun 2018, terdapat 5.461.677 jumlah kunjungan yang meningkat sebesar 274.156 dari jumlah kunjungan tahun 2017. Wisata pesisir dan pantai merupakan jenis kegiatan wisata yang cukup diminati untuk berwisata dan berekreasi. Kecamatan Tamalate yang terletak di sebelah selatan pusat Kota Makassar memiliki obyek wisata pesisir untuk dikembangkan. Lokasi wisata pesisir yang terdapat di wilayah ini antara lain adalah Pantai Angin Mamiri dan Tanjung Bayang (Fadlin, 2015). Pantai Tanjung Bayang merupakan tempat yang paling ramai dengan lebih banyak pengunjung pada saat liburan, dikarenakan oleh biaya masuk yang terjangkau dan akses yang mudah.

Peningkatan kunjungan wisatawan seharusnya diimbangi dengan pengelolaan tempat rekreasi yang baik sehingga aman untuk para pengunjung. Namun, kurangnya konsistensi dalam pemantauan kualitas air pantai, yang mengarah pada informasi dasar yang tidak memadai yang mungkin membuat sulit untuk memperkirakan risiko kesehatan yang dapat terjadi di masa akan datang. Penelitian yang dilakukan oleh Sagara (2016) menunjukkan bahwa jumlah bakteri *salmonella* di perairan tanjung mencapai 324 Cfu/100 mL pada saat pasang. Sedangkan penelitian yang

diteliti oleh Massinai et al. (2019) di 6 tempat rekreasi permandian di Makassar menunjukkan bahwa keberadaan bakteri patogen paling banyak



berada di tanjung bayang dengan jumlah 1081 cfu/100 mL. Meskipun telah terdapat beberapa penelitian terkait dengan jumlah bakteri pada perairan lepas pantai, tetapi masih sedikit penelitian yang menghitung tingkat risiko kesehatan yang akan didapatkan oleh pengunjung bila melakukan aktivitas berenang yang secara tidak sengaja akan menelan air yang mengandung sejumlah bakteri, khususnya bakteri *enterococci* sebagai bakteri indikator pencemaran perairan laut.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti ingin melakukan analisis risiko kesehatan cemaran mikroba *enterococci* terhadap pengunjung di pantai Tanjung Bayang Kota Makassar yang kemungkinan dapat berakibat pada terjadinya gangguan Gastrointestinal (GI).

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang telah dipaparkan di atas, adapun rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana persebaran sarana sanitasi dasar tempat sampah dan kamar mandi umum di pantai Tanjung Bayang Kota Makassar ?
2. Berapa besar konsentrasi bakteri patogen pada perairan pantai tanjung bayang ?
3. Berapa nilai suhu pada perairan pantai tanjung bayang ?
4. Berapa nilai pH pada perairan pantai tanjung bayang ?

5. Berapa nilai salinitas pada perairan pantai tanjung bayang ?



6. Berapa besar probabilitas tingkat risiko terjadinya penyakit gastrointestinal (GI) terhadap pengunjung akibat menelan air saat berenang yang terkontaminasi bakteri *enterococci* di pantai tanjung bayang ?

### C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah yang telah dipaparkan, adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Tujuan Umum

Untuk menilai estimasi tingkat risiko terjadinya gangguan kesehatan Gastrointestinal (GI) yang disebabkan oleh keberadaan bakteri *Enterococci* pada perairan pantai tanjung bayang terhadap pengunjung dengan menggunakan pendekatan *Quantitative Microbial Risk Assessment* (QMRA).

#### 2. Tujuan Khusus

- a. Untuk mengetahui persebaran sarana sanitasi dasar tempat sampah dan kamar mandi umum di pantai Tanjung Bayang Kota Makassar
- b. Untuk menghitung besar konsentrasi bakteri pada air pantai tanjung bayang
- c. Untuk mengukur suhu pada air pantai tanjung bayang

Untuk mengukur pH pada air pantai tanjung bayang

Untuk mengukur salinitas pada air tanjung bayang



- f. Untuk menilai probabilitas tingkat risiko terjadinya penyakit Gastrointestinal (GI) terhadap pengunjung akibat menelan air pantai saat berenang yang terkontaminasi bakteri *Enterococci* di air pantai tanjung bayang

## D. Manfaat Penelitian

### 1. Manfaat Ilmiah

Penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk dijadikan sumber informasi dan bahan bacaan untuk memperkaya ilmu pengetahuan dan diharapkan mampu mengembangkan penelitian selanjutnya.

### 2. Manfaat Bagi Instansi Pendidikan

Penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh instansi pendidikan sebagai tambahan referensi dan pengembangan penelitian tentang tingkat risiko kesehatan yang dapat menyebabkan terjadinya penyakit akibat menelan air pantai yang terkontaminasi bakteri *Enterococci* pada wisatawan yang melakukan aktivitas berenang di pantai tanjung bayang kota Makassar.

### 3. Manfaat bagi Instansi Pariwisata dan LPM Area Rekreasi

Penelitian ini dapat dimanfaatkan dan menjadi acuan untuk melakukan pengelolaan tempat rekreasi yang lebih baik untuk menjaga kondisi kesehatan wisatawan yang berkunjung, baik wisatawan lokal

dan mancanegara.



#### 4. Manfaat Masyarakat

Penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat luas dalam mencari bahan sumber bacaan dan informasi mengenai tingkat risiko kesehatan yang dapat disebabkan oleh kontaminasi bakteri yang berada di air permandian di tempat rekreasi umum.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Umum tentang Bakteri *Enterococci*

Bakteri berasal dari kata latin *bacterium* (jamak, *bacteria*), adalah kelompok raksasa dari organisme hidup. Bakteri merupakan organisme prokariot. Umumnya ukuran bakteri sangat kecil, bentuk tubuh bakteri baru dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 1.000x atau lebih. Sel bakteri memiliki panjang yang beragam, sel beberapa spesies dapat berukuran 100 kali lebih panjang daripada sel spesies yang lain (Waluyo, 2004)

Bakteri berbentuk kokus mempunyai diameter 0,5  $\mu$  ada pula yang berdiameter 2,5  $\mu$ . sedangkan bakteri berbentuk basil mempunyai diameter 0,2-2,0  $\mu$  (Waluyo, 2004). *Enterococci* adalah bakteri gram positif, non-motil dan juga berbentuk bulat. Bakteri ini memiliki ciri-ciri yang khas, sehingga lebih mudah dibedakan dengan bakteri-bakteri yang lainnya dan juga merupakan bakteri fakultatif anaerob dengan metabolisme fermentasi dan terbentuk secara non-sporadis. Sel *Enterococci* berbentuk ovoid dan dalam karakteristiknya kadang tunggal, berpasangan atau membentuk rantai yang pendek dan biasanya mengalami elongasi pada arah rantai dengan diameter 0,5-1 $\mu$ m (Wardhana et al., 2008).



Thiercelin pada surat kabar di Perancis pada tahun 1899 menggunakan nama "*Enterocoque*" untuk yang pertama kali, hal tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi organisme pada saluran intestinal. *Enterococci* dipindahkan dari genus *Streptococcus* ke genus *Enterococcus* pada tahun 1980-an berdasarkan perbedaan genetik (Suchitra and Kundabala, 2006).

Bakteri *Enterococcus spp.* di lingkungan perairan dijadikan sebagai indikator kualitas suatu perairan. Selain itu juga merupakan indikator kehadiran bakteri patogen yang lainnya (Suriaman and Juwita, 2008). *Enterococcus spp.* adalah bakteri yang termasuk didalam golongan faecal coliform yang mendiami saluran pencernaan manusia dan hewan berdarah panas yang kemudian keluar dari fases dan merupakan patogen pada manusia (Gaman et al., 1994).

Bakteri *Enterococcus spp.* adalah bakteri Gram positif, katalase negatif, dan tidak membentuk spora dan bersifat pathogen oportunistik. Genus *Enterococcus spp.* sejak 1899 telah diakui organisme usus yang habitatnya di usus manusia maupun hewan (Stiles and Holzapfel, 1997). Bakteri *Enterococcus spp.* merupakan bakteri coliform yaitu bakteri yang hidup di dalam saluran pencernaan manusia bersifat anaerob fakultatif (golongan bakteri intestinal). Bakteri coliform adalah bakteri indikator keberadaan bakteri patogenik lain. Lebih tepatnya, bakteri coliform faekal

bakteri indikator adanya pencemaran bakteri patogen. Penentuan faekal menjadi indikator pencemaran dikarenakan jumlah



koloninya pasti berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen. Jadi, *coliform* adalah indikator kualitas air digunakan sebagai indikator faecal kontaminasi air rekreasi, tetapi juga bisa terisolasi dari lingkungan alam yang belum terkontaminasi oleh bahan tinja.

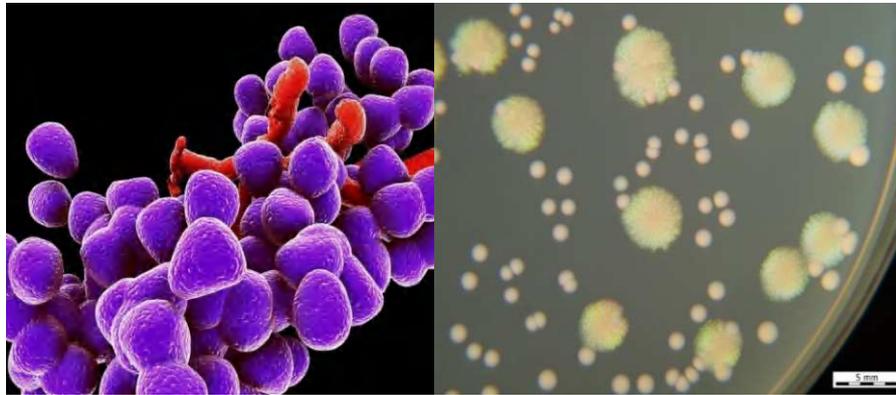
*Enterococcus spp.* dapat tumbuh pada suhu berkisar antara 10 - 45° C, dapat bertahan untuk jangka waktu yang lama pada lingkungan, mentolerir garam yang tinggi dan telah diisolasi dari berbagai lingkungan (Tacconelli and Cataldo, 2008). *Enterococci* juga digunakan sebagai indikator kontaminasi tinja perairan rekreasi di seluruh dunia. Di Amerika Serikat, standar polusi tinja untuk air mandi rekreasi pada awalnya ditetapkan menggunakan konsentrasi total *coliform*, berdasarkan hasil penelitian Layanan Kesehatan Masyarakat Amerika Serikat tentang kesehatan perenang di Danau Michigan di Chicago pada tahun 1948 menemukan fakta bahwa bakteri Gram-negatif terkait hadir secara alami dalam air, standar itu kemudian direvisi menjadi standar *coliform "fecal"*, yang mengasumsikan bahwa hanya sebagian kecil dari total *coliform* yang berasal dari *fecal*.

