

TESIS

Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) Bakteri Salmonella dan Escherichia coli pada Ayam Lalapan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar

Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) Salmonella and Escherichia coli Bacteria in Chicken with Fresh Vegetable at Food Stalls Around the University of Hasanuddin Makassar

**AMELIA DWI AYU
K012172029**



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**



Optimization Software:
www.balesio.com

Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) Bakteri Salmonella dan Escherichia coli pada Ayam Lalapan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar

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

**Program Studi
Ilmu Kesehatan Masyarakat**

Disusun dan Diajukan Oleh

AMELIA DWI AYU

Kepada

**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASAR
2020**



Optimization Software:
www.balesio.com

TESIS

QUANTITATIVE MICROBIAL RISK ASSESSMENT (QMRA) BAKTERI SALMONELLA DAN ESCHERICHIA COLI PADA AYAM LALAPAN DI WARUNG MAKAN SEKITAR KAMPUS UNIVERSITAS HASANUDDIN KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

AMELIA DWI AYU
Nomor Pokok : K012172029

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 03 Januari 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasihat,


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


Dr. Aminuddin Syam, SKM., M.Kes., M.Med.Ed
Anggota



Ketua Program Studi
Kesehatan Masyarakat

Dr. Masni, Apt., MSPH



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AMELIA DWI AYU

NIM : K012172029

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

AMELIA DWI AYU



PRAKATA



Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan kasih karunia, berkat dan tuntunan-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan draft tesis dengan judul “*Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) Bakteri Salmonella dan Escherichia coli pada Ayam Lalapan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar*” sebagai syarat dalam menyelesaikan pendidikan di Magister Ilmu 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.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga penulis sampaikan kepada ayahanda dan ibunda tercinta, Yumarto, SP., M.Si dan Dr. Ir. Melina, MP yang tidak hentinya memberikan pengorbanan dan perhatian baik moril maupun materi, dalam mendidik, membesarkan dan memotivasi penulis. Terima kasih juga penulis berikan kepada saudara-saudaraku Alfian Adyanto dan Aldian Arisakti serta seluruh keluarga yang selalu member motivasi kepada penulis untuk segera menyelesaikan



Peneliti menyadari bahwa tesis ini tidak akan dapat diselesaikan tanpa bimbingan dari dosen pembimbing dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing, memberikan saran dan masukan dalam penyusunan proposal ini.
2. Dr. Aminuddin Syam, SKM., M.Kes., M.Med.ED selaku dosen pembimbing anggota yang telah membimbing, memberikan saran dan masukan dalam penyusunan proposal ini.
3. Bapak dr. Hasanuddin Ishak, M.Sc., Ph.D., Bapak Prof. dr. Rafael Djajakusli, MOH., Ibu Dr. Hasnawati Amqam, SKM., M.Sc., selaku dosen penguji yang juga telah memberikan masukan serta arahan guna penyempurnaan penulisan tesis ini.
4. Ibu Dr. Hj. Erniwati Ibrahim, SKM, M.Kes, selaku Ketua Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin beserta seluruh staff (Kak Tika dan Kak Mira), atas segala bantuan yang telah diberikan selama penulis mengikuti pendidikan di Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, khususnya di departemen Kesehatan Lingkungan.
5. Ibu Dr. Hasnawati Amqam, SKM., M.Sc., selaku Pembimbing Akademik

yang selalu memberikan masukan dan dukungan selama penulis



mengikuti pendidikan di Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

6. Para Dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Program Studi S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang sangat berharga selama penulis mengikuti pendidikan di Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
7. Kepala Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, khususnya kepada Bapak Markus yang telah memberikan bantuan dan arahan selama pelaksanaan penelitian.
8. Bapak Lurah Tamalanrea Indah beserta staf kelurahan yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan pengambilan data di lokasi penelitian.
9. Teman-teman Pascasarjana Ilmu Kesehatan Masyarakat Departemen Kesehatan Lingkungan (Uyuun Wiji Ismita dan Mugfira Mayangsari Putri) yang selalu setia menjadi teman untuk berdiskusi dan bertukar pikiran.
10. Teman-teman seperjuangan Pascasarjana Angkatan 2017 Genap (Suci Dwi Yanti, Rizky Chaeraty Syam, Nurul Qalbi, dan semua teman yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu persatu).
11. Sahabat-sahabatku yang selalu menemani penulis selama proses usulan tesis.



12. Semua pihak yang telah membantu penyusunan tesis ini

Banyak kendala yang dihadapi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, tetapi semua merupakan suatu proses pembelajaran yang sangat berguna sebagai modal di masa yang akan datang. Penulis menyadari bahwa tesis 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 tesis ini.

Akhir kata, Allah tiada Tuhan melainkan Dia, yang hidup kekal lagi terus-menerus mengurus makhluknya-Nya. Semoga segala apa yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan yang setimpal dari-Nya. Aamiin.

Makassar, Januari 2020

Penyusun



ABSTRAK

AMELIA DWI AYU. Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) Bakteri *Salmonella* dan *Escherichia coli* pada Ayam Lalapan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin. (Dibimbing oleh **Agus Bintara Birawida** dan **Aminuddin Syam**)

Diare tetap menjadi penyebab penting kejadian morbiditas dan mortalitas secara global, serta menyebabkan sekitar 500.000 kematian per tahun, dan menempati urutan keenam dalam beban tahun dunia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar risiko kuantitatif bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* pada ayam lalapan di warung makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar terhadap gangguan kesehatan masyarakat.

Penelitian ini menggunakan metode observasi dan wawancara dengan pendekatan analisis risiko mikroba kuantitatif. Sampel yang diambil sebanyak 42 orang yang diambil secara *accidental sampling*. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara menggunakan kuesioner, observasi, serta pemeriksaan laboratorium. Data yang didapatkan dianalisis menggunakan SPSS lalu dilakukan perhitungan kemungkinan risiko dalam pendekatan QMRA.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri *Escherichia coli* ditemukan pada setiap warung makan. Nilai $P_{inf/day}$ tertinggi ditemukan pada warung makan ke-4 sebesar $7,97 \times 10^{-1}$ sedangkan untuk bakteri *Salmonella* hanya ditemukan pada warung makan ke-2 dengan nilai $P_{inf/day}$ sebesar $9,98 \times 10^{-1}$. Risiko penyakit untuk bakteri *Escherichia coli* semua warung makan memiliki risiko tinggi dan untuk bakteri *Salmonella* yang ditemukan pada warung makan kedua juga memiliki risiko tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pelatihan tentang prinsip higiene dan sanitasi pada penjamah makanan.

Kata Kunci : QMRA, *Escherichia coli*, *Salmonella*, Diare, Ayam Lalapan



ABSTRACT

AMELIA AYU DWI. *Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) Salmonella and Escherichia coli Bacteria in Chicken with Fresh Vegetable at Food Stalls Around University of Hasanuddin Campus.* (Supervised by Agus Bintara Birawida and Aminuddin Syam)

Diarrhea remains an important cause of morbidity and mortality events globally, and causes about 500,000 deaths per year, and ranks sixth in the world burden. This study aims to determine the level of quantitative risk for Escherichia coli and Salmonella in chicken and fresh vegetables at food stalls around the University of Hasanuddin Campus Makassar against public health problems.

This study used observation and interviews with quantitative microbial risk analysis approach. Samples taken as many as 42 people selected by accidental sampling. Data was collected by questionnaire interviews, observations, and laboratory tests. The data obtained were analyzed using SPSS and then calculating the possible risk in QMRA approach.

The results showed for the Escherichia coli bacteria was found on all food stalls. The highest $P_{int/day}$ value was found in the 4th food stalls at 7.97×10^{-1} while for Salmonella bacteria was found only in the 2nd food stalls with a value $P_{int/day}$ amounted to 9.98×10^{-1} . Risk of illness for Escherichia coli bacteria on all the food stalls were in high risk and for Salmonella bacteria found in 2nd food stalls also has a high risk. Therefore, training is needed on the principles of hygiene and sanitation for food handlers.

Keywords: QMRA, Escherichia coli, Salmonella, Diarrhea, Chicken



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	9
C. Tujuan Penelitian	10
D. Manfaat Penelitian	11
E. Ruang Lingkup Penelitian	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	15
A. Tinjauan Umum tentang Bakteri <i>Salmonella</i>	15
B. Tinjauan Umum tentang Bakteri <i>Escherichia coli</i>	19
C. Tinjauan Umum tentang Bakteri pada Makanan	26
D. Tinjauan Umum tentang QMRA	37
E. Tabel Sintesa.....	43
F. Kerangka Teori Penelitian.....	49
G. Kerangka Konsep Penelitian.....	50
H. Definisi Operasional.....	52
METODE PENELITIAN	55
esain Penelitian	55



B. Waktu dan Lokasi Penelitian	55
C. Populasi dan Sampel	56
D. Metode Pengambilan dan Pemeriksaan Sampel.....	58
E. Metode Pengumpulan Data.....	70
F. Metode Pengolahan Data	71
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	76
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	76
B. Hasil Penelitian	77
C. Pembahasan.....	104
D. Keterbatasan	130
BAB V PENUTUP	131
A. Simpulan.....	131
B. Saran	132
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Beberapa jenis patogen penyebab keracunan makanan	27
2. Penelitian-Penelitian Terkait	43
3. Definisi Operasional	52
4. Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin, Umur, dan Pendidikan Terakhir di Warung Makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	78
5. Distribusi Responden Berdasarkan Frekuensi Konsumsi di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	79
6. Distribusi Volume Konsumsi pada Setiap Warung Makan di Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	80
7. Distribusi Keberadaan Bakteri pada Ayam Lalapan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	81
8. Distribusi Jumlah Koloni Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada Ayam Lalapan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	82
9. Distribusi Jumlah Koloni dan Jenis Bakteri Menggunakan Media SSA pada Ayam Lalapan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	83
10. Distribusi Frekuensi Observasi Sanitasi Lingkungan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	85



11. Distribusi Frekuensi Observasi Sanitasi Makanan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019 86
12. Distribusi Frekuensi Observasi Higiene Personal Penjamah Makanan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019 88
13. Distribusi Aspek Higiene dan Sanitasi di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019 91
14. Distribusi Sanitasi Lingkungan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019 92
15. Distribusi Sanitasi Makanan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019 93
16. Distribusi Higiene Personal Penjamah Makanan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019 93
17. Distribusi Responden Berdasarkan Gangguan Kesehatan Setelah Konsumsi Ayam Lalapan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019 94
18. Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Gangguan Kesehatan Setelah Konsumsi Ayam Lalapan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019 95
19. Distribusi Probabilitas Infeksi Perhari ($P_{inf/hari}$) Bakteri *Escherichia coli* Akibat Konsumsi Ayam Lalapan di Warung



Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	97
20. Distribusi Probabilitas Infeksi Perhari ($P_{inf/hari}$) Bakteri <i>Salmonella sp.</i> Akibat Konsumsi Ayam Lalapan di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	98
21. Distribusi Probabilitas Infeksi Tahunan ($P_{inf.annual}$) serta <i>Probability of Illness</i> (P_{ill}) Bakteri <i>Escherichia coli</i> Akibat Konsumsi Ayam Lalapan Di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	101
22. Distribusi Probabilitas Infeksi Tahunan ($P_{inf.annual}$) serta <i>Probability of Illness</i> (P_{ill}) Bakteri <i>Salmonella</i> Akibat Konsumsi Ayam Lalapan Di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	102
23. Distribusi Karakterisasi Risiko Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Salmonella sp.</i> Akibat Konsumsi Ayam Lalapan Di Warung Makan Sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar Tahun 2019	103



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	15
2. Bakteri <i>Escherichia coli</i>	19
3. Teori Simpul	34
4. Kerangka Teori Penelitian	49
5. Kerangka Konsep Penelitian	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Kuesioner Penelitian
2. Lembar Observasi
3. Dokumentasi Kegiatan
4. Hasil Pemeriksaan Laboratorium Mikrobiologi
5. Master Tabel Analisis Risiko
6. Analisis SPSS
7. Surat Permintaan Data Awal
8. Surat Izin Penelitian
9. Surat Keterangan Telah Menyelesaikan Penelitian
10. Curriculum Vitae



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dari dulu masalah keamanan pangan sudah menjadi masalah secara global. Salah satunya adalah kasus penyakit yang berasal dari makanan atau biasanya disebut dengan istilah *foodborne disease*. *Foodborne disease* atau penyakit bawaan makanan merupakan salah satu permasalahan kesehatan masyarakat yang paling banyak dan paling membebani yang pernah dijumpai di zaman modern ini. Penyakit tersebut menimbulkan banyak korban dalam kehidupan manusia dan menyebabkan sejumlah besar penderitaan, khususnya di kalangan bayi, anak, lansia, dan mereka yang kekebalan tubuhnya terganggu (WHO, 2010).

Penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen bawaan makanan selama beberapa dekade telah memiliki dampak besar pada kesehatan masyarakat dan ekonomi. Di Amerika Serikat, *The Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) memperkirakan bahwa 31 jenis patogen bawaan makanan diketahui menyebabkan sekitar 9,4 juta penyakit, 56.000 orang dirawat di rumah sakit, dan terjadi 1.300 kematian setiap tahunnya. Di antara 31 patogen terkenal ini, *Escherichia coli* dan *Salmonella* adalah dua

dua bakteri yang paling banyak dipelajari sebagai model untuk memahami perilaku bakteri (Xu et al., 2016).



Escherichia coli adalah bakteri yang hidup di usus manusia dan hewan. Biasanya digunakan sebagai indikator kontaminasi tinja yang sebagian besar berasal dari kontaminasi tinja manusia yang berasal dari sumber air atau makanan. Berbagai macam makanan nabati dan hewani merupakan sumber potensial kontaminasi *Escherichia coli*, terutama ayam. *Escherichia coli* juga telah ditemukan di seluruh dunia dalam produk daging unggas. Kehadiran *Escherichia coli* pada ayam merupakan indikasi praktik higienis yang buruk di rumah potong hewan ataupun di tempat perdagangan ayam. Prevalensi bakteri ini pada unggas dan produk unggas berbeda di berbagai belahan dunia. Prevalensi *Escherichia coli* tertinggi telah tercatat sebesar 98% di India. Di Sudan, prevalensi *Escherichia coli* setinggi 57,8%, sementara di Maroko dilaporkan 48,4% dan 16% di Nigeria (Adzitey et al., 2011, Sharma and Chattopadhyay, 2015).

Salmonella adalah bakteri gram negatif, bersifat anaerob fakultatif, kebanyakan ditemukan di saluran usus hewan seperti sapi, dan ditularkan oleh telur dan daging. *Salmonella* telah menyebabkan patogen enterik yang mengancam kesehatan masyarakat, mulai dari diare ringan, berair hingga kondisi yang mengancam jiwa, seperti dehidrasi, demam, muntah, dan dalam beberapa kasus, dapat menyebabkan septikemia. *Salmonella* menempati urutan kedua atau bahkan yang pertama dari keracunan makanan di seluruh

ee et al., 2015). Badan Standardisasi Nasional Indonesia (Standar



Nasional Indonesia 7388: 2009) mensyaratkan *Salmonella* tidak boleh mengkontaminasi 25 mg sampel makanan (Hayati and Rohman, 2017).

Escherichia coli dan *Salmonella* adalah kontaminan dalam produk daging dan menimbulkan risiko penyakit bawaan makanan. Kedua bakteri tersebut banyak ditemukan khususnya pada daging dan produk unggas yang masih mentah. Oleh karena itu, untuk daging sapi dan produk unggas direkomendasikan agar dimasak hingga suhu internal masing-masing 71°C dan 74°C. Namun, terdapat beberapa varian *Escherichia coli* dan *Salmonella* yang memiliki ketahanan terhadap panas. Banyak penelitian yang telah menunjukkan bahwa patogen ini memiliki resistensi termal dalam berbagai produk daging, salah satunya adalah ayam. (Webster, 2018, Huang et al., 2019).

Ayam adalah salah satu produk daging yang sangat sering dikonsumsi di seluruh dunia, baik di negara maju maupun berkembang. *Global Livestock Counts* melaporkan bahwa ada hampir 19 miliar ayam di dunia, dan hal ini menjadikannya spesies burung yang paling umum. Di Eropa konsumsi ayam rata-rata mencapai 2,5 kg ayam per kapita per tahunnya. Sedangkan konsumsi rata-rata ayam tahunan di Afrika mencapai 6 kg per kapita (Mpundu et al., 2019). Di Indonesia sendiri, rata-rata konsumsi ayam per tahunnya mencapai 4,28 kg per kapita (Jahrona, 2018).

ayam lalapan merupakan salah satu makanan yang sering disajikan di warung makan di Indonesia. Budaya makan ayam disertai dengan



lalapan merupakan tradisi makanan yang berasal dari Sunda. Jenis sayuran yang umum dipakai sebagai lalapan mentah adalah daun kemangi, daun jambu mete, kenikir, terong bulat, kacang panjang, tomat, mentimun, dan kol. Sayuran-sayuran tersebut dikenal memiliki efek yang baik untuk kesehatan. Sayur lalapan memiliki kelebihan gizi karena dikonsumsi dalam keadaan mentah sehingga zat-zat yang terkandung didalamnya tidak mengalami denaturasi atau perubahan (Hendariningrum, 2018).

Selain memiliki manfaat terhadap kesehatan, akan tetapi tidak menutup kemungkinan lalapan tersebut juga bebas dari berbagai zat berbahaya ataupun paparan mikroba yang dapat menyebabkan berbagai macam penyakit. Adanya paparan dari mikroba ke makanan dapat disebabkan dari faktor lingkungan yang buruk, tidak bersihnya tempat mengolah makanan, serta peralatan-peralatan yang tidak steril sehingga menyebabkan kontaminasi pada makanan. Faktor risiko lainnya adalah kurangnya pengetahuan tentang kondisi serta praktik hygiene dan sanitasi yang memadai oleh penjamah makanan. Konsumsi makanan yang terkontaminasi sejauh ini merupakan sumber utama penularan yang disebabkan oleh pathogen (De Lima et al., 2019, Alfiani et al., 2018).

Patogen yang ditularkan melalui makanan adalah mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia, baik yang menular atau

menghasilkan racun. Patogen tersebut sering ditularkan melalui makanan mentah atau kurang matang. Patogen ini juga dapat



mengontaminasi makanan-makanan yang telah diolah atau pun pada makanan siap saji. Penyakit yang sering ditularkan jika mengonsumsi makanan tersebut seperti penyakit diare, gastroenteritis, dan berbagai penyakit bawaan makanan lainnya (Malcolm et al., 2018).

Diare tetap menjadi penyebab penting kejadian morbiditas dan mortalitas secara global, terutama di kalangan bayi dan anak kecil. Menyebabkan sekitar 500.000 kematian per tahun, dan menempati urutan keenam dalam beban tahun dunia yang disesuaikan dengan kecacatan global. Dan saat ini, diare tetap menjadi penyebab utama kematian kedua pada anak-anak di bawah 5 tahun di seluruh dunia (Liu et al., 2016, Canizalez-Roman et al., 2016).

Diperkirakan 94 juta kasus gastroenteritis yang disebabkan oleh spesies *Salmonella* terjadi secara global setiap tahun, dan diantaranya, hampir 80 juta kasus adalah bawaan makanan. Di Amerika Serikat, lebih dari satu juta kasus diperkirakan terjadi setiap tahun. Semua kelompok umur rentan, tetapi gejalanya paling parah pada orang tua, bayi, dan orang sakit. Masa inkubasi untuk penyakit ini biasanya antara 12 hingga 36 jam setelah mengonsumsi makanan atau air yang terkontaminasi (Haas et al., 2014).

Jalan Workshop dan Jalan sahabat adalah salah satu jalan di Kota Makassar yang berada di kawasan kampus Universitas Hasanuddin Kota

ar yang merupakan daerah Pondokan bagi mahasiswa. Di jalan ini, diijakan berbagai jenis makanan dan minuman. Disana juga



terdapat berbagai warung makan yang menyediakan berbagai macam menu makanan, salah satunya adalah ayam lalapan. Di dalam makanan yang terdapat di warung makan tersebut tidak menutup kemungkinan terdapat bakteri patogen yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Islamiati (2017) yang meneliti tentang keberadaan bakteri pada makanan yang dijual di Kantin Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar memperlihatkan bahwa terdapat berbagai jenis bakteri yang ditemukan pada ayam bakar dan coto makassar yang dijual di Kantin Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar dan jika dikonsumsi dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan.

Berdasarkan data dari Puskesmas yang masuk dalam wilayah kerja daerah kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar, kejadian diare setiap tahunnya masuk dalam 10 penyakit terbesar dengan jumlah pada tahun 2017 sebanyak 110 kasus, 2018 sebanyak 143 kasus, dan 2019 dari Januari-Juni mencapai 63 kasus. Oleh karena itu, penting dilakukan analisis risiko mikrobial untuk memperkirakan seberapa besar risiko yang disebabkan dari konsumsi ayam lalapan di Jalan Workshop dan Jalan Sahabat.

Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) adalah proses terstruktur untuk menentukan dan mengkarakterisasi risiko yang terkait dengan bahaya biologis dalam makanan. QMRA sering digunakan untuk

evaluasi risiko keamanan pangan, karena ia menawarkan pendekatan terstruktur untuk menilai risiko akibat konsumsi bahaya dalam



makanan tertentu. Pendekatan QMRA saat ini telah menjadi metode yang berkembang pesat secara sistematis dengan menggabungkan informasi yang tersedia pada pajanan serta dosis-respon untuk menghasilkan perkiraan beban penyakit akibat pajanan dari patogen. (Tirloni et al., 2018, Membré and Boué, 2018).

Quantitative Microbial Risk Assessment pada penelitian ini digunakan untuk memperkirakan besaran risiko kasus penyakit bawaan makanan yang disebabkan dari patogen *Eschericia coli* dan *Salmonella* terhadap orang yang mengonsumsi ayam lalapan pada warung makan yang berada di sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar. Dengan pendekatan tersebut diharapkan dapat menjadi acuan bagi pemerintah maupun penjamah makanan untuk meningkatkan kualitas makanan yang disajikan. Selain itu, diharapkan dapat menurunkan kasus penyakit bawaan makanan yang terjadi di wilayah tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Kundu et al. (2018) di India menunjukkan bahwa *Probability of illness* (kemungkinan risiko penyakit pertahun) tertinggi terdapat pada produk segar (ketumbar) sebesar 59%, diikuti dengan paprika hijau 50%, mentimun inggris 46%, blewah 38%, dan mentimun 18%. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa konsumsi produk segar dapat menyebabkan risiko penyakit diare yang cukup tinggi

nya.



