



UNTAD

**IDENTIFIKASI BAKTERI *Salmonella typhi* DENGAN
PEMERIKSAAN KULTUR DAN MORFOLOGI DI TAMAN
WISATA PEMANDIAN AIR PANAS BORA SIGI**

SKRIPSI

**ANNISA PUTRI SUMANTRI
N 101 22 049**

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS TADULAKO**

DESEMBER 2025



UNTAD

**IDENTIFIKASI BAKTERI *Salmonella typhi* DENGAN
PEMERIKSAAN KULTUR DAN MORFOLOGI DI TAMAN
WISATA PEMANDIAN AIR PANAS BORA SIGI**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
dalam menyelesaikan Program Sarjana Strata Satu (S1)
Program Studi Kedokteran
Fakultas Kedokteran
Universitas Tadulako**

**ANNISA PUTRI SUMANTRI
N 101 22 049**

**PROGRAM STUDI KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS TADULAKO**

DESEMBER 2025

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Judul : Identifikasi Bakteri *Salmonella typhi* dengan Pemeriksaan Kultur dan Morfologi di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi

Nama : Annisa Putri Sumantri

Stambuk : N10122049

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Palu, 10 Desember 2025

Pembimbing



Dr. dr. M. Sabir, M. Si
NIP. 197305262008011011

Mengetahui
Dekan Fakultas Kedokteran



Dr. dr. M. Sabir, M. Si
NIP. 197305262008011011

PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Judul : Identifikasi Bakteri *Salmonella typhi* dengan
Pemeriksaan Kultur dan Morfologi di Taman Wisata
Pemandian Air Panas Bora Sigi

Nama : Annisa Putri Sumantri

Stambuk : N10122049

Disetujui Tanggal : 10 Desember 2025

DEWAN PENGUJI

Ketua : Dr. dr. M. Sabir, M.Si

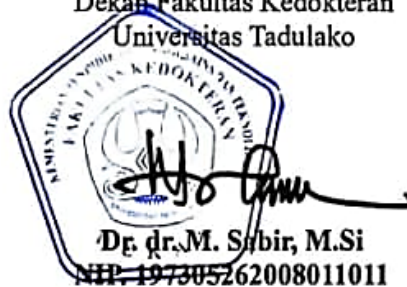
Penguji I : Dr. dr. Ressay Dwiyantri, M. Kes., Sp.FM

Penguji II : Andi Nur Asrinawaty, S.Si., M.Kes



Mengetahui,

Dekan Fakultas Kedokteran
Universitas Tadulako


Dr. dr. M. Sabir, M.Si
NIP. 197305262008011011

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Palu, 10 Desember 2025

Penulis,



Annisa Putri Sumantri

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala penulis haturkan karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Identifikasi Bakteri *Salmonella Typhi* dengan Pemeriksaan Kultur dan Morfologi di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi”**. Penulis menyadari penuh bahwa tanpa izin dan kebaikan-Nya, skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun dengan tujuan memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar sarjana Strata Satu (S-1) pada Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako. Adapun penyelesaian tugas akhir ini didasarkan pada literatur dan bahan kuliah, serta bimbingan dan arahan dari bapak/ibu dosen pembimbing dan penguji serta pihak-pihak lain yang terlibat.