Pada akhir 1970-an dan awal 1980-an, penelitian kesehatan perenang dilakukan untuk membantu dalam mengidentifikasi organisme indikator tinja baru yang mungkin lebih dapat diandalkan daripada *coliform* tinja. Para peneliti menentukan bahwa konsentrasi *enterococci* yang diukur

di perairan laut rekreasi yang tercemar oleh air limbah yang diolah sangat



berkorelasi dengan jumlah perenang yang menjadi sakit dengan penyakit gastrointestinal (Boehm and Sassoubre, 2014).



**Gambar 2.1.** Bakteri *Enterococci* (<https://pixels.com/>)

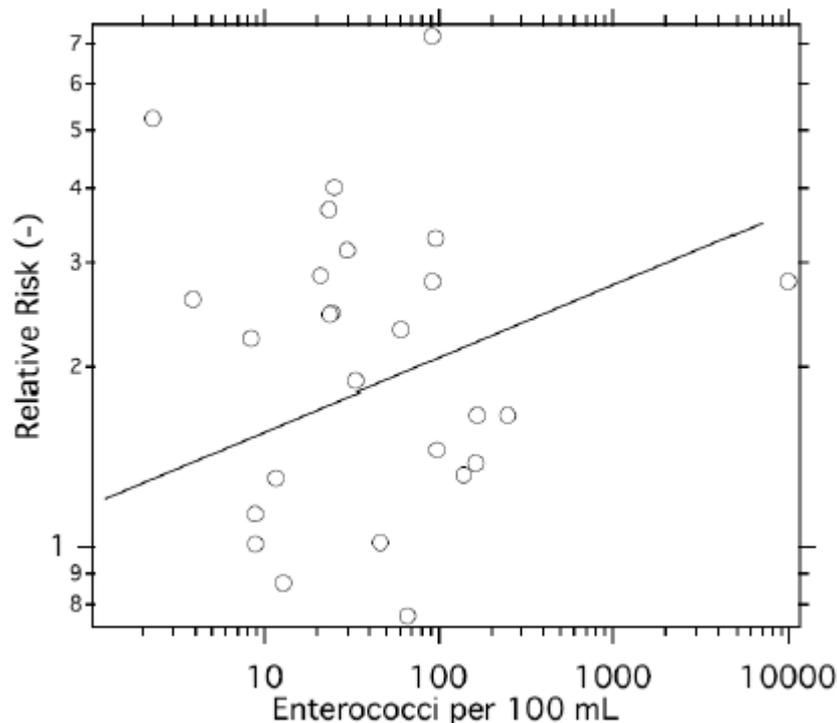
### **Enterococci sebagai Indikator Kontaminasi di Air Rekreasi**

Negara Uni Eropa (UE) menggunakan bakteri *enterococci* sebagai indikator kontaminasi air minum. Di UE, *enterococci* tidak diizinkan berada dalam sampel air minum 100 mL teruji yang mengalir dari keran, dan bakteri tersebut tidak diizinkan dalam sampel air botolan 250 mL. Sebuah hasil meta-analisis yang dilakukan oleh Wade et al. (2003) menemukan bukti untuk hubungan positif antara konsentrasi *enterococcal* dan penyakit gastrointestinal perenang (Gambar 2.2). Hubungan tersebut selanjutnya dikonfirmasi dalam serangkaian studi epidemiologis yang dilakukan di UE Wiedenmann et al. (2005) dan Amerika Serikat Wade et al. (2005), yang mendukung hubungan antara konsentrasi *enterococcal* dan kesehatan

g di rekreasi air tawar dan perairan laut. Dengan bukti ini, AS, UE, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) merekomendasikan bahwa



*enterococci* diadopsi sebagai indikator kualitas air rekreasi dan risiko penyakit perenang.



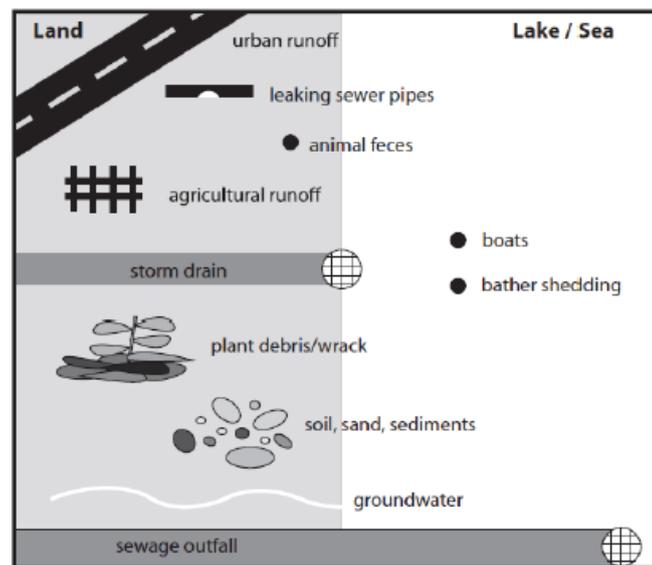
**Gambar 2.2.** Relative Risk Konsentrasi *enterococci* di perairan laut dengan penyakit gastrointestinal (Wade et al., 2003) .

Di AS, kriteria kualitas air rekreasi laut EPA untuk *enterococci* dalam air tidak lebih dari 104 unit pembentuk koloni (CFU) / 100 mL (standar sampel tunggal) dan 35 unit pembentuk koloni / 100 mL (standar rata-rata geometris) (EPA, 2012). Sumber *enterococci* di perairan rekreasi berasal dari air limbah, limpasan pertanian dan perkotaan, stormwater, input langsung oleh hewan melalui buang air besar, perahu, puing-puing, air tanah yang tercemar, tanah, sedimen, dan pasir (Gambar 2.3).

Di masa maju, air limbah biasanya dirawat dengan baik sebelum dibuang



melalui pembuangan yang biasanya terletak jauh dari perairan rekreasi. Input langsung dari air limbah yang tidak diolah, dapat berdampak pada air rekreasi selama peristiwa badai di daerah yang telah menggabungkan luapan selokan dan di wilayah dengan saluran selokan yang bocor (Sercu et al., 2008).



**Gambar 2.3.** Sumber *enterococci* di perairan rekreasi



**Tabel 2.1.** Konsentrasi *enterococci* yang diukur dari beberapa sumber umum untuk perairan rekreasi

Source	Concentration	Reference
Kelp wrack	$10^1$ - $10^4$ CFU/ dry g	(Imamura, Thompson, Boehm, & Jay, 2011)
Sand	$1$ - $10^4$ CFU/g	(Halliday & Gast, 2011; Yamahara, Layton, Santoro, & Boehm, 2007)
Bather shedding	$10^6$ CFU/person	(Elmir, et al., 2007)
Urban runoff	$10^3$ MPN/100 ml	(Reeves, Grant, Mrse, Copil Oancea, & Boehm, 2004)
Stormwater	$0$ - $10^6$ MPN/100 ml	(Olivieri, Boehm, Sommers, Soller, Eisenberg, & Danielson, 2007)
Dog feces	$10^4$ - $10^8$ CFU/g feces	(Wright, Solo-Gabriele, Elmir, & Fleming, 2009)
Bird feces	$10^2$ - $10^6$ CFU/g	(Wright, Solo-Gabriele, Elmir, & Fleming, 2009)
Groundwater	$10^2$ MPN/100 ml	(Boehm, Shellenbarger, & Paytan, 2004)
Raw sewage	$10^5$ MPN/100 ml	(Ahmed, Stewart, Gardner, & Powell, 2008)
Agricultural runoff	$10^3$ MPN/100 ml	(Díaz, O'Geen, & Dahlgren, 2010; Reeves, Grant, Mrse, Copil Oancea, & Boehm, 2004)

Pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi faktor fisika dan kimia. Faktor fisika meliputi suhu dan tekana osmotik, sedangkan faktor kimia adalah pH, sumber karbon, sumber nitrogen, oksigen serta vitamin dan mineral.

### 1. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi kelangsungan hidup bakteri. Suhu yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi menyebabkan bakteri tidak dapat tumbuh (Martinko and Parker, 2006). Suhu minimum menyebabkan terjadinya penggumpalan pada membrane bakteri. Proses transportasi berjalan sangat lambat, sehingga menyebabkan pertumbuhan tidak dapat terjadi. Sedangkan pada suhu minimum menyebabkan terjadinya denaturasi protein, membran plasma rusak dan terjadi lisis. Suhu optimum merupakan suhu terbaik



untuk pertumbuhan bakteri. Suhu optimum menyebabkan terjadinya reaksi enzimatik meningkat sesuai kecepatan pertumbuhan bakteri.

Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan mikroba disebabkan suhu mempengaruhi aktivitas enzim yang mengkatalisis reaksi-reaksi biokimia di dalam sel mikroba. Di bawah suhu optimum, keaktifan enzim di dalam sel mikroba menurun dengan semakin rendahnya suhu, akibatnya pertumbuhan sel juga terhambat.

## 2. pH

Kebanyakan lingkungan memiliki pH antara 5 sampai 9. Bakteri dapat tumbuh bervariasi pada berbagai macam nilai pH. pH medium pertumbuhan memberikan pengaruh langsung pada permeabilitas sel dan aktivitas fisiologis lainnya. Umumnya bakteri memiliki pH optimum pertumbuhan antara 6,5 – 7,5. Namun, hanya beberapa bakteri yang mampu hidup pada pH di bawah 2 ataupun di atas 10. Bakteri yang dapat hidup pada pH di atas 10 disebut alkalifil sedangkan yang dapat hidup pada pH di bawah 2 disebut asidofil (Martinko and Parker, 2006).

Sewaktu bakteri mengalami pertumbuhan, pH dalam media mempengaruhi protein (enzim dan sistem transport) yang terdapat di dalam membrane sel. Struktur protein akan berubah bila pH dalam media berubah. Bakteri memiliki enzim yang berfungsi sempurna pada pH tertentu. Jika pH asam, maka terjadi penghambatan transport ion-ion

ial karena permeabilitas membrane sel terhadap ion hydrogen



naik. Akibatnya sel tidak dapat menghasilkan ATP, terjadi kegagalan proses respirasi, pertumbuhan lambat, hingga akhirnya mati.

### 3. Salinitas

Salinitas merupakan salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme maupun tumbuhan. Bakteri asal laut, moderat halofilik dan halofilik sejati selalu membutuhkan NaCl yang tinggi untuk pertumbuhannya. Pada semua mikroorganisme, NaCl dengan jumlah yang berbeda, sangat penting untuk menjaga fungsi dan keseimbangan seluler. Konsentrasi garam natrium yang sangat tinggi akan merusak fungsi membrane karena dapat menyebabkan terjadinya osmosis. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, sebagian besar bakteri tidak mampu tumbuh lagi. Hal ini disebabkan garam sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroba. Kandungan garam yang tinggi dapat menyebabkan tekanan osmotik yang tinggi sehingga berakibat lisis dari sel mikroba. Selain itu, kandungan garam yang tinggi dapat menyerap air dan sel bakteri sehingga sel menjadi kering. NaCl juga dapat terionisasi menjadi ion  $\text{Cl}^-$  yang berbahaya bagi mikroba, garam dapat mengurangi kelarutan oksigen dalam air, menyebabkan sel lebih sensitive terhadap  $\text{CO}_2$ , dan mengganggu kerja enzim proteolitik dalam sel mikroba.