Penelitian lain yang dilakukan oleh Pang et al. (2017) yang meneliti tentang *Quantitative Microbial Risk Assessment* untuk *Escherichia coli* pada selada segar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Probability of illness* per sajian dari konsumsi selada segar yang terkontaminasi *Escherichia coli* sebesar $9,9 \times 10^{-8}$, dengan persentil 5 dan persentil 95 sebesar 29×10^{-13} dan $8,8 \times 10^{-9}$. Serta menyebabkan rata-rata penyakit per 10 juta porsi sebesar 2.160 kasus penyakit per tahun di Amerika Serikat. Hal ini menunjukkan bahwa dengan mengonsumsi selada segar memiliki risiko terhadap kesehatan manusia. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Zhu et al. (2017) tentang *Risk Assessment* untuk *Salmonellosis* pada ayam yang disiapkan di rumah tangga di Amerika Serikat, menunjukkan hasil perkiraan risiko rata-rata salmonellosis per porsi adalah $1,2 \times 10^{-4}$. Risiko tersebut masuk dalam kategori tinggi melebihi rata-rata nilai risiko diatas 84,2%.

Berdasarkan data di atas terkait bahaya dari infeksi patogen *Escherichia coli* dan *Salmonella* pada makanan diperlukan perhitungan analisis risiko mikroba kuantitatif untuk melihat besar risiko penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen tersebut. Dengan memperkirakan besar risiko yang akan muncul dapat diketahui atau dapat disusun upaya untuk mengantisipasi risiko tersebut agar masyarakat dapat terbebas dari berbagai penyakit yang ditimbulkan dari lingkungan sekitarnya.



B. Rumusan Masalah

Penyakit yang sering terjadi yang diakibatkan oleh bakteri adalah penyakit diare. Di Indonesia, kasus diare pada tahun 2018 mencapai 7.157.483 jumlah kasus dengan jumlah KLB sebesar 756 kasus yang terjadi pada 8 provinsi (CFR 4,76%). Angka CFR tersebut merupakan yang tertinggi dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Untuk Sulawesi Selatan sendiri, kejadian penyakit diare mencapai 236.843 jumlah kasus dan masuk dalam 10 tertinggi provinsi yang menyumbangkan kasus diare di Indonesia (Kemenkes, 2019).

Di Sulawesi selatan kejadian diare tertinggi terjadi di kota Makassar, data dari Puskesmas yang bekerja di wilayah sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar menunjukkan bahwa kejadian diare setiap tahunnya masuk dalam 10 penyakit terbesar dengan jumlah pada tahun 2017 sebanyak 110 kasus, tahun 2018 sebanyak 143 kasus, dan tahun 2019 dari Januari-Juni mencapai 63 kasus. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa pada tahun 2018 kejadian diare mengalami kenaikan jumlah kasus dan tidak menutup kemungkinan kasus tersebut akan meningkat lagi pada tahun 2019. Sehingga diperlukan manajemen risiko untuk menekan angka kejadian penyakit diare di kota Makassar.

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka dapat dirumuskan

masalah dalam penelitian ini yakni bagaimana risiko kuantitatif bakteri



Escherichia coli dan *Salmonella* pada ayam lalapan di warung makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui besar risiko kuantitatif bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* pada ayam lalapan di warung makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar terhadap gangguan kesehatan masyarakat.

2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui jumlah bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* yang terdapat dalam ayam lalapan di warung makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar.
- b. Untuk melihat gambaran faktor sanitasi lingkungan, sanitasi makanan, serta higiene personal penjamah makanan pada warung makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar.
- c. Untuk mengetahui *Probability of infection / day* ($P_{inf/day}$) konsumsi ayam lalapan di warung makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar.



- d. Untuk mengetahui *Probability of infection annual* ($P_{inf.annual}$) konsumsi ayam lalapan di warung makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar.
- e. Untuk mengetahui *Probability of illness* (P_{ill}), kemungkinan terjadinya risiko penyakit dari konsumsi ayam lalapan di warung makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar.
- f. Untuk mengetahui karakterisasi risiko penyakit yang disebabkan oleh *Eschericia coli* dan *Salmonella* dari konsumsi ayam lalapan di warung makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Praktis

Memberikan informasi kepada pihak Puskesmas setempat dan Dinas Kesehatan Kota Makassar dalam rangka mengantisipasi terjadinya kasus *foodborne disease* yang berasal dari kontaminasi bakteri disebabkan oleh buruknya higiene dan sanitasi rumah makan dan para penjamah makanan.

2. Manfaat Ilmu Pengetahuan

- a. Sebagai informasi untuk menambah pengetahuan khususnya konsumen yang sering mengonsumsi makanan-makanan yang terdapat di warung makan tentang risiko kesehatan akibat



menkonsumsi makanan yang terkontaminasi bakteri khususnya bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella*.

- b. Sebagai tambahan informasi dan pengembangan materi dalam bidang ilmu *Quantitative Microbial Risk Assessment* (QMRA) pada makanan untuk mengantisipasi dampak kesehatan yang lebih besar akibat pencemaran biologis pada makanan.
- c. Sebagai wahana untuk mengembangkan ilmu dan pengetahuan dalam bidang ilmu *Quantitative Microbial Risk Assessment* (QMRA).

3. Manfaat Bagi Peneliti

Sebagai pengalaman bagi peneliti yang sangat berharga dalam rangka memperluas pengetahuan dan mengasah kemampuan dalam menganalisis suatu permasalahan kesehatan di masyarakat.

E. Ruang Lingkup Penelitian

1. Lingkup Materi

Penelitian ini termasuk lingkup materi *Quantitative Microbial Risk Assessment* (QMRA).

2. Lingkup Sasaran

Sasaran dalam penelitian ini adalah konsumen yang mengkonsumsi ayam lalapan di Warung makan sekitar Kampus

Universitas Hasanuddin Kota Makassar.



3. Lingkup Bahasan

Pembahasan dalam penelitian ini lebih ditekankan pada *Quantitative Microbial Risk Assessment* (QMRA) untuk mengetahui risiko kesehatan masyarakat akibat mengkonsumsi makanan yang terkontaminasi bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella*. Dengan mengetahui jumlah bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* pada makanan, maka dapat dilakukan perhitungan jumlah *intake* yang kemudian dilanjutkan dengan melakukan analisis risiko kesehatan untuk mengetahui besarnya risiko kesehatan yang mungkin akan dialami oleh masyarakat yang mengkonsumsi makanan tersebut. Pada umumnya kontaminasi oleh mikroorganisme patogen dapat terjadi melalui beberapa jalur pajanan seperti melalui inhalasi (jalur pernafasan), ingesti (jalur pencernaan), ataupun kontak langsung dengan kulit (dermal). Dalam penelitian ini analisis risiko kesehatan hanya difokuskan pada jalur ingesti (tertelan) makanan berdasarkan dosis yang masuk ke dalam tubuh (*intake*) perhari dan tidak menghitung *intake* yang berasal dari sumber lain.

4. Lingkup Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini bertempat di warung makan yang menyediakan ayam lalapan di Wilayah Pondokan sekitar Kampus

Universitas Hasanuddin Kota Makassar.



5. Lingkup Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September hingga Oktober Tahun 2019.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum tentang Bakteri *Salmonella sp.*

Bakteri *Salmonella* pertama kali ditemukan tahun 1885 pada tubuh babi oleh Theobald Smith (yang terkenal akan hasilnya pada anafilaksis), namun *Salmonella* dinamai dari Daniel Edward Salmon, ahli patologi Amerika. *Salmonella* adalah suatu genus bakteri enterobakteria. Bakteri gram negatif batang berbentuk tongkat yang sangat besar yang terdiri lebih dari 2000 serotipe yang menyebabkan beberapa macam penyakit seperti tifoid, paratifoid, dan penyakit *foodborne*. Semua serotipe ini bersifat patogen bagi manusia dan dapat menyebabkan serangkaian gejala mulai dari gastroenteritis ringan hingga penyakit parah atau kematian (Hartari, 2018).

Salmonella mampu menginfeksi berbagai macam hewan yang berdarah dingin dan hangat. Di Amerika Serikat, *salmonellosis* terutama disebabkan oleh penularan melalui makanan karena bakteri menginfeksi daging sapi dan unggas dan mampu tumbuh dalam makanan ini. Salmonellosis adalah penyebab utama penyakit bawaan makanan karena bakteri di Amerika Serikat. Karena rute penularannya adalah fekal-oral, setiap makanan atau air yang terkontaminasi dengan feses dapat mentransmisikan

ne ke inang baru. Mungkin 90% dari semua kasus adalah bawaan
n: namun, wabah yang ditularkan melalui air telah didokumentasikan



dengan baik. *Salmonella* memiliki kemampuan untuk tumbuh dalam makanan dan lumpur limbah yang diolah (Haas et al., 2014).

1. Taksonomi Bakteri *Salmonella*

Adapun taksonomi dari bakteri *Salmonella sp.* dijelaskan sebagai berikut (Madigan et al., 2010):



Gambar 1. Bakteri *Salmonella sp.*
(Sumber : www.livescience.com)

Filum : *Bacteria (Eubacteria)*

Kelas : *Prateobacteria*

Ordo : *Eubacteriales*

Famili : *Enterobacteriae*

Genus : *Salmonella*

Spesies : *Salmonella sp.*

2. Morfologi Bakteri *Salmonella*

Salmonella sp merupakan bakteri batang lurus, gram negatif, tidak spora, dan bergerak dengan flagel. Bakteri ini bersifat fakultatif



anaerob yang dapat tumbuh dan berkembang pada suhu dengan kisaran 5°C - 45°C dengan suhu optimum 35°C - 37°C dan akan mati pada pH di bawah 4,1. *Salmonella sp* tidak tahan terhadap kadar garam tinggi dan akan mati jika berada pada media dengan kadar garam di atas 9%. *Salmonella sp* berbentuk bacillus dan berupa rantai filamen panjang ketika berada pada suhu ekstrim yaitu 4°C - 8°C atau pada suhu 45°C dengan kondisi pH 4,4 atau 9,4. Panjang rata-rata *Salmonella sp* berkisar 2 µm - 5 µm dengan lebar 0,8 µm – 1,5 µm (Pratiwi, 2017).

3. Fisiologi Bakteri *Salmonella*

Ciri-ciri lain dari Bakteri *Salmonella* secara fisiologis yakni berkembang biak dengan cara membelah diri, dan mudah tumbuh pada medium sederhana. Struktur sel bakteri *Salmonella sp* terdiri dari inti (nukleus), sitoplasma, dan dinding sel. Karena dinding sel bakteri ini bersifat gram negatif, maka memiliki struktur kimia yang berbeda dengan bakteri gram positif (Pratiwi, 2017).

4. Patogenesis dan Gejala Klinik Bakteri *Salmonella*

Salmonella adalah suatu bakteri yang dapat menimbulkan keracunan (*Salmonella food poisoning*), dengan gejala-gejala seperti mual-mual, muntah, sakit perut, sakit kepala, kedinginan, demam, dan diare (Sudargo et al., 2018). Selain keracunan, penyakit lain yang dapat

akibatkan oleh bakteri *Salmonella* adalah penyakit gastroenteritis. Penyakit usus terjadi dengan penetrasi organisme *Salmonella* dari lumen



usus ke lapisan usus, di mana terjadi peradangan dan enterotoksin diproduksi. Gejala langsung termasuk mual, muntah, kram perut, diare, demam, dan sakit kepala. Gejala akut dapat berlangsung selama 1-7 hari atau dapat diperpanjang, tergantung pada faktor inang dan karakteristik regangan individu. Pada wabah, tingkat fatalitas kasus adalah 0,1% dari orang yang terkena dampak. Sekuele termasuk artritis reaktif pada 2,3% kasus dan sindrom Reiter pada 0,23%. Kekebalan terhadap infeksi *Salmonella* hanya sebagian saja. Dalam eksperimen sukarelawan, pasien yang ditantang kembali dengan strain homolog menjadi sakit untuk kedua kalinya, meskipun dengan gejala yang agak lebih ringan daripada paparan awal (Haas et al., 2014).