## **B. Tinjauan Umum tentang Pantai sebagai Objek Wisata**

Pengertian obyek dan daya tarik wisata adalah suatu bentukan dari aktifitas dan fasilitas yang berhubungan, yang dapat menarik minat wisatawan atau pengunjung untuk datang ke suatu daerah atau tempat tertentu. Obyek dan daya tarik wisata sangat erat hubungannya dengan travel motivation dan travel fashion, karena wisatawan ingin mengunjungi serta mendapatkan suatu pengalaman tertentu dalam kunjungannya (Marpaung, 2002).

Potensi wisata merupakan keadaan yang dapat mendukung perkembangan obyek wisata, seperti pemandangan alam yang indah, atraksi budaya, aksesibilitas menuju obyek wisata, kondisi bangunan dan fasilitas yang lengkap, tempat rekreasi, keramahtamahan dan keamanan di sekitar obyek wisata.

Potensi obyek dan daya tarik wisata dibedakan menjadi tiga, yaitu :  
(Hadiwijoyo, 2012)

### 1. Obyek wisata alam

Obyek wisata alam adalah sumber daya alam yang berpotensi serta memiliki daya tarik bagi pengunjung baik dalam keadaan alami maupun setelah ada usaha budidaya. Contohnya : pengelolaan dan pemanfaatan taman nasional, taman wisata, taman hutan raya, dan taman laut.



## 2. Obyek wisata sosial budaya

Obyek wisata sosial budaya dapat dimanfaatkan dan dikembangkan sebagai obyek dan daya tarik wisata meliputi museum, peninggalan sejarah, situs arkeologi, upacara adat, kerajinan dan seni pertunjukan.

## 3. Obyek wisata minat khusus

Obyek wisata minat khusus merupakan jenis wisata yang baru dikembangkan di Indonesia. Wisata ini lebih diutamakan pada wisatawan yang mempunyai motivasi khusus. Contohnya : wisata agro, wisata kesehatan.

Menurut Inskeep (1991), pantai sebagai suatu obyek wisata harus mempunyai 5 unsur penting, yaitu :

### 1. Daya tarik

Daya tarik merupakan faktor utama yang menarik wisatawan mengadakan perjalanan mengunjungi suatu tempat, baik suatu tempat primer yang menjadi tujuan utamanya, atau tujuan sekunder yang dikunjungi dalam suatu perjalanan primer karena keinginannya untuk menyaksikan, merasakan, dan menikmati daya tarik tujuan tersebut.

Daya tarik sendiri dapat diklasifikasikan kedalam daya tarik lokasi yang merupakan daya tarik permanen. Daya tarik suatu obyek wisata agar dikunjungi wisatawan antara lain: Keindahan alam, seperti

pantai, danau, dan sebagainya; Iklim atau cuaca misalnya daerah tropis; Kebudayaan, sejarah, etnik/ kesukuan; dan Kemudahan



pencapaian obyek wisata. Atau dapat juga gabungan dari beberapa komponen di atas.

## 2. Prasarana Wisata

Prasarana wisata ini dibutuhkan untuk melayani mereka (wisatawan) selama perjalanan wisata. Fasilitas ini cenderung berorientasi pada daya tarik wisata di suatu lokasi, sehingga fasilitas ini harus terletak dekat dengan obyek wisatanya. Prasarana wisata cenderung mendukung kecenderungan perkembangan pada saat yang bersamaan. Prasarana wisata terdiri dari :

### b. Prasarana Akomodasi

Prasarana akomodasi ini merupakan fasilitas utama yang sangat penting dalam kegiatan wisata. Proporsi terbesar dari pengeluaran wisatawan biasanya dipakai untuk kebutuhan menginap, makan dan minum. Daerah wisata yang menyediakan tempat istirahat yang nyaman dan mempunyai nilai estetika tinggi, menu yang cocok, menarik, dan asli daerah tersebut merupakan salah satu yang menentukan sukses tidaknya pengelolaan suatu daerah wisata.

### c. Prasarana Pendukung

Prasarana pendukung harus terletak ditempat yang mudah dicapai oleh wisatawan. Pola gerakan wisatawan harus diamati atau diramalkan untuk menentukan lokasi yang optimal mengingat

sarana pendukung akan digunakan untuk melayani mereka.



Jumlah dan jenis prasarana pendukung ditentukan berdasarkan kebutuhan wisatawan.

### 3. Sarana Pariwisata

Sarana Wisata merupakan kelengkapan daerah tujuan wisata yang diperlukan untuk melayani kebutuhan wisatawan dalam menikmati perjalanan wisatanya. Pembangunan sarana wisata di daerah tujuan wisata maupun obyek wisata tertentu harus disesuaikan dengan kebutuhan wisatawan, baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Lebih dari itu, selera pasar pun dapat menentukan tuntutan berbagai sarana yang dimaksud. Berbagai sarana wisata yang harus disediakan di daerah tujuan wisata antara lain biro perjalanan, alat transportasi, dan alat komunikasi, serta sarana pendukung lainnya. Tak semua obyek wisata memerlukan sarana yang sama atau lengkap. Pengadaan sarana wisata tersebut harus disesuaikan dengan kebutuhan wisatawan.

### 4. Infrastruktur

Infrastruktur adalah situasi yang mendukung fungsi sarana dan prasarana wisata, baik yang berupa sistem pengaturan maupun bangunan fisik diatas permukaan tanah dan dibawah tanah, seperti: sistim pengairan, sumber listrik dan energi, sistem jalur angkutan dan terminal, sistem komunikasi, serta sistem keamanan atau pengawasan.

Infrastruktur yang memadai dan terlaksana dengan baik di daerah tujuan

akan membantu meningkatkan fungsi sarana wisata, sekaligus membantu masyarakat dalam meningkatkan kualitas hidupnya.



## 5. Manusia, Lingkungan dan Budaya

Daerah dan tujuan wisata yang memiliki berbagai obyek dan daya tarik wisata akan mengundang kehadiran wisatawan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam kaitannya dengan masyarakat, lingkungan dan budaya adalah sebagai berikut :

### a. Masyarakat

Masyarakat di sekitar obyek wisata adalah yang akan menyambut kehadiran wisatawan tersebut, sekaligus akan memberikan layanan yang diperlukan oleh para wisatawan. Layanan yang khusus dalam penyajiannya serta mempunyai kekhasan sendiri akan memberikan kesan yang mendalam. Untuk itu masyarakat di sekitar obyek wisata perlu mengetahui berbagai jenis dan kualitas layanan yang dibutuhkan oleh para wisatawan.

### b. Lingkungan

Disamping masyarakat di sekitar obyek wisata, lingkungan alam di sekitar obyek wisata pun perlu diperhatikan dengan seksama agar tak rusak dan tercemar. Lalu-lalang manusia yang terus meningkat dari tahun ke tahun dapat mengakibatkan rusaknya ekosistem dari fauna dan flora di sekitar obyek wisata. Oleh sebab itu perlu adanya upaya untuk menjaga kelestarian lingkungan melalui penegakan berbagai aturan dan persyaratan dalam pengelolaan suatu obyek wisata.



### c. Budaya

Lingkungan masyarakat dalam lingkungan alam di suatu obyek wisata merupakan lingkungan budaya yang menjadi pilar penyangga kelangsungan hidup suatu masyarakat. Oleh karena itu lingkungan budaya ini pun kelestariannya tak boleh tercemar oleh budaya asing, tetapi harus ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan kenangan yang mengesankan bagi setiap wisatawan yang berkunjung.

Pantai secara umum diartikan sebagai batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Pantai merupakan daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air pasang surut terendah. Daerah pantai sering juga disebut daerah pesisir atau wilayah pesisir. Daerah pantai atau pesisir adalah suatu daratan beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih dipengaruhi baik oleh aktivitas darat maupun oleh aktivitas kelautan.



Gambar 2.4. Pantai sebagai objek wisata (<https://www.ksmtour.com>)

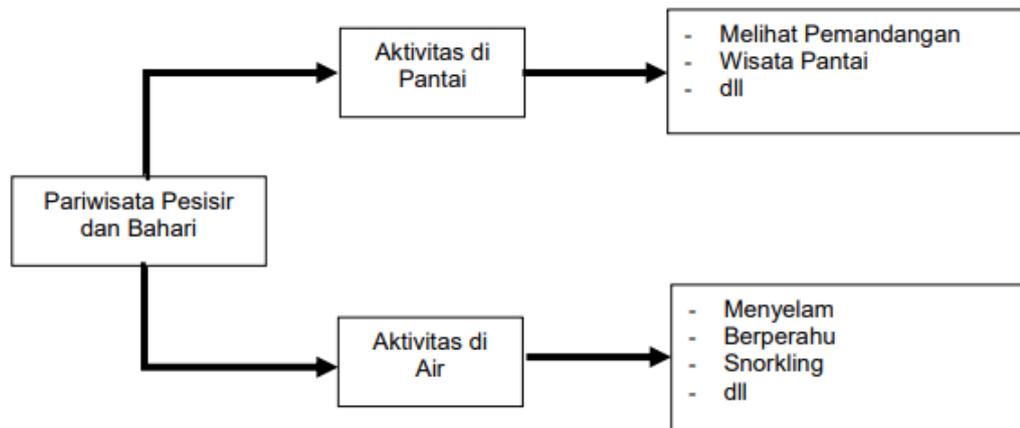


Menurut Dahuri et al. (2008), pariwisata pesisir adalah kegiatan rekreasi yang dilakukan di sekitar pantai seperti : berenang, berselancar, berjemur, berdayung, menyelam, snorkling, beachomping/reef walking, berjalan – jalan atau berlari sepanjang pantai, menikmati keindahan suasana pesisir dan bermeditasi. Dahuri menyatakan bahwa pariwisata pesisir diasosiasikan dengan “3S” (sun, sea dan sand) yaitu jenis pariwisata yang menyediakan keindahan dan kenyamanan alami dari kombinasi cahaya matahari, laut dan pantai berpasir bersih.

Dalam kegiatan pariwisata aspek lingkungan merupakan bagian yang harus diperhatikan. Strategi pariwisata yang berhasil adalah terpenuhinya manfaat maksimal ketika preservasi lingkungan terlaksana dengan dengan baik. Manfaat maksimal dari kegiatan pariwisata tersebut diindikasikan oleh adanya sejumlah kunjungan turis atau wisatawan baik dari luar maupun dalam negeri dari objek wisata yang dimaksud.

Timothy and Boyd (2003), menyatakan bahwa konsep pariwisata pesisir (coastal tourism) adalah hal – hal yang terkait dengan kegiatan wisata, hal – hal yang menyenangkan dan aktivitas rekreasi yang dilakukan di wilayah pesisir dan perairannya. Sementara itu, Orams (2002) mendefinisikan pariwisata bahari (marine tourism) sebagai aktivitas rekreasi yang meliputi perjalanan dari satu tempat ke tempat lain dan fokus pada lingkungan pesisir.





**Gambar 2.5.** Kerangka Pariwisata pesisir dan bahari (Timothy and Boyd, 2003)

Pariwisata pantai merupakan bagian dari wisata pesisir yang memanfaatkan pantai sebagai objek dan daya tarik pariwisata yang dikemas dalam paket wisata. Pariwisata pantai meliputi semua kegiatan wisata yang berlangsung di daerah pantai seperti menikmati keindahan alam pantai, olahraga pantai, sun bathing, piknik, berkemah dan berenang di pantai. Pada perkembangannya, jenis kegiatan wisata yang dapat dilakukan di pantai sangat beragam tergantung pada potensi dan arah pengembangan wisata di suatu kawasan pantai tertentu.

Kualitas perairan pantai sangat dipengaruhi oleh aktivitas-aktivitas di sekitarnya. Bahan-bahan pencemar dari daratan masuk ke perairan arus pasang surut setiap harinya. Bahan-bahan ini akan terperangkap dan terakumulasi serta terabsorpsi di perairan pantai. Penetapan standar batas mutu minimal yang harus dipenuhi telah ditentukan baik standar internasional, standar nasional maupun standar



perusahaan. Didalam Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor : Kep. 51/MEN.KLH/2004 tentang baku mutu air laut diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu baku mutu air laut untuk perairan pelabuhan, baku mutu air laut untuk wisata bahari dan baku mutu air laut untuk biota laut.

#### 1. Suhu

Suhu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (latitude), ketinggian dari permukaan air laut (altitude), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran dan kedalaman air (Effendi, 2003). Air buangan yang bersuhu tinggi biasanya berasal dari limbah pembangkit tenaga yang besar. Apabila dibuang langsung ke perairan umum dalam jumlah yang besar dan terus menerus akan membahayakan kehidupan organisme perairan.

#### 2. Kekeruhan

Kekeruhan mencirikan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (Effendi, 2003). Kondisi air keruh yang diakibatkan padatan tersuspensi akan mempengaruhi kemampuan penetrasi sinar matahari, kekeruhan juga dapat menyebabkan air menjadi tidak produktif karena dapat menghambat penetrasi cahaya matahari (Riyadi et al, 2011).



### 3. Salinitas

Salinitas adalah jumlah (gram) zat-zat terlarut dalam satu kilogram air laut, dimana semua karbonat telah diubah menjadi oksida, brom dan iod diganti oleh klor dan semua bahan organik yang dioksidasi sempurna. Beberapa faktor yang mempengaruhi distribusi salinitas di perairan, diantaranya penguapan, curah hujan, aliran sungai dan pola sirkulasi air. Suatu perairan dengan penguapan yang tinggi memiliki salinitas yang lebih besar dibandingkan perairan yang memiliki tingkat curah hujan yang tinggi dan dipengaruhi oleh aliran sungai (Riyadi et. al, 2011).

### 4. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman adalah ukuran untuk menentukan sifat perairan apakah asam atau basa. Perubahan pH di suatu perairan akan berpengaruh pada proses fisika, kimia maupun biologi dari kehidupan organisme akuatik. Air buangan yang mengandung pH yang tinggi atau rendah dapat mengakibatkan kematian mikroorganisme yang diperlukan. Nilai pH lebih rendah pada pagi hari bila dibandingkan sore hari.

### 5. Minyak, sampah, dan Bau

Minyak memasuki lingkungan perairan melalui berbagai cara, seperti tumpahan dari kilang atau limbah effluent dari lingkungan terestrial dan sebagainya. Tumpahan minyak di laut memiliki efek

dapat komunitas plankton. Pertama, fisiologis langsung, dapat menyebabkan penurunan efisiensi fotosintesis karena adanya



penambahan fraksi minyak di kolom air. Kemudian efek tidak langsung yang dapat menyebabkan perubahan dalam interaksi trofik dalam komunitas plankton mikroba (Gonzalez et al, 2009). Polusi minyak dapat mempengaruhi sumberdaya pesisir dan laut dengan berbagai cara. Misalnya, paparan minyak dan hidrokarbon lainnya dapat mempengaruhi pertumbuhan, makan, perkembangan dan reproduksi organisme perairan. Sampah laut merupakan limbah bahan padat sisa suatu proses atau produksi, baik secara langsung maupun tidak langsung, mayoritas sampah berupa sampah plastik, dan bersifat persisten dilingkungan perairan dalam jangka waktu yang panjang (Derraik, 2002). Keberadaan sampah dilaut yang mengapung dan menimbulkan bau akan menimbulkan gangguan estetika. Kualitas estetika yang sudah menurun akan mengganggu kenikmatan bagi wisatawan untuk berwisata.

Perencanaan dan pengembangan yang berwawasan lingkungan perlu dilakukan mengingat tingginya minat masyarakat terhadap kegiatan ekowisata dan rawannya kondisi ekologis pantai. Perencanaan pengembangan ekowisata ditentukan oleh keseimbangan potensi sumberdaya alam dan jasa yang dimiliki serta minat ekowisatawan. Situmorang (2001) menyatakan bahwa perencanaan kawasan ekowisata yang berwawasan lingkungan merupakan suatu perencanaan jangka panjang, karena tujuan dari perencanaan ini adalah untuk melestarikan

an dan melindunginya. Hal – hal yang perlu dilakukan antara lain :



1. Identifikasi sumberdaya dan area yang bisa dikembangkan sebagai kawasan ekowisata.
2. Merencanakan kawasan dengan meminimumkan dampaknya terhadap lingkungan maupun penduduk sekitar.
3. Mengundang wisatawan yang sesuai (jumlah maupun karakteristiknya) dengan daya dukung alam yang ada.

### **C. Tinjauan Umum tentang *Quantitative Microbial Risk Assessment***

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).

*Environmental Protection Agency* (EPA (2012) mendefinisikan risiko kesehatan manusia sebagai kemungkinan terjadinya gangguan kesehatan pada manusia yang disebabkan oleh terpaparnya pada serangkaian paparan bahaya lingkungan. Sedangkan WHO (2003), mendefinisikan penilaian analisis risiko sebagai proses yang dimaksudkan untuk menghitung atau memperkirakan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau sub populasi termasuk mengidentifikasi ketidakpastian yang

tingga, setelah terpajan oleh agen tertentu dengan memperhatikan



karakteristik yang melekat pada penyebab (agent) yang sedang dikaji dan karakteristik sistem sasaran yang spesifik.

Penilaian risiko mikroba merupakan sebuah alat atau metode yang perlu untuk diketahui, untuk 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 mendapatkan informasi baru mengenai identifikasi dan mekanisme terjadinya penularan mikroba patogen, paparan 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).

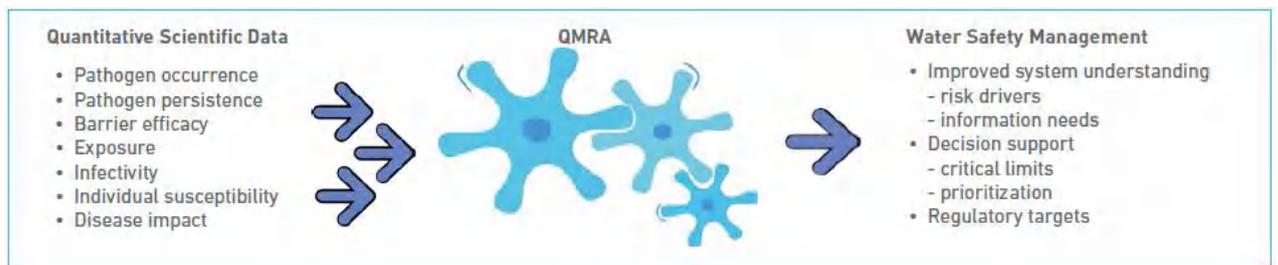
*Quantitative Microbial Risk Assessment* (QMRA) merupakan sebuah pendekatan penilaian risiko formal kuantitatif yang menggabungkan pengetahuan ilmiah tentang keberadaan dan sifat patogen, nasib potensial patogen tersebut dan transportasi dalam siklus air, rute paparan manusia dan efek kesehatan yang 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 utilitas atau 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 semikuantitatif yang diperkenalkan di atas. 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 2.6.** Skema gabungan data ilmiah kuantitatif yang terkait dengan jalur penyakit terkait air untuk mendukung manajemen keselamatan air menggunakan QMRA (WHO, 2016).



Penilaian risiko harus mempertimbangkan beberapa karakteristik bahaya dari mikroorganisme, yaitu sebagai berikut :

1. Infektivitas, yaitu kemampuan mikroorganisme untuk masuk, bertahan hidup dan berkembang biak di dalam host.
2. Invasif, yaitu kemampuan untuk menurunkan dan berpindah melalui matriks ekstraseluler dan menyerang sel-sel host.
3. Virulensi, yaitu kemampuan mikroorganisme untuk mengalahkan pertahanan host, dengan meningkatkan keparahan dan keberlangsungan gejala.
4. Patogenisitas, yaitu kemampuan untuk menyebabkan keadaan sakit. Patogenisitas merupakan efek kumulatif dari virulensi dan invasif.
5. Replikasi, yaitu kemampuan mikroorganisme untuk berkembang biak dalam lingkungan atau host.
6. Persistensi, yaitu kemampuan mikroorganisme untuk bertahan hidup di lingkungan atau host.
7. Resistensi, yaitu kemampuan mikroorganisme untuk bertahan terhadap proses pengolahan air, seperti klorinasi.

Selain itu, terdapat beberapa faktor host yang harus dipertimbangkan dalam melakukan penilaian risiko, yaitu (EPA, 2012) :

1. Umur/kelompok umur

Kelompok umur mengacu pada kerangka waktu dalam kehidupan tiap

individu ditandai dengan karakteristik fisiologis yang berkaitan dengan perkembangan dan pertumbuhan. Anak-anak dan orang tua biasanya



dianggap lebih rentan karena ketidakistimewaan atau kelemahan potensial lainnya dalam sistem kekebalan tubuh mereka dan berkurangnya kemampuan untuk memulihkan diri.

## 2. Kehamilan

Wanita hamil dan bayi dianggap sensitive dan merupakan kelompok umur yang paling rentan. Alasan yang mendasari peningkatan kerentanan ini disebabkan pengaruh kehamilan pada sistem kekebalan tubuh. Kehamilan juga dapat mengubah pola pajanan, misalnya konsumsi air di wanita hamil lebih tinggi dari pada populasi umum.

## 3. Imunitas tubuh

Sistem kekebalan tubuh memainkan peran penting dalam mempengaruhi efek kesehatan yang ditimbulkan oleh mikroorganisme patogen. Pajanan sebelumnya dapat memberikan kekebalan protektif atau kekebalan tahan lama (terutama virus), sebaliknya tingkat infeksi dan penyakit bisa lebih tinggi dari seharusnya bagi individu atau poulasi yang belum pernah terpapar.