5. Pencegahan Bakteri *Salmonella*

Dalam pencegahan terkontaminasinya bakteri *Salmonella* dapat dilakukan dengan menerapkan prinsip pokok untuk menjamin keamanan makanan diantaranya yaitu (Restianida, 2018):

- a. Makanan dipilih setelah diproses
- b. Makanan dimasak dengan matang
- c. Makanan disimpan dengan benar
- d. Makanan yang sudah siap segera disantap
- e. Makanan dipanaskan kembali dengan benar

dari kontak makanan dengan bahan mentah

lakukan cuci tangan



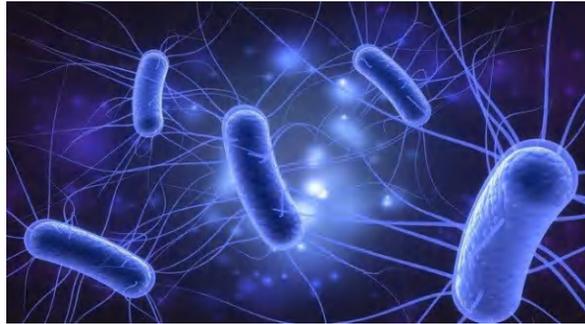
- h. Makanan ditutup untuk melindungi dari serangga
- i. Air yang digunakan untuk mencuci bahan makanan harus bersih
- j. Tempat pengolahan makanan harus bersih

B. Tinjauan Umum tentang Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah bakteri yang ditemukan dan dinamai menurut Theodor Esherich. Itu diklasifikasikan ke dalam kelompok bakteri Gram-negatif. *Escherichia coli* usus manusia normal ditemukan bersifat non-patogen. (Faktanya, dalam berbagai bakteri usus semuanya non patogen). Namun penyakit akibat *Escherichia coli* juga bisa dilihat. Bakteri *Escherichia coli* dapat keluar bersama feses dan menyebabkan penyakit. Meskipun berada di luar usus *Escherichia coli* dapat hidup secara normal di dalam air dan dapat bertahan hidup dengan baik dengannya. Karena *Escherichia coli* terdeteksi di usus, maka, jika terdeteksi dalam air atau makanan, itu berarti bahwa air atau makanan tersebut terkontaminasi dengan kotoran. Jadi deteksi *Escherichia coli* dalam hal ini, mengindikasikan sanitasi yang buruk. Dalam kesehatan masyarakat, deteksi *Escherichia coli* dalam makanan atau air penting dalam pengawasan sanitasi karena sebagai indeks untuk menunjukkan kontaminasi biologis (Wiwanitkit, 2011).



1. Taksonomi Bakteri *Escherichia coli*



Gambar 2. Bakteri *Escherichia coli*
(Sumber : www.livescience.com)

Bakteri *Escherichia coli* yang dikenal dalam dunia kesehatan dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Setyorini, 2013):

Filum : *Thallophyta*

Kelas : *Syzomycetes*

Ordo : *Eubacteriales*

Famili : *Enterobacteriaceae*

Genus : *Eschericia*

Spesies : Escherichia coli

2. Morfologi Bakteri *Escherichia coli*

Bakteri *Escherichia coli* adalah bakteri fakultatif anaerobik yang berbentuk batang, tidak berkapsul, dan dapat bergerak aktif. *Escherichia coli* umumnya secara normal hidup terdapat dalam alat pencernaan manusia. Bakteri *Escherichia coli* berbentuk batang pendek dengan

panjang 0,4-0,7 miumeter x 1,4 miumeter sehingga bakteri ini merupakan bakteri kokobasil. Sebagian besar bakteri *Escherichia coli* memiliki gerak



positif, dan beberapa *strain* memiliki kapsul. Pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* terjadi pada suhu 10-40°C dan 37°C pada suhu optimal. Beberapa kategori *Escherichia coli* terdiri dari *Escherichia coli* enteropatogenik, *Escherichia coli* enterotoksigenik dan *Escherichia coli* Enteroinasif. Bakteri *Escherichia coli* dalam perpindahannya melalui tiga perantara yaitu (Restianida, 2018) :

- a. antar orang ke orang,
- b. melalui makanan-minuman yang tidak dimasak sempurna,
- c. melalui binatang yang telah terinfeksi bakteri *Escherichia coli* kemudian menyebarkan ke makanan atau minuman yang dikonsumsi oleh manusia.

3. Fisiologi Bakteri *Escherichia coli*

Secara fisiologis, bakteri *Escherichia coli* membelah setiap 20 menit. Bila faktor-faktor luar tetap baik, maka dalam waktu 24 jam akan terbentuk sebanyak 2^{27} kuman. Sebab-sebab kematian bakteri *Escherichia coli* biasanya akibat kurangnya *nutrient* bakteri ataupun akibat ekskresi yang meningkat. *Escherichia coli* dapat bertahan hingga suhu 60°C selama 15 menit atau pada suhu 55°C selama 60 menit (Chandra, 2006).

4. Patogenesis dan Gejala Klinik Bakteri *Escherichia coli*

Bakteri *Escherichia coli* juga dapat membahayakan kesehatan, karena diketahui bahwa bakteri *Escherichia coli* merupakan bagian dari biota normal saluran pencernaan dan telah terbukti bahwa galur



galur tertentu mampu menyebabkan *gastroenteritis* taraf sedang sampai parah pada manusia dan hewan tersebut. *Escherichia coli* di dalam usus memasuki kandung kemih, maka dapat menyebabkan *sintitis* yaitu suatu peradangan pada selaput lendir organ (Bunsal et al., 2015).

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

a. *Escherichia coli* enteropatogenik (EPEC)

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

tonis.



b. *Escherichia coli* enterotoksigenik (ETEC)

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

c. *Escherichia coli* enteroinvasif (EIEC)

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

d. *Escherichia coli* enterohemoragik (EHEC)

Escherichia coli enterohemoragik adalah merupakan bakteri *Escherichia coli* yang dapat memproduksi verositotoksin. Masa inkubasi untuk penyakit ini 3-8 hari dengan median 4 hari. Infeksi yang



ditimbulkan dari bakteri enterohemoragik dapat dikenali melalui beberapa gejala yaitu orang yang bersangkutan mengalami kram perut serta diare, yang mungkin juga disertai dengan pendarahan. Gejala dari *Escherichia coli* enterohemoragik dapat juga berupa demam dan muntah-muntah. Infeksi tersebut dapat menimbulkan komplikasi yang menyebabkan kematian seperti sindrom uremik hemolitik pada sekitar 10% penderita, khususnya pasien anak dan usia lanjut.

e. *Escherichia coli* enteroagregatif

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

5. Pengobatan Bakteri *Escherichia coli*

Kuman *Escherichia coli* yang diisolasi dari infeksi di dalam masyarakat biasanya sensitif terhadap obat-obat anti mikroba yang digunakan untuk mikroorganisme gram negatif, meskipun juga terdapat strain-strain resisten, terutama pada pasien dengan riwayat pengobatan antibiotika sebelumnya (Setyorini, 2013).

6. Pencegahan Bakteri *Escherichia coli*

Bakteri *Escherichia coli* dapat menginfeksi korbannya melalui makanan yang dikonsumsi. Dalam hal ini, penyebab sakitnya seseorang

adalah akibat masuknya bakteri patogen ke dalam tubuh melalui makanan yang telah tercemar oleh bakteri. Menurut Amaliyah (2017) hal-hal yang



dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya keracunan makanan yang diakibat bakteri patogen adalah :

a. Mencegah secara higiene, yaitu:

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

b. Mencegah secara sanitasi, yaitu:

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



yang merupakan pembawa bibit yang memproduksi racun misalnya bakteri

C. Tinjauan Umum tentang Bakteri dalam Makanan

Makanan adalah salah satu sumber energi dan gizi bagi manusia agar dapat melaksanakan aktivitasnya sehari-hari. Manusia tidak memiliki tenaga tanpa makanan untuk bisa melakukan berbagai rutinitasnya setiap hari. Makanan yang aman dan sehat adalah salah satu faktor yang penting untuk meningkatkan derajat kesehatan, oleh karena itu kualitas makanan yang baik secara kimiawi, bakteriologis, maupun fisik harus selalu dipertahankan. Higiene dan sanitasi pengolahan makanan perlu diperhatikan lebih seksama agar bisa meningkatkan derajat kesehatan masyarakat (Ziku, 2018).

Makanan berfungsi sebagai pertumbuhan dan perkembangan, mengatur metabolisme, memperoleh energi, serta berperan di dalam mekanisme pertahanan tubuh terhadap berbagai macam penyakit. Perkembangan teknologi dapat mempengaruhi gaya hidup masyarakat seperti perubahan pola hidup seseorang dengan lebih banyak mengonsumsi makanan siap saji dibanding dengan makanan yang bergizi dan alami. Hadirnya makanan siap saji di kalangan masyarakat menjadikan makanan tersebut lebih dipilih karena dianggap lebih efisien dan cepat. Makanan siap

memiliki beberapa keunggulan namun memiliki risiko terhadap kesehatan



karena pengolahan makanan yang tidak higienis sehingga menjadikan makanan terkontaminasi oleh bakteri berbahaya (Saridewi, 2016).

Berikut merupakan beberapa spesies patogen yang dapat menyebabkan penyakit akibat keracunan makanan (*foodborne disease*) (WHO, 2015):

Tabel 1. Beberapa jenis patogen penyebab keracunan makanan

Penyakit keracunan makanan	Bakteri penyebab	Sumber terjadinya kontaminasi	Masa inkubasi	Gejala klinis	Tindakan pencegahan
Salmonellosis (nontyphoidal)	Spesies Salmonella (lebih dari 2.500 jenis)	Telur mentah atau setengah matang, daging dan unggas setengah matang, buah dan sayuran mentah yang terkontaminasi (seperti kecambah dan melon), susu yang tidak dipasteurisasi serta produk olahan susu lainnya seperti mentega dan keju	6-72 jam (biasanya 12-36 jam)	Diare (seringkali disertai darah), kram, nyeri perut, serta demam yang muncul 2 – 5 hari setelah mengkonsumsi makanan yang terkontaminasi	Masak hingga matang makanan seperti telur, unggas, dan daging cincang; cucilah buah dan sayuran mentah sebelum dikupas, dipotong, atau dimakan langsung; hindari mengkonsumsi produk olahan susu yang belum dipasteurisasi serta makanan mentah; bersihkan permukaan dapur dan hindari terjadinya kontaminasi silang dengan tidak menggunakan wadah yang sama untuk menyimpan makanan mentah dan matang
Sindrom Haemolytic uraemic	E. coli O157:H7; Enterohaemorrhagic E. coli (EHEC)	Mengonsumsi daging cincang mentah atau setengah matang atau minum minuman atau produk susu lainnya yang tidak dipasteurisasi	3 hingga 8 hari, namun biasanya 3-4 hari	Diare akut (seringkali disertai darah), kram perut, dan muntah; biasanya jarang disertai demam	EHEC sensitive terhadap panas, jadi masaklah daging sampai matang; hindari produk susu yang tidak dipasteurisasi, jus; jaga kebersihan tempat memasak dan mencegah kontaminasi silang
Shigellosis	Shigella dysenteriae	Kebanyakan kejadian luar biasa akibat dari makanan	1-2 hari	Diare (encer atau disertai darah), demam, kram	Cucilah tangan dengan air hangat dan sabun sebelum memasak dan sesudah dari kamar