## 4. Mikrobiata alami

Kehadiran mikroba memberikan persaingan yang dapat mempengaruhi dampak organisme patogen dalam menekan host.

## 5. Nutrisi

Status gizi host mempengaruhi sistem kekebalan tubuh. Individu yang

angan gizi cenderung memiliki pertahanan kekebalan yang lemah dibandingkan individu dengan gizi baik.



## 6. Mekanisme pembersihan

Tubuh manusia memiliki sistem pembersihan untuk mengeluarkan partikel asing dari jaringan tubuh. Misalnya, sistem pembersihan hidung dan mulut dapat mengeluarkan udara yang berbahaya, mekanisme pembersihan usus untuk mengapus pathogen gastrointestinal.

## 7. Faktor genetik

Faktor genetik tertentu dapat meningkatkan sebuah sensitivitas individu terhadap pathogen tertentu. Beberapa faktor genetik yang mempengaruhi dinamika pathogen dapat dihubungkan dengan ras, yang dapat dipertimbangkan dalam karakterisasi bahaya dan dosis-respon.

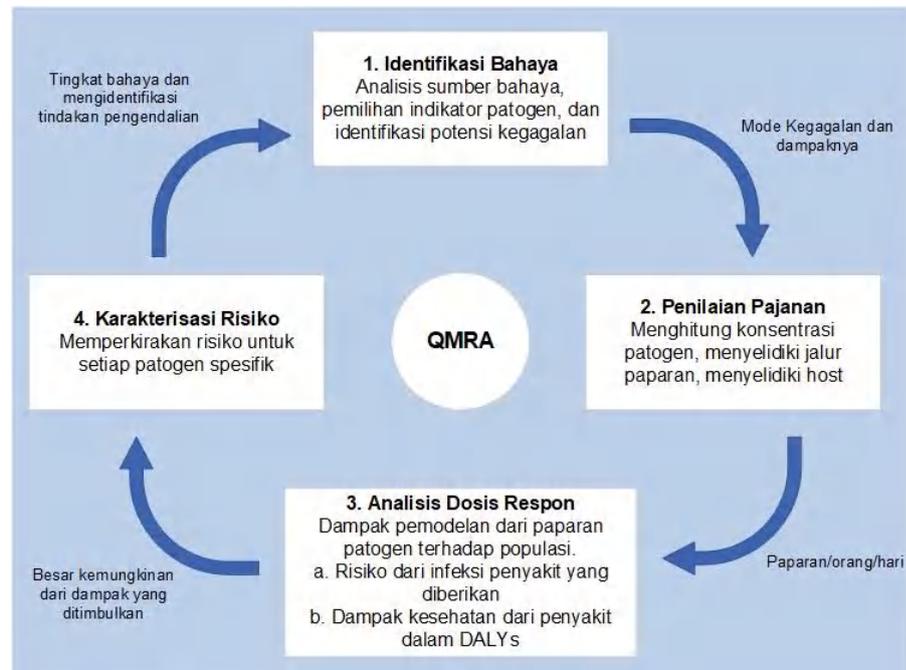
## 8. Status *carrier*

Sebagian manusia berfungsi sebagai *carrier* mikroorganisme pathogen dan perlu dipertimbangkan ketika memperkirakan potensi penyebaran pathogen, terutama ketika *carrier* dapat berinteraksi dengan host yang dianggap rentan.

## 9. Ciri sosial dan perilaku

Ciri sosial dan perilaku terutama mempengaruhi pola paparan. Misalnya, kebiasaan populasi dalam melakukan aktivitas renang dan secara tidak sengaja menelan air laut.





**Gambar 2.7.** 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/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 hubungan dosis-respons; dan karakterisasi risiko (Balderrama et al., 2014, Carducci et al., 2016). 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 HAZ ID, 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 pajanan 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). Bahaya dianggap sebagai infeksi setelah terhirup atau terpapar bakteri diudara yang hadir dalam bioaerosol dalam ruang di suatu Rumah Sakit. Bakteri sebagian besar tersebar luas di

, bahaya ini dapat mewakili bahaya terhadap bakteri secara umum berasal dari bioaerosol (Carducci et al., 2016).



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

Dosis-respons ditujukan untuk karakterisasi matematis dari hubungan antara dosis yang diberikan dan kemungkinan infeksi/penyakit/kematian pada populasi yang terpajan (Haas et al., 2014).

Penilaian dosis-respons dalam MRA bertujuan untuk membangun hubungan antara dosis patogen yang terpapar individu atau populasi dan kemungkinan efek kesehatan yang merugikan misalnya Infeksi, penyakit dan kematian. Pemodelan dosis-respons adalah proses menggunakan hubungan matematika yang memberikan gambaran probabilitas efek kesehatan yang merugikan misalnya infeksi atau penyakit yang terjadi pada individu atau frekuensi efek kesehatan yang merugikan dalam suatu populasi ketika individu atau populasi tersebut terpapar pada dosis spesifik mikroorganisme patogen. Tingkat dosis yang dapat diukur dalam hal jumlah organisme (CFU) (EPA, 2012).

## 3. Penilaian Paparan (*Exposure Assessment*)

Penilaian paparan adalah upaya untuk menentukan ukuran dan sifat paparan yang terpajan, rute, konsentrasi, dan distribusi mikroorganisme serta durasi paparan (Haas et al., 2014). Tujuan dari penilaian paparan dalam QMRA adalah untuk menentukan rute,

frekuensi, durasi, dan besarnya (jumlah) paparan terhadap bahaya



mikroba melalui jalur dan kejadian berbahaya dalam suatu populasi (EPA, 2012).

Sumber pajanan dapat berasal dari peristiwa alam ataupun kegiatan antropogenik, atau lokasi yang menghasilkan atau melepaskan bahaya mikroba. Penilaian pajanan merupakan proses memperkirakan atau mengukur besar frekuensi dan durasi pajanan bahaya mikroba, serta jumlah dan karakteristik dari orang atau populasi terpajan. Dalam tahap ini, data kualitatif dan kuantitatif dapat digunakan, namun data kuantitatif lebih baik dalam penilaian risiko. Penilaian pajanan menggambarkan sumber, jalur, rute dan ketidakpastian pajanan. Frekuensi pajanan menggambarkan seberapa sering orang terkena pajanan. Durasi adalah lama waktu seseorang terpajan bahaya lingkungan. Pendekatan beta poisson telah banyak diterapkan untuk menggambarkan hubungan dosis respon untuk QMRA dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{inf} = 1 - \left(1 + \frac{d}{\beta}\right)^{-\alpha}$$

Keterangan :

$P_{inf}$  = Probabilitas infeksi

$d$  = dosis/ volume organisme tertelan

$\beta$  = nilai ketetapan untuk setiap parameter organisme spesifik



Untuk mengetahui risiko infeksi dalam 1 tahun, maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{inf/year} = 1 - (1 - P_{inf})^n$$

Keterangan :

n = jumlah perkiraan hari dalam mengkonsumsi air/ makanan dalam setahun.

Populasi terpapar dalam penilaian risiko memiliki risiko terkena infeksi yang berbeda-beda. WHO mengkategorikan 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

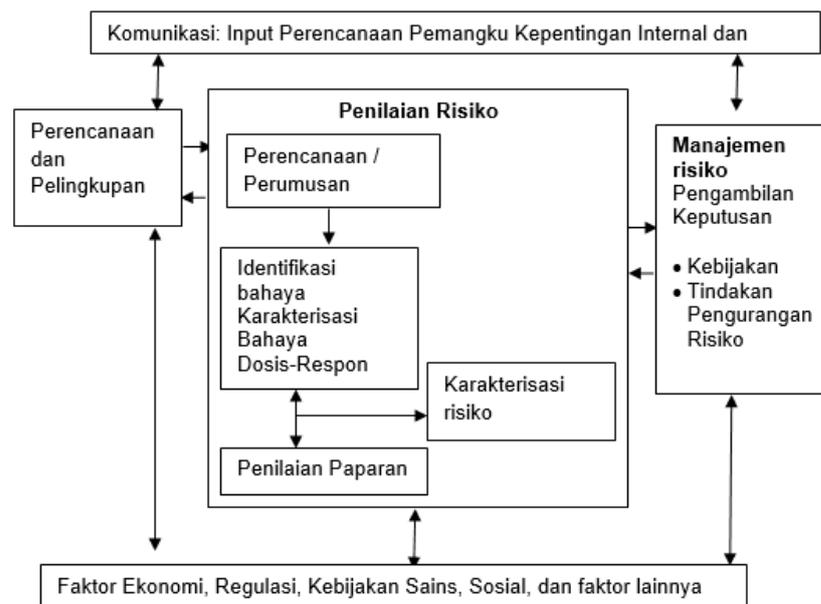
#### 4. Karakterisasi Risiko (Risk Characterization)

Karakterisasi risiko adalah integrasi data pada identifikasi paparan, dosis-respons, dan paparan untuk memperkirakan besarnya risiko terhadap kesehatan masyarakat dan untuk memahami probabilitas



bahwa hal itu akan terjadi serta variabilitas dan ketidakpastian hasil yang diprediksi (Haas et al., 2014).

Karakterisasi risiko adalah komponen yang mengintegrasikan proses penilaian risiko yang mengkarakterisasi atau menggambarkan dan merangkum risiko kesehatan terhadap mikroba. Karakterisasi risiko membahas skenario, model, parameter, data, dan opsi analisis yang harus dipahami dan dipertimbangkan oleh manajer risiko ketika menginterpretasikan hasil penilaian risiko (EPA, 2012).



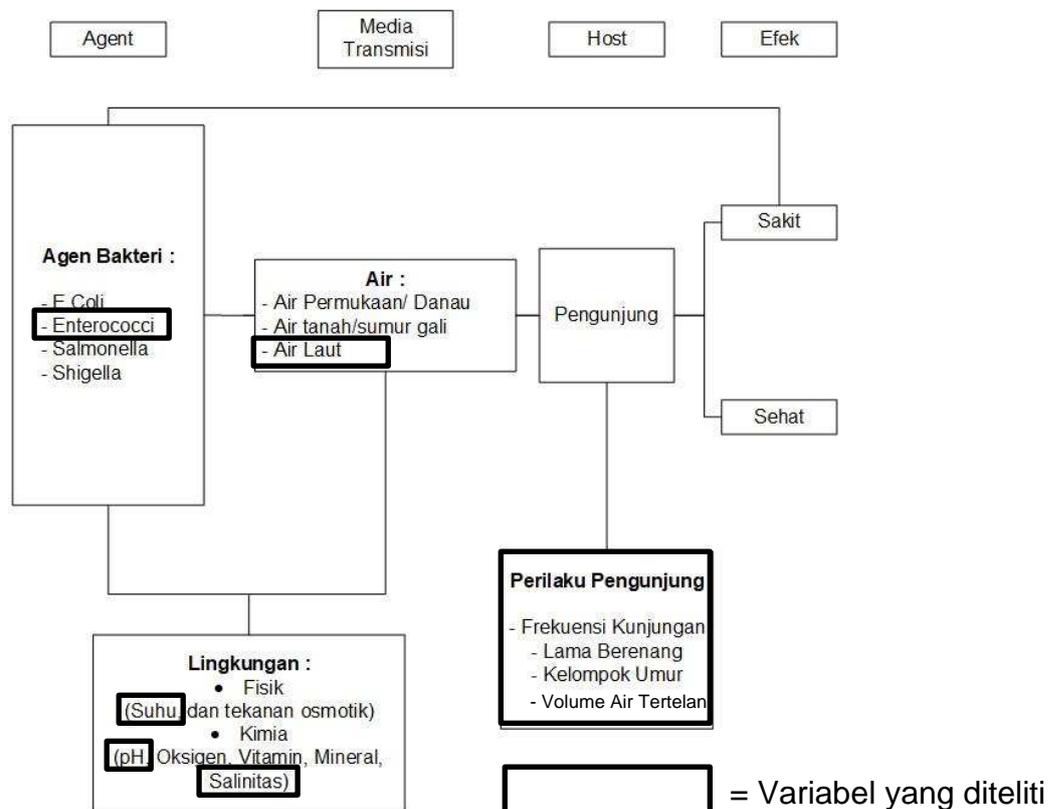
**Gambar 2.8.** Kerangka Penilaian Risiko dan Hubungannya dengan Komponen Lain dari Analisis Risiko (EPA, 2012)

#### D. Kerangka Teori

Teori yang menjadi landasan dalam penelitian ini mengacu pada teori simpul, yaitu suatu gambaran hubungan interaktif manusia 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), simpul 3 (penduduk dengan variabel kependudukan seperti pendidikan, perilaku, kepadatan, gender, dan simpul 4 (keadaan sehat atau sakit setelah mengalami interaksi dengan komponen lingkungan yang mengandung bibit penyakit atau agent penyakit).



**Gambar 2.9.** Modifikasi Teori Simpul (Achmadi, 2012)

Berdasarkan gambaran skematik tersebut di atas, maka patogenesis dapat diuraikan ke dalam empat simpul, yakni :



### **Simpul 1: Agent Penyakit**

Agent penyakit adalah komponen lingkungan yang dapat menimbulkan gangguan penyakit melalui kontak secara langsung atau melalui media perantara (yang juga komponen lingkungan). Berbagai agent penyakit yang baru maupun lama dapat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok besar, yaitu :

1. Mikroba, seperti virus, amuba, jamur, bakteri, parasit, dan lain-lain.
2. Kelompok fisik, misalnya kekuatan radiasi, energi kebisingan, kekuatan cahaya.
3. Kelompok bahan kimia toksik, misalnya pestisida, Merkuri, Cadmium, CO, H<sub>2</sub>S dan lain-lain.

Dalam penelitian ini, bakteri *enterococci* merupakan agent penyakit yang merupakan bakteri pathogen adanya pencemaran di air laut.

### **Simpul 2: Media transmisi penyakit**

Media transmisi penyakit merupakan komponen yang dapat dijadikan perantara oleh agent dalam memindahkan penyakit ke dalam tubuh manusia. Komponen tersebut, yaitu air, udara, tanah/pangan, binatang/serangga, manusia/langsung. Media transmisi tidak akan memiliki potensi penyakit jika di dalamnya tidak mengandung bibit penyakit atau agent penyakit. Pada penelitian ini, air laut merupakan media transmisi yang diyakini dapat menularkan penyakit kepada manusia.



### **Simpul 3: Perilaku pemajanan**

Agent penyakit dengan atau tanpa menumpang komponen lingkungan lain, masuk ke dalam tubuh melalui satu proses yang kita kenal dengan hubungan interaktif. Hubungan interaktif antara komponen lingkungan dengan manusia berikut perilakunya, dapat diukur dalam konsep yang disebut sebagai perilaku pemajanan atau *behavioural exposure*. Pada penelitian ini, paparan bakteri *enterococci* penyebab penyakit diare terjadi melalui jalur ingesti ketika pengunjung berenang dan menelan air secara tidak sengaja. Perilaku pengunjung yang menjadi variabel dalam penelitian ini adalah frekuensi kunjungan, lama berenang, dan jumlah volume air yang tertelan yang diukur berdasarkan estimasi dari penelitian yang dilakukan oleh dufour et al. (2017).

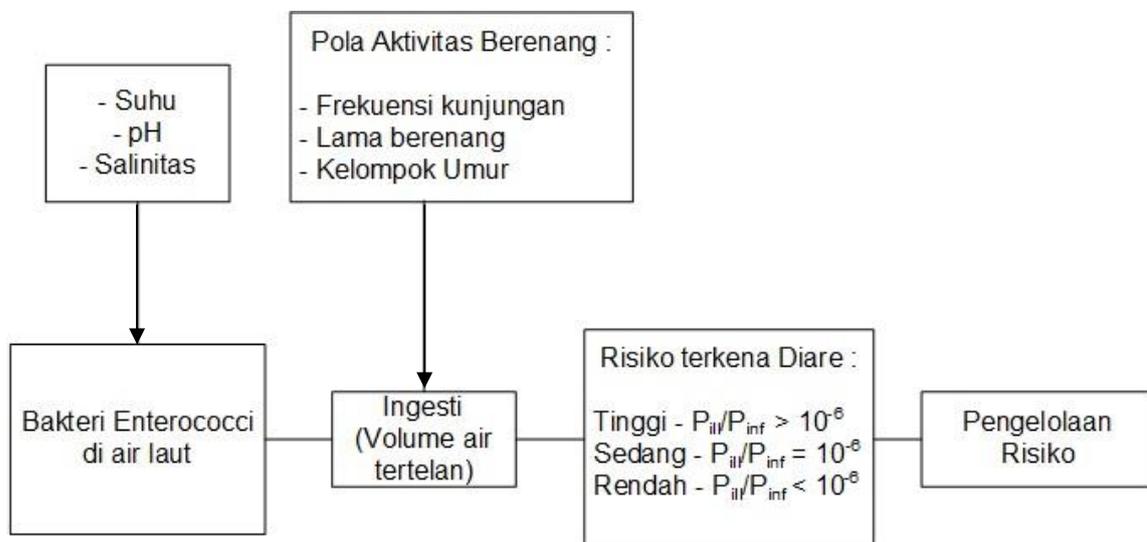
### **Simpul 4 : Kejadian Penyakit**

Kejadian penyakit merupakan outcome hubungan interaktif penduduk dengan lingkungan yang memiliki potensi bahaya gangguan kesehatan, yang bergantung pada intensitas hubungan interaktif antara simpul 2 dan simpul 3. Diare merupakan penyakit yang disebabkan akibat menelan air laut ketika berenang yang terkontaminasi dengan bakteri *enterococci*.



### E. Kerangka Konsep

Menurut Notoatmodjo (2010), kerangka konsep merupakan formulasi atau simplikasi dari kerangka teori yang mendukung suatu penelitian dan menggambarkan hubungan antar variabel yang diteliti. Sedangkan variabel didefinisikan sebagai karakteristik subjek penelitian yang berubah dari satu subjek ke subjek lain (Sastrasmoro, 2002).



**Gambar 2.10.** Kerangka Konsep Penelitian



## F. Definisi Operasional

Definisi operasional adalah definisi berdasarkan karakteristik yang dapat diamati (diukur) sehingga memungkinkan peneliti untuk melakukan observasi atau pengukuran secara cermat terhadap suatu objek atau fenomena (Nursalam, 2008). Berikut beberapa definisi operasional yang menjadi variabel dalam penelitian ini.

**Tabel 2.2.** Definisi Operasional Penelitian

No	Variabel	Definisi Operasional	Alat dan Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
1	Pengunjung Pantai Tanjung Bayang	Setiap orang yang melakukan kunjungan rekreasi di Pantai Tanjung bayang kota Makassar selama kegiatan penelitian berlangsung.	-	-	-
2	Berenang	Kegiatan rekreasi yang dilakukan pengunjung pantai tanjung bayang dimana seluruh anggota tubuh terkena/terbenam oleh air selama penelitian berlangsung	-	-	-
	trasi occi	Jumlah bakteri <i>enterococci</i> yang dihitung berdasarkan pemeriksaan di Laboratorium	Pemeriksaan Laboratorium menggunakan	CFU/ 100 mL air	Ordinal



No	Variabel	Definisi Operasional	Alat dan Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
		Mikrobiologi Kedokteran Unhas menggunakan	pemeriksaan gram dan uji biokimia		
4	Suhu	Besaran fisika yang menunjukkan derajat panas dingin air pantai tanjung bayang yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri selama penelitian berlangsung	Alat ukur : Thermometer	1. Dingin : $\leq 17^{\circ}\text{C}$ 2. Sejuk : $18 - 26^{\circ}\text{C}$ 3. Hangat : $27 - 34^{\circ}\text{C}$ 4. Panas : $35 - 41^{\circ}\text{C}$ 5. Sangat Panas : $\geq 42^{\circ}\text{C}$  (Asmadi, 2008)	Ordinal
5	pH	Ukuran konsentrasi ion hydrogen yang menunjukkan keasaman atau kebasaan air pantai tanjung bayang yang dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri selama penelitian berlangsung	Alat ukur : pH meter	1. Asam : $> 7$ 2. Netral : $7$ 3. Basa : $> 7$	Nominal
6	Salinitas	Tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air pantai tanjung bayang selama penelitian berlangsung	Alat ukur : Refraktometer	Salinitas dinyatakan dalam satuan ppt atau permil (o/oo)	Ordinal
7	Umur	jumlah tahun yang telah dilalui responden sejak lahir saat penelitian berlangsung	Alat ukur : kuesioner Cara ukur : wawancara	1. Anak-anak (6 – 10 tahun) 2. Remaja (11 – 15 tahun) 3. Dewasa ( $\geq 16$ tahun)	Ordinal