		khususnya salad, makanan yang disiapkan dan dimasak oleh pemasak dengan tingkat kebersihan perorangan rendah		perut	mandi, mengganti popok, atau berhubungan dengan orang yang terinfeksi
Campylobacteriosis	Campylobacter jejuni	Unggas atau daging	2-5 hari	Diare (seringkali disertai darah), nyeri perut, demam, sakit kepala, mual, dan/atau muntah	Masalah makanan lainnya yang mentah dan setengah matang, produk susu yang belum dipasteurisasi, air yang tidak sehat atau bahan yang terkontaminasi sampai matang karena spesies Campylobacter dapat dibunuh melalui panas; hindari kontaminasi silang dengan menggunakan talenan berbeda untuk memotong makanan mentah dan matang; jangan minum susu mentah; dan sering mencuci tangan
Staphylococcal food poisoning	Staphylococcus aureus	Salad daging ham, ikan tuna, telur, ayam, kentang, dan makaroni; roti lapis; susu atau keju yang terkontaminasi; olahan roti seperti pai krim	2-8 jam	Mual, muntah, kram perut, dan diare; terkadang disertai sakit kepala dan demam	Cucilah tangan dengan air dan sabun; jangan menyiapkan atau menyajikan makanan jika ada luka atau infeksi kulit pada tangan atau pergelangan; pastikan makanan berada di luar zona bahaya dengan mendinginkan sesegera mungkin.
Keracunan makanan clostridial, sindrom pigbel	Clostridium perfringens	Daging, olahan daging serta saus yang terbuat dari kaldu (<i>gravy</i>) seringkali disebut bakteri dapur karena banyak kejadian luar biasa terjadi karena sisa makanan tertinggal lama pada tempat	6-24 jam	Mual, kram perut yang intens, dan diare; demam dan muntah juga merupakan gejala yang tidak umum pada keracunan makanan oleh Clostridium	Pastikan makanan panas tetap panas dan makanan dingin tetap dingin. Ketika makanan telah dimasak, pastikan agar tetap panas, dengan suhu internal pada 60°C atau lebih; panaskan kembali makanan yang telah dimasak hingga mencapai suhu 74°C; buang semua makanan



		pengolah atau suhu ruang		perfringens toxins	yang mudah busuk, yang telah lebih dari 2 jam
Listeriosis	Listeria Monocytogenous	Makanan siap santap yang didinginkan seperti sosis, susu yang belum dipasteurisasi, serta produk susu lainnya seperti susu dan keju, daging mentah atau yang dimasak setengah matang, unggas, dan ikan	3-21 hari (bahkan hingga 70 hari, pada kasus tertentu yang jarang terjadi)	Demam, nyeri otot, terkadang gejala gastrointestinal seperti mual atau diare; gejala seperti sakit kepala, leher kaku, linglung, hilang keseimbangan hingga gemetar	Masaklah semua bahan pangan hingga matang, panaskan makanan yang telah dimasak pada suhu 74°C, pisahkan daging mentah dari makanan yang telah dimasak atau makanan siap santap, jagalah kebersihan kulkas dan area dapur
Botulism	Clostridium botulinum (jenis A, B, E, dan kemungkinan kecil F)	Makanan kaleng produk rumah tangga dengan kandungan asam yang rendah, makanan kaleng komersial yang dikemas dengan kurang layak, ikan yang dikemas kalengan atau yang difermentasikan	12-36 jam	Lelah, lesu, dan vertigo, biasanya diikuti dengan pandangan kabur, mulut kering, mata sayu, hingga kesulitan menelan dan berbicara (tidak ada demam ataupun hilang kesadaran)	Jangan mengonsumsi makanan kaleng yang terlihat rusak atau berbau tidak sedap, bocor, berlubang, berkarat, atau penyok

Makanan yang dikonsumsi hendaknya memenuhi kriteria bahwa makanan tersebut layak untuk dimakan dan tidak menimbulkan penyakit. Berada dalam derajat kematangan yang dikehendaki. Makanan bebas dari pencemaran disetiap tahap produksi dan penanganan selanjutnya. Terbebas dari perubahan fisik, kimia yang tidak dikehendaki, sebagai akibat dari pengaruh enzim, aktivitas mikroba, hewan pengerat, serangga, parasit dan an-kerusakan karena tekanan, pemasakan dan pengeringan.



Makanan terbebas dari mikroorganisme dan parasit yang menimbulkan penyakit yang dihantarkan oleh makanan (*foodborne illness*) (Wardhani, 2016). Bakteri dapat menyebabkan keracunan pada makanan melalui dua mekanisme yaitu (Aulia, 2015):

1. Intoksikasi

Intoksikasi merupakan keracunan pangan yang disebabkan oleh produk toksik bakteri patogen. Bakteri akan tumbuh pada pangan dan memproduksi toksin jika pangan ditelan, sehingga toksin tersebut yang menyebabkan gejala penyakit bukan bakterinya. Beberapa bakteri patogen yang dapat mengakibatkan keracunan pangan adalah *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas cocovenenans*.

2. Infeksi

Infeksi merupakan bakteri patogen dapat menginfeksi korbannya melalui pangan yang dikonsumsi. Penyebab sakit atau infeksi akibat masuknya bakteri patogen ke dalam tubuh melalui konsumsi pangan yang telah tercemar. Beberapa bakteri patogen yang dapat menginfeksi tubuh melalui pangan sehingga dapat menimbulkan sakit adalah *Salmonella sp*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Shigella sp*, *Vibrio parahaemolyticus*.

Salur masuknya kontaminan bakteri ke dalam makanan dapat melalui
a, antara lain melalui kontaminasi tidak langsung (kontaminasi silang)



dan kontaminasi langsung. Kontaminasi langsung merupakan kontaminasi pada makanan yang terjadi secara langsung karena ketidaktahuan atau kelalaian yang disengaja ataupun tidak disengaja. Kontaminasi silang merupakan kontaminasi yang terjadi pada makanan secara tidak langsung karena ketidaktahuan dalam pengelolaan makanan (Urfa, 2018). Kontaminasi silang juga merupakan konsep keamanan makanan yang sangat penting. Keadaan ini terjadi jika zat pencemar berpindah dari satu makanan ke makanan lain melalui permukaan benda selain makanan, misalnya alat yang digunakan untuk memasak, dan tangan manusia (Arisman, 2009).

Adanya kontaminasi bakteri di dalam makanan dapat menyebabkan perubahan-perubahan yang tidak diinginkan seperti penampilan, tekstur, rasa dan bau pada makanan. Banyak faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jumlah serta jenis mikroba yang terdapat dalam makanan, diantaranya adalah:

1. Sifat makanan itu sendiri (pH, kelembaban, nilai gizi)
2. Keadaan lingkungan darimana makanan itu diperoleh
3. Kondisi pengolahan ataupun penyimpanan (BPOM, 2008).

Disamping itu, ada beberapa faktor yang juga dapat mendukung perkembangbiakan bakteri pada makanan diantaranya (Wardhani, 2016):

1. Kelembaban

Tubuh bakteri terdiri dari 80% air, bakteri membutuhkan air selama hidupnya. Kebutuhan jasad renik akan air dinyatakan sebagai *water*



activity (a_w). Secara sederhana a_w dapat diartikan sebagai jumlah ketersediaan air di dalam makanan untuk mendukung pertumbuhan mikroba. Nilai a_w berkisar dari angka 0,00 hingga 1,00, pembusukan yang diberlangsungkan oleh bakteri gram negatif pada a_w 0,98 hingga 0,93, sekaligus membuka jalan bagi bakteri gram positif pada proses pembusukan tersebut.

2. Derajat Keasaman (pH)

pH makanan juga berdampak terhadap kemampuan daya penghancuran bakteri oleh pemanasan. Jika pH rendah (diturunkan), jumlah panas yang dibutuhkan lebih sedikit daripada jumlah panas pada makanan dengan pH yang lebih tinggi.

3. Nutrisi Bakteri

Zat gizi yang diperlukan oleh bakteri adalah air, sumber energi, nitrogen, vitamin dan mineral yang semuanya tersimpan dalam makanan. Jasad renik penyebab keracunan dapat memperoleh energi pertumbuhan dari karbohidrat, alkohol dan asam amino.

4. Struktur Biologi

Struktur biologi adalah bahan pembangun suatu zat makanan dan bukan bakteri. Struktur biologi berkaitan dengan kerentanan suatu produk makanan.



5. Temperatur

Kemampuan jasad renik untuk bertahan pada lingkungan bersuhu rendah atau tinggi sangat beragam. Berdasarkan temperatur lingkungan tempat bakteri dapat tumbuh dan berkembang secara maksimal diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yaitu psikrofilik, yaitu bakteri yang dapat hidup pada suhu dingin antara suhu 0-25°C dengan suhu optimum 20-25°C, mesofilik yaitu bakteri yang dapat tumbuh pada suhu antara 20-45°C dengan suhu optimum 30-37°C, dan termofilik yaitu bakteri yang dapat tumbuh pada suhu antara 45-70°C dengan suhu optimum 50-55°C.

6. Oksigen

Pertumbuhan bakteri juga dipengaruhi oleh gas-gas utama salah satunya adalah oksigen. Berdasarkan kebutuhan terhadap oksigen, bakteri dapat dikelompokkan menjadi 4 yaitu aerobik (bakteri memerlukan oksigen), anaerobik (bakteri tidak memerlukan oksigen), anaerob fakultatif (bakteri dapat tumbuh pada keadaan aerob dan anaerob), dan anaerob obligat (bakteri dapat tumbuh dengan baik pada keadaan sedikit oksigen).

7. Cahaya

Sebagian bakteri cenderung tumbuh dalam susana gelap, meskipun faktor ini bukan suatu keharusan. Sinar ultra violet dapat

bunuh jasad renik tersebut.



8. Kemasan

Kemasan makanan/minuman dirancang untuk menjaga mutu pangan. Faktor penting dalam pemilihan kemasan adalah sifat impermeabilitas berbagai bahan dapat digunakan sebagai kemasan seperti, kertas, plastik, kaleng, kayu, karton tebal dan foil. Agar kertas dapat digunakan sebagai kemasan kandungan jasad renik tidak boleh lebih dari 250 organisme pergram makanan, kemasan susu tidak boleh berisi lebih dari 1 mikroba per sentimeter persegi.

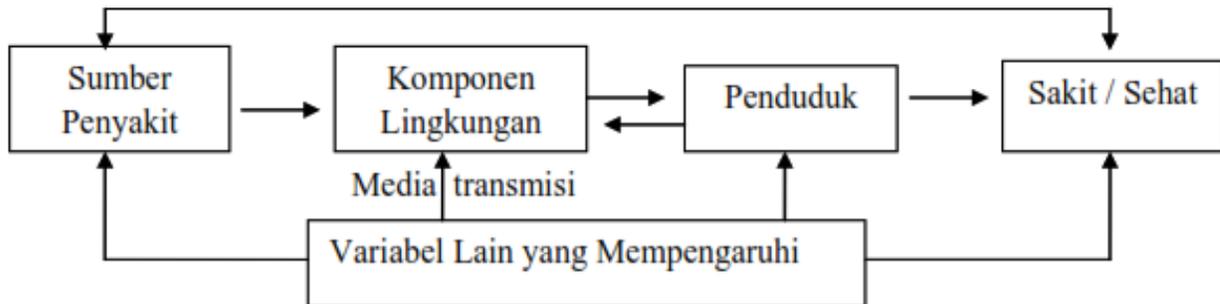
Mencegah pertumbuhan bakteri yang terlanjur berada dalam makanan dapat dilakukan dengan cara (Arisman, 2009) :

1. Menyimpan makanan yang berisiko tinggi pada temperatur yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri.
2. Menyiapkan makanan secepat mungkin agar tidak terlalu lama berada dalam wilayah berisiko (bahan makanan yang berisiko tinggi jangan pernah diletakkan pada suhu ruangan).
3. Menggunakan bahan pengawet yang cocok dan tidak membahayakan.
4. Tidak membiarkan makanan kering menjadi lembab.