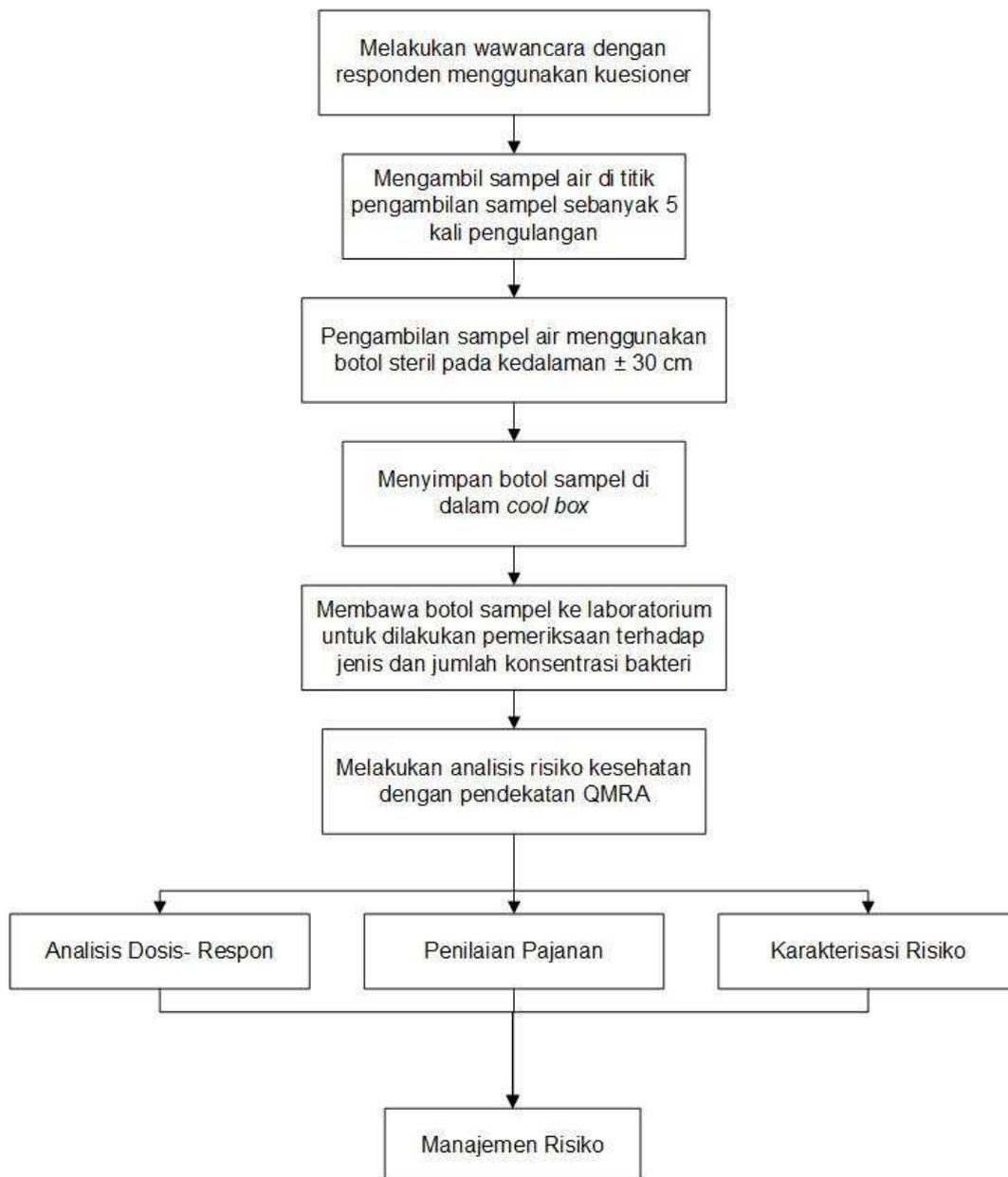
No	Variabel	Definisi Operasional	Alat dan Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
				(Dufour et al, 2017)	
8	Jenis Kelamin	Perbedaan biologis yang dimiliki oleh responden	Alat ukur : kuesioner Cara ukur : observasi	1. Perempuan 2. Laki-laki	Nominal
9	Volume Air Tertelan	Jumlah atau banyaknya air yang tertelan saat melakukan aktivitas berenang di pantai tanjung bayang oleh responden yang dinyatakan dalam satuan milliliter (mL)	Cara ukur : estimasi berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Dufour et al, 2017)	1. Anak-anak dan remaja (6 – 15 tahun) : 24 mL / jam / kegiatan berenang 2. Dewasa ( $\geq$ 16 tahun) : 12 mL / jam / kegiatan berenang	Nominal
10	Frekuensi Kunjungan	Intensitas kunjungan responden ke tempat rekreasi pantai tanjung bayang untuk melakukan aktivitas berenang	Alat ukur : kuesioner Cara ukur : wawancara	1. sekali dalam seminggu 2. Sekali dalam sebulan 3. Sekali dalam 6 bulan 4. Sekali dalam 1 tahun 5. Lainnya	Ordinal
11	Lama Aktivitas Berenang	Lama waktu yang dihabiskan responden dalam melakukan aktivitas berenang di pantai tanjung bayang	Alat ukur : kuesioner Cara ukur : wawancara	1. 15 – 30 menit 2. 31 – 60 menit 3. > 60 menit 4. Lainnya	Ordinal
	ilitas Sakit	Tingkat prakiraan besarnya kemungkinan terjadinya penyakit diare pada responden akibat	Cara ukur : perhitungan menggunakan QMRA	1. Tinggi Pill/Pinf > 10-6 2. Sedang	Ordinal



No	Variabel	Definisi Operasional	Alat dan Cara Ukur	Hasil Ukur	Skala
		menelan air pantai tanjung bayang yang mengandung bakteri <i>enterococci</i>		Pill/Pinf = 10-6 3. Rendah Pill/Pinf < 10-6	



### G. Diagram Alur Penelitian



Gambar 2.11. Diagram Alur Penelitian



## H. Penelitian-penelitian Lain Terkait

**Tabel 2.3.** Tabel Sintesa Penelitian Terkait

No	Judul jurnal / Penulis/Penerbit Jurnal	Tahun Jurnal	Tujuan penelitian	Metode	Hasil
1	<p><b>Judul :</b> Characterizing health risks associated with recreational swimming at Taiwanese beaches by using quantitative microbial risk assessment</p> <p><b>Penulis :</b> Cheng-Shin Jang dan Ching-Ping Liang</p> <p><b>Penerbit :</b> Jurnal Water science &amp; Technology. <a href="http://doi:10.2166/wst.2017.571">http://doi: 10.2166/wst.2017.571</a></p>	2017	Menilai risiko kesehatan yang terkait dengan rekreasi berenang yang ditimbulkan oleh bakteri <i>enterococci</i> air pada 13 pantai di Taiwan	Penelitian dilakukan di 13 pantai di Taiwan. Data konsentrasi bakteri <i>enterococci</i> didapatkan dari laporan EPA Taiwan tahun 2011-2015. Penilaian risiko kesehatan menggunakan Quantitative microbial risk assessment (QMRA) - Metode penilaian risiko mikroba secara kuantitatif dengan pengembangan model menggunakan Monte Carlo Simulation	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kontaminasi bakteri <i>enterococci</i> ditemukan pada 13 pantai di Taiwan. Jumlah konsentrasi bakteri <i>enterococci</i> yang paling tinggi terdapat di pantai Guanyinting dan Tongxiao (2900 MPN/100 mL dan 1200 MPN/100 mL).</li> <li>2. Berdasarkan penilaian risiko menggunakan QMRA, terdapat 4 pantai dengan kategori risiko sedang, yaitu pantai Tongxiao, Qianshuiwan, Qiding, Xiziwan dan 9 pantai dengan kategori risiko rendah.</li> </ol>
2	<p><b>Judul :</b> Evaluating Nahoon Beach and Canal Waters in Eastern Cape, South Africa: A Public Health Concern</p> <p><b>Penulis :</b> Kingsley Ebomah, Timothy Sibanda, Martins Adefisoye, Nolonwabo Nontongana, Uchechukwu Nwodo, Anthony Okoh</p>	2019	Mengevaluasi indeks kualitas fisikokimia dan mikrobiologis Pantai Nahoon dan perairan kanal di Afrika Selatan	Penelitian dilakukan di Pantai Nahoon dan perairan kanal Afrika Selatan selama 12 bulan. Analisis Bakteri <i>E.coli</i> dan <i>Enterococcus</i> menggunakan <i>membrane filtration technique</i> . Pemeriksaan DNA Bakteri menggunakan <i>boiling</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analisis mikrobiologis menunjukkan bahwa perhitungan jumlah <i>E. coli</i> dan <i>Enterococcus</i> sp. melebihi standar yang telah ditetapkan untuk air rekreasi.</li> <li>2. Kualitas fisikokimia pantai dan perairan kanal berkisar sebagai berikut: kekeruhan 3,3-99,9 NTU, suhu 15-25°C, pH 7-10, konduktivitas listrik 30,0-741,7 µS / cm, dan total padatan terlarut 19-546 mg / l</li> <li>3. Hasil perhitungan menggunakan QMRA, menunjukkan bahwa risiko <i>E. coli</i> yang dihitung</li> </ol>



No	Judul jurnal / Penulis/Penerbit Jurnal	Tahun Jurnal	Tujuan penelitian	Metode	Hasil
				<i>Method.</i> Penilaian kemungkinan sakit/infeksi menggunakan QMRA	sebesar 0,15 (1 dari 10 orang terinfeksi) dan risiko <i>Enterococcus</i> 0,4 (4 dalam 10 orang sakit).
3	<p><b>Judul :</b> Quantitative Microbial Risk Assessment for Recreational Exposure to Water Bodies in Philadelphia</p> <p><b>Penulis :</b> Neha Sunger, Charles N. Haas</p> <p><b>Penerbit :</b> Water Environment Research, 87(3), pp.211-222.</p>	2015	untuk memperkirakan risiko penyakit gastrointestinal (GI) yang terkait dengan paparan rekreasi ke saluran air Philadelphia, dalam kondisi cuaca kering dan basah	Penelitian dilakukan di sepuluh lokasi yang terletak dekat dengan CSO yang ada di kota Philadelphia. Waktu penelitian pada bulan Mei hingga September mulai 2008 hingga 2010. 5 parameter yang diukur adalah konsentrasi bakteri, rata-rata penelanan air, durasi paparan, total pengguna dan proporsi dari pengguna yang berpartisipasi dalam setiap aktivitas. Penilaian risiko menggunakan pendekatan aplikasi QMRA.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perkiraan risiko kesehatan pada saat cuaca kering ditemukan secara signifikan lebih rendah daripada yang diperkirakan untuk kondisi cuaca basah.</li> <li>2. Risiko yang diprediksi, dihitung berdasarkan proporsi frekuensi penggunaan, meningkat pada 6 dari 10 lokasi (mulai dari 9 hingga 52 penyakit / 1000 pengguna / hari). Kegiatan yang berkontribusi paling besar terhadap risiko penyakit GI di sungai diidentifikasi sebagai bermain (81%), sementara memancing adalah penyumbang risiko potensial (65%) di sungai.</li> </ol>
4	<p><b>Judul :</b> High concentrations of pathogenic Salmonella spp. during the wet season on bathing beaches in Makassar City, Indonesia</p> <p><b>Penulis :</b> A Massinai, A Tahir and N Abu</p> <p><b>Penerbit :</b> IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 253. 012044</p>	2019	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi Salmonella pada pantai pemandian terpilih di Makassar dan untuk mengevaluasi apakah konsentrasi yang ada berbahaya	Penelitian dilakukan di enam (6) pantai permandian di Makassar dengan 6 titik sampel untuk setiap stasiun dengan 3 kali pengulangan. Konsentrasi Salmonella antara lokasi dibandingkan dengan menggunakan analisis varians satu arah	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kontaminasi bakteri Salmonella ditemukan di keenam wilayah pesisir Kota Makassar dengan konsentrasi sangat tinggi. Melewati ambang batas aman untuk mandi dan berenang, yaitu 0 CFU/1 L air</li> <li>2. Konsentrasi Salmonella tertinggi berada di Pantai Tanjung Bayang dan Pantai Akkarena. Konsentrasi tinggi tersebut, sangat terkait dengan konsentrasi total bahan organik (TOM) dan salinitas, dengan nilai korelasi masing-masing 0,62 dan 0,65.</li> </ol>