Keberadaan bakteri pada makanan didukung oleh adanya *agent* sebagai sumber, lingkungan sebagai media, perilaku dari manusia (perilaku pemajanan, dan kemudian hingga terjadinya kejadian penyakit. Hal ini sesuai

Teori Simpul yang dipaparkan oleh Achmadi (2010) seperti yang
 in berikut.





Gambar 3. Teori Simpul

Mengacu kepada gambaran skematik di atas, maka patogenesis penyakit dapat diuraikan ke dalam 4 (empat) simpul, yakni :

1. Simpul 1: sumber penyakit

Sumber penyakit adalah titik mengeluarkan 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:

- a. Mikroba, seperti virus, amuba, jamur, bakteri, parasit, dan lain-lain.
- b. Kelompok fisik, misalnya kekuatan radiasi, energi kebisingan, kekuatan cahaya.
- c. Kelompok bahan kimia toksik, misalnya pestisida, Merkuri, Cadmium,

H₂S dan lain-lain.



Sumber penyakit adalah titik yang secara konstan maupun kadang-kadang mengeluarkan satu atau lebih berbagai komponen lingkungan hidup tersebut di atas.

2. Simpul 2: media transmisi penyakit

Ada lima komponen lingkungan yang lazim kita kenal sebagai media transmisi penyakit, 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.

3. Simpul 3: perilaku pemajanan (*behavioural exposure*)

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 penduduk berikut perilakunya, dapat diukur dalam konsep yang disebut sebagai perilaku pemajanan atau behavioural exposure. Perilaku pemajanan adalah jumlah kontak antara manusia dengan komponen lingkungan yang mengandung potensi bahaya penyakit (agent penyakit). Masing-masing agent penyakit yang masuk ke dalam tubuh dengan cara-cara yang khas. Ada 3 jalan masuk ke dalam tubuh manusia, yakni :

1. Melalui sistem pernafasan

2. Melalui sistem pencernaan



c. Masuk melalui permukaan kulit

4. Simpul 4: kejadian penyakit

Kejadian penyakit merupakan outcome hubungan interaktif penduduk dengan lingkungan yang memiliki potensi bahaya gangguan kesehatan. Seseorang dikatakan sakit kalau salah satu maupun bersama mengalami kelainan dibandingkan dengan rata-rata penduduk lainnya.

D. Tinjauan Umum tentang QMRA

Kerangka kerja QMRA digunakan untuk memperkirakan risiko penyakit bawaan makanan yang diberikan variabel seperti konsentrasi patogen, tingkat konsumsi produk, dan data dosis-respons untuk populasi yang terpapar. Aplikasi QMRA digunakan untuk tujuan keamanan pangan dalam rangkaian terbatas sumber daya yang dapat membantu dalam mengelola risiko kesehatan masyarakat dari patogen bawaan makanan (Kundu et al., 2018).

World Health Organization (WHO) mendefinisikan analisis risiko sebagai proses yang dimaksudkan untuk menghitung atau memperkirakan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem, atau sub populasi, termasuk identifikasi ketidakpastian yang menyertainya, setelah terpajan oleh agen tertentu dengan memperhatikan karakteristik yang melekat pada penyebab

yang sedang dikaji dan karakteristik system sasaran yang spesifik. sendiri didefinisikan sebagai kebolehjadian (probabilitas) suatu efek



yang merugikan pada suatu organisme, sistem, sub populasi yang disebabkan oleh pemajanan suatu agen dalam keadaan tertentu (Mallongi and Dullah, 2014).

Analisis risiko adalah alat yang berharga dalam pengelolaan masalah keamanan pangan mikroba dan dapat memberikan pendekatan sistematis bagi otoritas pengawas dan industri makanan untuk mengendalikan risiko yang ditimbulkan oleh patogen dalam komoditas pangan tertentu. Analisis risiko terdiri dari tiga elemen: penilaian risiko, manajemen risiko dan komunikasi risiko. Penilaian risiko adalah bagian ilmiah dari proses dimana bahaya diidentifikasi dan risiko yang ditimbulkan oleh bahaya tertentu (mis. Patogen) dihitung. Prinsip-prinsip penilaian risiko termasuk empat tahap yang terlibat (identifikasi bahaya, penilaian paparan, karakterisasi bahaya dan karakterisasi risiko) diuraikan oleh *Codex Alimentarius Commission* (Codex and WHO, 2007).

Dalam *Microbial Risk Assessment Guideline*, dijelaskan langkah-langkah membuat manajemen risiko mikroba yaitu, dengan merumuskan masalah dalam konteks yang luas (*planning and scoping*), menganalisis risiko (*risk assessment*), menentukan pilihan prioritas risiko (*risk characterization*), membuat keputusan yang tepat, mengambil tindakan untuk melaksanakan keputusan dan melakukan evaluasi terkait efektivitas tindakan

ambil (EPA, 2012).



1. Perencanaan dan pelingkupan (*planning and scoping*)

Perencanaan dan pelingkupan adalah proses yang mendefinisikan tujuan dan lingkup dari penilaian risiko yang berfokus pada masalah dan pendekatan-pendekatan yang terlibat dalam melakukan penilaian. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa penilaian risiko dilakukan dengan baik dan relevan. Proses perencanaan dan pelingkupan menjabarkan petunjuk bagaimana penilaian risiko akan dilakukan.

Perencanaan dan pelingkupan meliputi :

- a. Mendefinisikan tujuan penilaian
- b. Mendefinisikan ruang lingkup analisis dan hasil yang dibutuhkan
- c. Menyepakati peserta, peran, dan tanggung jawab
- d. Menyepakati kedalaman penilaian dan pendekatan analitis (apakah penilaian risiko termasuk model statis atau dinamis)
- e. Menyepakati sumber daya yang tersedia dan jadwal penilaian risiko
- f. Merumuskan masalah
- g. Mengembangkan model konseptual
- h. Membangun rencana analisis
- i. Mengidentifikasi pilihan manajemen risiko awal yang tersedia

2. Identifikasi bahaya (*Hazard Identification*)

Dalam buku *Quantitative Microbial Risk Assessment Methodology*

Haas et al. (2014), langkah pertama dalam proses QMRA adalah menentukan jenis patogen yang akan dinilai dan objek apa yang akan



diteliti sehingga ketika hal ini akan memberikan gambaran tentang risiko yang akan diukur. Selain itu menurut EPA (2012), langkah awal dalam QMRA yaitu identifikasi bahaya yang merupakan komponen kunci dari penilaian risiko sehingga pada tahapan identifikasi bahaya, bakteri yang menjadi agen penyakit akan diidentifikasi.

Identifikasi bahaya dan karakterisasi bahaya (HI/HC) merupakan komponen kunci dari penilaian risiko. Dalam proses HI, agen mikrobiologi yang dapat merugikan kesehatan akan diidentifikasi dan didefinisikan dalam konteks informasi epidemiologi, surveilans, aspek klinis, mikroba (agen spesifik) dan informasi lingkungan (termasuk meteorologi dan geografis). Sedangkan proses HC berfokus pada mikroorganisme tertentu dan mekanisme potensial yang dapat menyebabkan gangguan dan kemampuan mikroorganisme dalam menimbulkan efek bahaya atau dikenal dengan istilah interaksi *host*-bakteri, virulensi, patogenitas dan dosis-respon. Kondisi meteorologi dan geografis lingkungan dapat mempengaruhi persistensi dan penyebaran agen mikroba dalam lingkungan dan mempengaruhi tingkat paparan potensial.

3. Penilaian Dosis-Respon

Dosis-respons ditujukan untuk karakterisasi matematis dari hubungan antara dosis yang diberikan dan kemungkinan infeksi atau sakit atau kematian pada populasi yang terpajan. Model dosis-respons yang lebih akurat dan signifikan besar didasarkan pada data eksperimental. Mikroorganisme



diukur dalam dosis yang secara rutin digunakan untuk menghitung mikroba spesifik di laboratorium, seperti jumlah koloni pada media agar untuk bakteri, jumlah plak dalam kultur sel untuk virus, dan jumlah mikroskopis langsung dari kista / ookista untuk protozoa. Namun, ini berarti bahwa untuk protozoa menghasilkan jumlah partikel yang esensial (organisme yang tidak dapat hidup dilihat secara mikroskopis dapat dihitung dalam dosis), sementara dengan bakteri dan virus, masalah yang berlawanan ada pada organisme yang hidup tetapi tidak dapat dibiakkan tidak dihitung. Meskipun terdapat keterbatasan dalam estimasi dosis ini, metode yang digunakan mirip dengan yang digunakan untuk mendeteksi mikroorganisme yang sama dalam sampel lingkungan. Rute paparan alami digunakan: konsumsi langsung, melalui inhalasi, atau kontak (Haas et al., 2014).

4. Penilaian Paparan

Penilaian paparan adalah upaya untuk menentukan ukuran dan sifat populasi yang terpapar dan rute, konsentrasi, dan distribusi mikroorganisme dan durasi paparan. Tujuan dari penilaian pajanan adalah untuk memperkirakan besarnya dan frekuensi pajanan untuk masing-masing patogen referensi melalui jalur paparan yang diidentifikasi dan kejadian berbahaya yang ditentukan selama perumusan masalah.

...m penilaian paparan, besarnya dan frekuensi paparan ke setiap
...gen referensi melalui setiap jalur paparan yang diidentifikasi selama



setiap kombinasi kondisi peristiwa diperkirakan. Frekuensi paparan didefinisikan dalam penilaian paparan, tetapi diterapkan dalam karakterisasi risiko untuk mengukur probabilitas keseluruhan satu atau lebih infeksi / penyakit untuk interval waktu tertentu (misalnya per tahun), karena tingkat paparan yang lebih tinggi mungkin terjadi (WHO, 2016).

5. Karakterisasi Risiko

Dalam karakterisasi risiko, informasi dari penilaian paparan dan penilaian efek kesehatan digabungkan untuk menghasilkan ukuran risiko kuantitatif. Perhitungan yang dilakukan selama karakterisasi risiko perlu didorong oleh tujuan dan ruang lingkup penilaian, sebagaimana didefinisikan selama perumusan masalah. Hanya dengan menggabungkan semua informasi menjadi satu distribusi risiko (yang mencakup berbagai sumber variabilitas dan ketidakpastian) mungkin tidak informatif. Sebagai alternatif, pemodelan skenario yang cermat bisa sangat berharga untuk menghilangkan pemicu risiko dan mengidentifikasi peluang untuk manajemen risiko. Skenario juga dapat memfasilitasi analisis ketidakpastian dan variabilitas dan analisis sensitivitas yang akan dilakukan selama karakterisasi risiko. Saat menggabungkan informasi dari penilaian dampak paparan dan kesehatan, penting untuk mempertimbangkan konsistensi.