No	Judul jurnal / Penulis/Penerbit Jurnal	Tahun Jurnal	Tujuan penelitian	Metode	Hasil
			bagi kesehatan manusia.	(ANOVA), diikuti oleh uji beda signifikansi (HSD) post hoc Tukey. Principal Component Analysis (PCA) dilakukan untuk mengevaluasi korelasi antara konsentrasi Salmonella dan kualitas air	
5	<p><b>Judul :</b> Use of quantitative microbial risk assessment to improve interpretation of a recreational water epidemiological study</p> <p><b>Penulis :</b> Jeffrey A. Soller, Sorina Eftimb, Timothy J.Wadec, Audrey M. Ichidab, Jennifer L. Clancyd,Trisha Johnstone, Kellogg Schwabf, Graciela Ramirez-Torog, Sharon Nappierh, John E. Ravenscroft</p> <p><b>Penerbit :</b> Jurnal Microbial Risk Analysis</p>	2015	Untuk melakukan pemantauan kualitas air dan lingkungan tambahan dari studi rekreasi air di pantai Boquerón di Puerto Rico menggunakan analisis risiko cemaran mikroba (QMRA) untuk memperkuat penilaian epidemiologis <i>Environmental Protection Agency</i> (EPA) dan untuk memperkirakan tingkat penyakit gastrointestinal (GI) yang terkait dengan paparan air rekreasi.	Penelitian ini dilakukan di Teluk Boquerón yang merupakan teluk besar berbentuk tapal kuda di barat daya Puerto Rico. Sampel air diambil di 4 titik lokasi. Penelitian ini pendekatan berbasis QMRA yang mencakup nilai-nilai parameter estimasi titik untuk memperkirakan risiko penyakit GI potensial untuk rekreasi di pantai Boqueron selama studi epidemiologi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hasil analisis QMRA dan studi epidemiologi menunjukkan bahwa risiko penyakit GI yang berhubungan dengan berenang di pantai Boqueron selama studi epidemiologi rendah.</li> <li>2. QMRA memprediksi risiko terkait berenang sekitar 2 penyakit GI per 1000 kegiatan rekreasi.</li> </ol>
6	human health risks recreational waters	2010	Penelitian ini dilakukan untuk	Penelitian dilakukan dengan pendekatan	Hasil QMRA konsisten dengan tingkat rendah penyakit yang dilaporkan selama studi epidemiologi



No	Judul jurnal / Penulis/Penerbit Jurnal	Tahun Jurnal	Tujuan penelitian	Metode	Hasil
	<p>impacted by human and non-human sources of faecal contamination</p> <p><b>Penulis</b> : Jeffrey A. Soller, Mary E. Schoen, Timothy Bartrand, John E. Ravenscroft, Nicholas J. Ashbolt</p> <p><b>Penerbit</b> : Water research 44, 4674 - 4691</p>		menentukan apakah risiko yang diperkirakan setelah terpapar ke perairan rekreasi yang dipengaruhi oleh kontaminasi kotoran burung, ayam, babi, atau sapi secara substansial berbeda dari yang terkait dengan perairan yang terkena dampak oleh sumber daya manusia seperti air limbah yang diolah.	QMRA. Responden didasarkan pada waktu kontak dalam air, tingkat konsumsi air, dan kerentanan yang berbeda terhadap infeksi untuk beberapa pathogen. Probabilitas penyakit GI dihitung menggunakan hubungan dosis-respons patogen dari literatur dan simulasi Monte Carlo	2009 (mis. <17 penyakit GI per 1000 acara rekreasi) dan memberikan konteks tambahan untuk memahami hasil epidemiologis.
7	<p><b>Judul</b> : Assessment of swimming associated health effects in marine bathing beach: An example from Morib beach (Malaysia)</p> <p><b>Penulis</b> : Sarva Mangala Praveena, Norfasmawati Mohd Pauzi, Munashamimi Hamdan, Shahrudin Mohd Sham</p> <p><b>Penerbit</b> : Marine Pollution Bulletin 92, 222-226</p>	2015	Menentukan efek kesehatan yang berkaitan dengan pengalaman berenang yang dan hubungannya dengan perilaku paparan air pantai di pantai Morib	Penelitian dilakukan di Pantai Morib, Kuala Lumpur. Kegiatan dilakukan selama musim liburan. Jumlah responden sebanyak 117 pengunjung. Analisis Statistik menggunakan IBM SPSS ver. 21 dengan analisis bivariat dengan uji Pearson chi-square	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frekuensi kunjungan tertinggi di antara responden adalah setahun sekali (41,9%). Berenang merupakan kegiatan yang paling banyak dilakukan (53,2%). Untuk lama paparan, 30,8% responden lebih suka berada di dalam air selama sekitar 30 menit.</li> <li>2. Gastrointestinal illness merupakan efek kesehatan yang paling banyak dilaporkan oleh pengunjung sebesar 95 %.</li> <li>3. Analisis bivariat menunjukkan hanya aktivitas air (<math>p = 0,043</math>), kontak air (<math>p = 0,014</math>), dan konsumsi air pantai secara tidak sengaja (<math>p = 0,010</math>) menunjukkan hubungan yang signifikan dengan efek kesehatan terkait berenang yang dialami oleh perenang.</li> </ol>



No	Judul jurnal / Penulis/Penerbit Jurnal	Tahun Jurnal	Tujuan penelitian	Metode	Hasil
8	<p><b>Judul :</b> Comparison of recreational health risks associated with surfing and swimming in dry weather and post-storm conditions at Southern California beaches using quantitative microbial risk assessment (QMRA)</p> <p><b>Penulis :</b> Linda Y. Tseng, Sunny C. Jiang</p> <p><b>Penerbit :</b> Marine Pollution Bulletin 64, p : 912-918</p>	2012	Membandingkan risiko kesehatan yang terkait dengan berselancar dan berenang selama cuaca kering dan kondisi badai	Penelitian dilakukan di tiga kabupaten pesisir di California Selatan, AS dan memperoleh data pemantauan bakteriologis dari lembaga yang bertanggung jawab di masing-masing daerah. Empat lokasi pemantauan pantai dipilih dari Los Angeles, dua dari Orange County, dan dua dari San Diego County. Semua alat kelengkapan distribusi, perhitungan, dan pengambilan sampel acak untuk penelitian ini dilakukan dengan menggunakan MATLAB. Penilaian QMRA dilakukan dalam kategorisasi risiko	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cemaran bakteri <i>enterococcus</i> dan <i>fecal coliform</i> ditemukan pada semua stasiun pengambilan sampel.</li> <li>2. Studi ini menunjukkan bahwa risiko GI per kegiatan mandi lebih tinggi untuk berselancar daripada berenang, yang disebabkan oleh peningkatan volume air yang terkontaminasi yang tertelan.</li> <li>3. Hasil ini juga menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan dalam perkiraan risiko GI berselancar di pantai yang sama menggunakan model FIB dan QMRA yang berbeda. Risiko yang lebih tinggi ditemukan menggunakan model eksponensial ENT daripada menggunakan model FC Beta-Poisson</li> </ol>
9	<p><b>Judul :</b> Estimating the probability of illness due to swimming in recreational water with a mixture of human- and gull-associated microbial source tracking markers</p> <p><b>Penulis :</b> Kendra I. Brown, Katherine E. Graham, Jeffrey A. Soller and Alexandria</p>	2017	Menentukan apakah sumber HF mempengaruhi risiko yang diperkirakan dan memperkirakan probabilitas sakit terhadap air yang rekreasi mengandung campuran HF dan CAT	Penelitian dilakukan di Wilayah Teluk San Francisco (n ¼ 15) dan Los Angeles / Orange Counties (n ¼ 12), dan di sepanjang pantai tengah. Penilaian QMRA dilakukan untuk memprediksi kemungkinan penyakit yang terkait dengan berenang di air	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. HF hampir selalu terdeteksi dalam sampel limbah cair yang telah diolah, meskipun pada konsentrasi yang lebih rendah daripada dalam pembuangan kotoran manusia yang mentah.</li> <li>2. Mengingat konsentrasi HF dalam efluen yang diolah, efluen yang diolah tidak mungkin bertanggung jawab untuk HF di perairan sekitar di atas 104 salinan per 100 ml.</li> <li>3. Pada konsentrasi yang sama dalam air ambien, HF dari sumber air limbah menghadirkan tingkat</li> </ol>



No	Judul jurnal / Penulis/Penerbit Jurnal	Tahun Jurnal	Tujuan penelitian	Metode	Hasil
	<b>Penerbit</b> : Environmental Science: Processes & Impacts, 19(12), pp.1528-1541			rekreasi dengan berbagai konsentrasi penanda MST dari berbagai sumber kontaminasi tinja.	risiko yang lebih besar daripada HF dari sumber limbah yang diolah. 4. Untuk tetap di bawah ambang batas risiko 0,03, tingkat HF yang diijinkan akan tergantung pada tingkat CAT di pantai.
10	<b>Judul</b> : Quantitative microbial risk assessment to estimate the health risk from exposure to noroviruses in polluted surface water in South Africa  <b>Penulis</b> : Nicole Van Abel, Janet Mans and Maureen B. Taylor  <b>Penerbit</b> : Journal of Water and Health	2017	Menilai risiko yang ditimbulkan oleh norovirus (NoVs) dalam air permukaan yang digunakan untuk keperluan minum, keperluan rumah tangga, dan rekreasi di Afrika Selatan (SA), menggunakan metodologi penilaian risiko mikroba kuantitatif (QMRA)	Dari Januari 2011 hingga Desember 2014, sampel air ambil (10 L) dikumpulkan di titik pengambilan sampel yang terletak di Sungai Klip (KR), Suikerbosrant (SR), dan Rietspruit (RV) di provinsi Gauteng, SA.	1. Sampel air dari tiga sungai ditemukan terkontaminasi dengan NoV GI (80-1.900 gc / L) dan GII (420-9.760 gc / L) yang mengarah pada perkiraan risiko yang lebih rendah untuk GI daripada GII. 2. Volume air yang dikonsumsi dan probabilitas infeksi lebih rendah untuk domestik ( $2,91 \times 10^{-8}$ hingga $5,19 \times 10^{-1}$ ) daripada paparan air minum ( $1,04 \times 10^{-5}$ hingga $7,24 \times 10^{-1}$ ) 3. Probabilitas penyakit tahunan dari paparan rekreasi tertinggi terdapat untuk kegiatan ( $3,91 \times 10^{-6}$ to $5,43 \times 10^{-1}$ ) berperahu ( $6,20 \times 10^{-6}$ to $6,42 \times 10^{-1}$ ) dan berenang dan terendah untuk bermain di tepi sungai