E. Tabel Sintesa

Tabel 2. Penelitian-Penelitian Terkait

No.	Judul Jurnal	Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Analysis of <i>Escherichia coli</i> Existence Factors in Street Food at Primary School in Nggrogot Distrct	2019	untuk mengetahui faktor yang paling dominan diantara faktor-faktor lain, yaitu sanitasi lingkungan, peralatan sanitasi, kebersihan pribadi penjamah makanan, kondisi bahan baku makanan, kondisi penyimpanan makanan, dan kondisi penyajian makanan dengan keberadaan <i>E. coli</i> .	Penelitian menggunakan pendekatan cross sectional. Variabel independen meliputi sanitasi lingkungan, peralatan sanitasi, kebersihan pribadi penjamah makanan, kondisi bahan makanan mentah, kondisi untuk menyimpan makanan siap saji, dan kondisi untuk menyajikan makanan. Sedangkan untuk variabel dependen adalah keberadaan bakteri <i>E. coli</i> .	Faktor yang mempengaruhi keberadaan bakteri <i>E.coli</i> dalam makanan adalah sanitasi lingkungan, kebersihan pribadi penangan makanan, kondisi bahan baku makanan, kondisi penyimpanan makanan, kondisi penyajian makanan. Dalam analisis selanjutnya, kebersihan pribadi penjamah makanan adalah faktor yang paling dominan di antara faktor-faktor lain.
2.	Quantitative microbial risk assessment to estimate the risk of diarrheal diseases from fresh produce consumption in India	2018	bertujuan untuk mengambil langkah-langkah selanjutnya untuk mengintegrasikan data mikroba ke dalam kerangka penilaian risiko sebagai ambang batas di negara India.	Penelitian ini menggunakan pendekatan QMRA Melalui 4 tahap yakni : 1. hazard identification, 2. dose-response assessment, 3. exposure assessment, 4. risk characterization.	Hasil perhitungan analisis risiko penyakit dari berbagai produk segar menunjukkan <i>Probability of illness</i> (kemungkinan risiko penyakit pertahun) tertinggi terdapat pada produk segar (ketumbar) sebesar 59%, diikuti dengan paprika hijau 50%, mentimun Inggris 46%, blewah 38%, dan mentimun 18%.



No.	Judul Jurnal	Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
3.	Quantitative Microbial Risk Assessment for <i>Escherichia coli</i> O157:H7 in Fresh-Cut Lettuce	2017	untuk mengembangkan model QMRA dalam memperkirakan jumlah penyakit yang berhubungan dengan konsumsi <i>E. coli</i> O157: pada selada segar yang terkontaminasi di Amerika Serikat dan untuk mengevaluasi efektivitas berbagai strategi intervensi yang bertujuan mengurangi risiko tersebut.	Prevalensi dan konsentrasi <i>E. coli</i> O157: H7 di sepanjang rantai produksi dari pertanian hingga dikonsumsi dimasukkan dalam model QMRA	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa <i>Probability of illness</i> per sajian dari konsumsi selada segar yang terkontaminasi <i>Escherichia coli</i> sebesar $9,9 \times 10^{-8}$, dengan persentil 5 dan persentil 95 sebesar 29×10^{-13} dan $8,8 \times 10^{-9}$
4.	A Quantitative Risk Assessment of Human Salmonellosis from Consumption of Pistachios in the United States	2018	untuk memperkirakan dampak potensial risiko salmonellosis manusia dari pengurangan <i>Salmonella</i> selama pemrosesan semua pistachio di Amerika Serikat.	Model penilaian risiko diintegrasikan menggunakan simulasi Monte Carlo orde kedua. Penilaian risiko dilakukan mulai dari proses pengumpulan pistachio hingga proses setelah dimasak.	<i>Quantitative Risk Assessment</i> untuk Salmonellosis pada Manusia yang mengkonsumsi pistachio di Amerika Serikat, menunjukkan hasil besar risiko penyakit salmonellosis untuk konsumsi pistachio yang belum dimasak sebesar $4,88 \times 10^{-7}$ dan untuk konsumsi pistachio yang sudah dimasak sebesar $3,05 \times 10^{-13}$.



No.	Judul Jurnal	Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
5.	A Quantitative Risk Assessment of Human Salmonellosis from Consumption of Walnuts in the United States	2018	untuk melakukan penilaian risiko kuantitatif salmonellosis manusia yang timbul dari konsumsi biji kenari di Amerika Serikat dan untuk mengevaluasi efektivitas pengurangan <i>Salmonella</i> pada risiko tersebut sebagai informasi untuk mengambil keputusan manajemen risiko.	Penilaian risiko dilakukan dengan menilai prevalensi dan kadar <i>Salmonella</i> pada kenari mulai dari penyimpanan di hingga titik konsumsi. Penilaian mencakup langkah-langkah utama dalam proses produksi untuk kenari yang akan dijual.	Hasil penilaian risiko pada biji kenari di Amerika Serikat menunjukkan besar risiko penyakit salmonellosis untuk konsumsi inti biji kenari yang masih mentah sebesar $7,15 \times 10^{-9}$, untuk konsumsi biji kenari yang masih mentah sebesar $1,44 \times 10^{-9}$, dan untuk konsumsi biji kenari yang sudah di masak sebesar $2,86 \times 10^{-15}$.
6.	Quantitative microbial risk assessment of <i>Salmonella</i> in dry fermented sausage (salami) in Southern Brazil	2017	untuk menilai dampak inaktivasi <i>Salmonella</i> selama proses fermentasi dan pengeringan serta distribusi bakteri dalam daging babi cincang yang digunakan dalam daging asap Gaya-Italia pada risiko kesehatan konsumen.	Risiko kesehatan konsumen dalam penelitian ini dinilai menggunakan pendekatan <i>modular process risk model</i> (MPRM).	Secara umum, diamati bahwa paparan rata-rata <i>Salmonella</i> karena menelan sebagian dari daging asap yang terkontaminasi sangat rendah; "Nol risiko" (tanpa ada kasus salmonellosis di antara 100.000 porsi salami yang dikonsumsi) ditemukan di 65% dari skenario yang dinilai (265/405) dan risiko rendah ditemukan di 35% dari skenario lainnya (140/405).



No.	Judul Jurnal	Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
7.	Keberadaan <i>Escherichia coli</i> pada Kemangi (<i>Ocimum sanctum L.</i>) dan Kol (<i>Brassica oleraceae</i>) sebagai Menu Ayam lalapan pada Warung makan di Jalan Piere Tendeau Boulevard kota Manado Tahun 2015.	2015	Untuk melihat keberadaan <i>Escherichia coli</i> pada Kemangi (<i>Ocimum sanctum L.</i>) dan Kol (<i>Brassica oleraceae</i>) sebagai Menu Ayam lalapan pada Warung makan di Jalan Piere Tendeau Boulevard kota Manado	Penelitian merupakan penelitian survei deskriptif laboratorium dengan pendekatan <i>cross-sectional</i>	Dari hasil penelitian ditemukan positif <i>E.coli</i> pada semua sampel kemangi di 8 warung makan dan pada sampel kol ditemukan positif <i>E.coli</i> pada 7 sampel dan negatif <i>E.coli</i> pada 1 sampel di 8 warung makan di Jalan Piere Tendeau Kota Manado tahun 2015.
8.	Microbiological Assessment of Chicken Meat Sold at Chicken Rice Stalls in Singapore	2018	Untuk melihat kualitas mikrobiologis dari daging ayam rebus, ayam goreng, dan ayam kecap yang dijual di Warung Nasi Ayam di Singapura	Dengan membandingkan kualitas mikrobiologis dari daging ayam rebus, ayam yang digoreng dan ayam kecap dengan mengevaluasinya dengan menggunakan <i>standard plate count (SPC)</i> dan mendeteksi <i>Escherichia coli</i> , jumlah <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Bacillus cereus</i> .	<ul style="list-style-type: none"> a. Spesies <i>Salmonella</i> ditemukan pada 1,5% (2/136) sampel dan <i>Campylobacter</i> tidak ditemukan pada sampel yang diuji. b. Median SPC diantara sampel daging ayam rebus pada 0, 2, 4, dan 6 jam adalah 2,9, 3,4, 3,4 dan 3,3 log CFU / g. Jumlah bakteri yang hadir tidak meningkat secara signifikan antara 0 dan 2 jam ($p > 0,05$), tetapi memang meningkat secara signifikan dari 0 hingga 4 jam ($p < 0,05$) dan antara 0 dan 6 jam ($p < 0,01$). c. Rata-rata SPC diantara sampel daging ayam goreng pada 0, 2, 4 dan 6 jam masing-masing adalah 1,6, 2,5, 2,6 dan 2,5 log CFU / g. Jumlah bakteri meningkat secara signifikan.



No.	Judul Jurnal	Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
9.	Analysis of <i>Salmonella enteritidis</i> in Chicken Meat and Egg by Real Time-Polymerase Chain Reaction	2017	untuk mengembangkan metode analisis untuk analisis kontaminasi <i>Salmonella enteritidis</i> dalam daging ayam dan telur menggunakan metode reaksi rantai polimerase waktu nyata (PCR).	Penelitian ini melibatkan pengkayaan kultur bakteri <i>S. enteritidis</i> , isolasi DNA, validasi metode PCR waktu nyata dan penerapan metode yang divalidasi untuk menganalisis <i>S. enteritidis</i> dalam produk komersial	Uji spesifisitas dilakukan terhadap empat DNA bakteri (<i>S. enteritidis</i> , <i>S. typhimurium</i> , <i>Escherichia coli</i> dan <i>Listeria monocytogenes</i>) dan DNA ayam menunjukkan bahwa primer ini secara khusus menguatkan <i>S. enteritidis</i> dengan titik puncak leleh pada 77,5-78,0°C. Uji sensitivitas menghasilkan batas deteksi pada 12,5 pg / µL untuk DNA <i>S. enteritidis</i> .
10.	Heat Resistance of <i>Escherichia coli</i> and <i>Salmonella enterica</i> in Ground Beef and Chicken	2018	untuk menentukan <i>heat resistance E. coli</i> dan <i>Salmonella</i> yang tahan panas dan peka terhadap panas pada daging sapi dan daging ayam dan untuk menentukan pengaruh keberadaan bumbu pengikat pada ketahanan panas untuk produk daging	Penelitian ini menggunakan metode kultur. Bakteri <i>E. coli</i> dan <i>S. enterica</i> ditanam secara individual dalam <i>Luria-Bertani broth (LB broth)</i> .	Hasil menunjukkan sebagai berikut : a. Ketika dimasak pada suhu internal 71°C, keberadaan bumbu pengikat tidak meningkatkan kelangsungan hidup <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i> yang tahan panas atau peka terhadap panas. b. Memasak daging sapi ke suhu internal 74°C mencapai pengurangan lebih besar dari 5-log (CFU / g) pada <i>E. coli</i> . c. Setelah dimasak pada suhu internal 74°C, jumlah <i>E. coli</i> dan <i>Salmonella</i> yang tahan panas berkurang kurang dari 3-log (CFU / g) dan <i>E. coli</i> yang peka terhadap panas berkurang lebih besar dari 5-log (CFU / g).

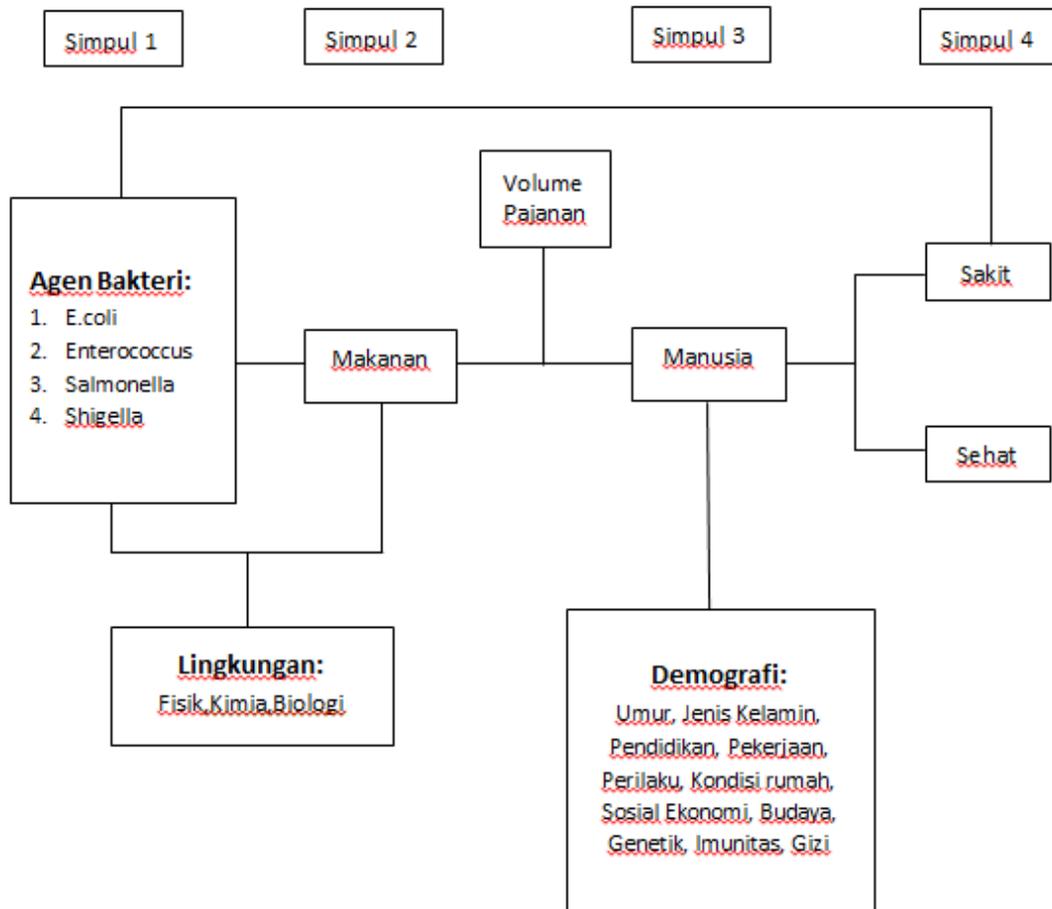


No.	Judul Jurnal	Tahun	Tujuan	Metode	Hasil
11.	A Quantitative Microbial Risk Assessment model for <i>Listeria monocytogenes</i> in RTE sandwiches	2018	untuk memperkirakan jumlah kasus listeriosis per tahun, karena konsumsi sandwich RTE pada hari terakhir masa simpan dalam strata populasi yang berbeda, yang ditentukan oleh status kerentanan.	Penilaian Risiko Mikroba Kuantitatif (QMRA) dilakukan untuk memperkirakan jumlah kasus listeriosis yang diharapkan karena konsumsi pada hari terakhir masa simpan dari 20.000 porsi sandwich yang diproduksi oleh produsen makanan skala menengah di Italia	Dalam penelitian ini, tidak satu pun dari lima sampel salmon asap-dingin, salad hijau, dan cukini menunjukkan banyak patogen di atas batas deteksi (1 Log CFU / g). Hal yang sama terjadi pada roti, karena bahan ini diperlakukan dengan panas dan disegel, sehingga umumnya tidak dianggap sebagai sumber kontaminasi potensial. Sedangkan untuk krim kacang, <i>L. monocytogenes</i> terdeteksi di dua dari lima sampel (nilai rata-rata 3,24 Log CFU / g). Hasil ini tidak terduga, karena perlakuan panas yang diterapkan selama persiapan krim.



F. Kerangka Teori Penelitian

Landasan teori penelitian ini mengacu pada teori simpul yang menjelaskan bahwa kejadian penyakit berbasis lingkungan disebabkan oleh empat simpul (Achmadi, 2010). Adapun kerangka teori penelitian dijelaskan sebagai berikut.



Sumber : Modifikasi Teori Simpul Achmadi (2010)

Gambar 4. Kerangka Teori Penelitian



Simpul 1: sumber penyakit adalah titik mengeluarkan *agent* penyakit. *Agent* penyakit adalah komponen lingkungan yang dapat menimbulkan gangguan penyakit melalui kontak secara langsung atau melalui media perantara (juga komponen lingkungan). *Agent* penyakit dikelompokkan menjadi 3 kelompok besar yaitu kelompok mikroba, kelompok fisik (kebisingan, kekuatan cahaya, dan lainnya), dan kelompok bahan kimia (logam-logam berat dan lainnya).

Simpul 2: media transmisi penyakit adalah komponen-komponen yang berfungsi dalam memindahkan *agent* penyakit ke dalam tubuh manusia. Ada lima komponen yang termasuk sebagai media transmisi penyakit, yaitu: udara, air, tanah/pangan, binatang/serangga, manusia/langsung.

Simpul 3: perilaku pemajanan adalah jumlah kontak antara manusia dengan komponen lingkungan yang mengandung potensi bahaya penyakit.

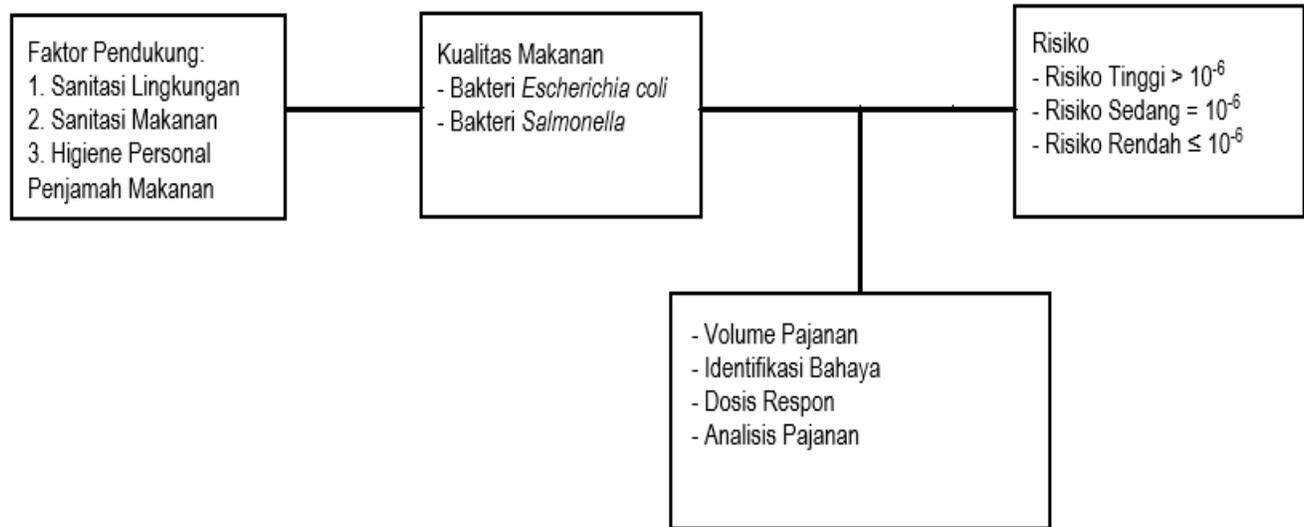
Simpul 4: kejadian penyakit merupakan *outcome* hubungan interaktif antara penduduk dengan lingkungan yang memiliki potensi bahaya gangguan kesehatan.

G. Kerangka Konsep Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka dan teori simpul yang diuraikan di atas, maka disusunlah kerangka konsep *Quantitative Microbial*



Risk Assessment (QMRA) bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* pada ayam lalapan di Warung makan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar. Sesuai kerangka teori yang ada di atas disederhanakan sesuai dengan tujuan penelitian menjadi kerangka konsep dibawah ini.



Gambar 5. Kerangka Konsep Penelitian



H. Definisi Operasional

Definisi operasional variabel adalah pengertian variabel (yang diungkap dalam definisi konsep) tersebut, secara operasional, praktik, dan nyata dalam lingkup obyek penelitian/ obyek yang diteliti. Adapun variabel yang diteliti dalam penelitian ini sebagai berikut.

Tabel 3. Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi	Metode	Alat Ukur	Hasil Ukur
1	Jumlah Bakteri <i>Escherichia coli</i>	Bakteri <i>Escherichia coli</i> yang ditemukan pada Ayam Lalapan di Pondokan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar	Pemeriksaan Laboratorium (Metode TPC)	Inkubator	Jumlah Bakteri <i>Escherichia coli</i> (Numerik)
2	Jumlah Bakteri <i>Salmonella</i>	Jumah bakteri <i>Salmonella</i> yang ditemukan pada Ayam Lalapan di Pondokan sekitar Kampus Universitas Hasanuddin Kota Makassar	Pemeriksaan Laboratorium (Metode TPC)	Inkubator	Jumlah Bakteri <i>Salmonella</i> (Numerik)
3	Sanitasi Lingkungan	Kondisi warung makan terdiri dari kebersihan bagian dapur rumah makan, kebersihan bagian ruang makan, pencahayaan, ketersediaan SPAL dari dapur.	Observasi	Lembar Checklist	1. Kurang: jumlah skor benar \leq 65% 2. Baik: jumlah skor benar $>$ 65%



No	Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur
4	Sanitasi Makanan	Kondisi makanan mulai dari penyimpanan makanan, pengolahan makanan, hingga proses penyajian makanan	Observasi	Lembar Checklist	1. Kurang: jumlah skor benar $\leq 65\%$ 2. Baik: jumlah skor benar $> 65\%$
5	Higiene personal penjamah makanan	Kebiasaan penjamah makanan dalam menjaga kebersihan dirinya selama proses pengolahan makanan hingga penyajian makanan	Observasi	Lembar Checklist	1. Kurang: jumlah skor benar $\leq 65\%$ 2. Baik: jumlah skor benar $> 65\%$
6	Identifikasi bahaya	Survei beberapa penyakit yang terjadi pada lokasi penelitian dengan mengidentifikasi/mengumpulkan beberapa data terkait kondisi kesehatan masyarakat.	Wawancara Responden	Kuesioner	Data jumlah kejadian diare pada penderita dan yang terjadi di wilayah tersebut
7	Analisis dosis-respon	Menghitung probabilitas infeksi harian ($P_{inf/day}$) yang disebabkan oleh paparan mikroba yang masuk ke dalam tubuh	Menggunakan Rumus	-	Angka <i>Probability of Illness/ day</i> (kemungkinan penyakit yang terjadi perhari)



No	Variabel	Definisi	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur
8	Analisis paparan	Menghitung probabilitas infeksi pertahun ($P_{inf.annual}$) dan kemungkinan penyakit yang terjadi pertahun (P_{ill}) yang disebabkan oleh paparan mikroba yang masuk ke dalam tubuh	Menggunakan Rumus	-	Angka <i>Probability of Illness Annual</i> (kemungkinan penyakit yang terjadi pertahun)
9	Karakterisasi risiko	Kemungkinan penyakit yang terjadi pertahun (P_{ill}) dikategorikan menurut besar risikonya	Mangkategorikan Besar Risiko	-	Risiko rendah, jika $P_{ill} < 10^{-6}$ Risiko sedang, jika $P_{ill} = 10^{-6}$ Risiko tinggi, jika $P_{ill} > 10^{-6}$
10	Volume konsumsi	Jumlah atau banyaknya makanan yang dikonsumsi oleh responden perhari	Menimbang Makanan	Timbangan Makanan	Jumlah Volume Makanan