Dengan terselesaikannya skripsi ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada kedua orangtua tercinta, Ayah (**Sumantri, S.ST., M.Kes**) dan Ibu (**Dr. Sitti Zakiyyah Putri, S.ST., S.Kep., Ns., M.kes**) yang dengan ikhlas selalu memberikan doa, kasih sayang, bimbingan, motivasi, dan seluruh fasilitas yang diberikan guna menyelesaikan segala tugas dan proses pendidikan ini. Tidak satu-dua kali penulis merasa lelah, apabila tidak mengingat perjuangan Ayah dan Ibu supaya penulis dapat menyelesaikan pendidikan tanpa perlu mengkhawatirkan apapun, kata pengantar ini tidak akan ada dan dibaca oleh pembaca sekalian. Terima kasih juga saya sampaikan kepada kakak dan adik saya, **M. Taufiqurrahman Sumantri, S.Tr.Kes, Aliyah Humaerah Putri, Sri Ajeng Kartini Putri Sumantri** yang telah memberikan dukungan dan doa, serta menemani penulis dalam menyusun skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Amar, ST., MT. IPU, ASEAN Eng** selaku Rektor Universitas Tadulako
2. Bapak **Dr. dr. M. Sabir, M.Si**, selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako dan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan kepada penulis dimulai dari pemilihan judul sampai seluruh proses penulisan skripsi selesai.
3. Ibu **Dr. dr. Rahma, M.Kes, Sp.A**, selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako.
4. Ibu **Dr. dr. Rosa Dwi Wahyuni, M.Kes., Sp.PK**, selaku Wakil Dekan Bidang Keuangan dan Umum Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako.
5. Ibu **Dr. dr. Ressy Dwiyanti, M. Kes., Sp.FM**, selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako dan selaku dosen penguji I yang telah memberikan banyak ilmu dan arahan kepada penulis selama proses penulisan skripsi.
6. Ibu **Dr. dr. Haerani Harun, M.Kes, Sp.PK**, selaku Ketua Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako
7. Ibu **Andi Nur Asrinawaty, S.Si., M.Kes**, selaku dosen penguji II yang telah mengarahkan dan memberi masukan kepada penulis terkait penulisan skripsi hingga skripsi ini selesai.
8. Bapak/Ibu **Dosen Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako** yang telah banyak memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis selama menjalani pendidikan, dan juga menjadi orang tua penulis selama menempuh pendidikan di bangku kuliah.
9. Bapak/Ibu **Staf Bagian Akademik, Assesment, Prodi, PBL, Tata Usaha, dan Laboratorium** yang telah sabar dan banyak memberi ilmu kepada penulis selama menjalani pendidikan.
10. Saudara-saudari **ORBIT4 (Nicholas, Kathryn, Aimal, Dita, Thiara, Janita, Nanda, Thalia, Jihan, Dela, Cantika, Kelvin, Andre)** yang telah menemani penulis dari awal masa perkuliahan, memberikan kekuatan kepada penulis untuk menyelesaikan pendidikan tepat waktu.

11. Saudara-saudari penulis, **“WAR14” AXIS 014** yang telah melewati masa-masa sulit bersama-sama, menjadi bagian besar dari perjalanan pendidikan penulis. Semoga Allah SWT. memudahkan urusan-urusan saudara-saudari, menjadikan lelah yang dirasakan menjadi berkah.
12. **Asisten Dosen CSL Angkatan 2022 (Pury Jasticia, A. Fauziah Ananda, Rizka Dwiuliyanti, Bunga Tri Divalya Kanoli)** yang telah memberikan semangat, dukungan, dan menemani penulis selama proses pendidikan.
13. Keluarga Besar **Departemen Clinical Skill Laboratory Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako** yang sudah memberi kesempatan kepada penulis untuk berkembang dan menimba ilmu di bidang ini.
14. Teman-teman seperbimbingan penulis (**Abdillah, Faizal, Caca, Wanda**) yang telah membantu dan menemani penulis dari awal pengajuan judul penelitian.
15. **BPH TBM AXIS 2025**, khususnya teman-teman Divisi Kesekretariatan (**Farras, Aliyah, Adillah, Namira, Lula, Afa**) yang telah membantu penulis dalam banyak hal, mendengarkan keluh kesah penulis baik dalam akademik maupun organisasi, menjadi “rumah” dan membuat “rumah biru” lebih nyaman dari sebelumnya.
16. Keluarga **Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Kedokteran dan Rumah Biru “TBM AXIS”** yang telah menjadi tempat berproses, berbagi ilmu, dan pengalaman bagi penulis.
17. **Keluarga besar A22ECTORES** yang telah bersama – sama dari awal, menjadi tempat berbagi suka dan duka selama menjalani masa kuliah preklinik. Semoga seluruh urusan dari teman-teman dilancarkan dan dipermudah oleh Allah SWT.
18. Kakak-kakak mahasiswa Program Studi Kedokteran FK Universitas Tadulako angkatan 2008 (**OLFACTORIUS**), 2009 (**OSTEO9EN**), 2010 (**CARD10**), 2011 (**ACH11LES**), 2012 (**A12THRON**), 2013 (**P13XUS**), 2014 (**AT14S**), 2015 (**V15CERA**), 2016 (**D16ITALIS**), 2017 (**EP17HELIUM**), 2018 (**F18RA**), 2019 (**L19AMEN**), 2020 (**P20CESSUS**), 2021 (**DEND21T**), serta adik-adik angkatan 2023 (**IMP23SSIO**), 2024 (**VERTEB24**) dan 2025 penulis mengucapkan terima kasih.

19. Seluruh pihak yang sudah turut serta dalam penyelesaian pendidikan, penelitian, dan penyusunan naskah skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk seluruh bantuan yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran untuk perbaikan skripsi ini penulis terima dengan senang hati. Penulis berharap dengan adanya skripsi ini, seluruh pembaca dapat mendapatkan ilmu dan manfaat serta dapat menerapkannya di kehidupan sehari-hari.

Palu, 10 Desember 2025

Penulis,



Annisa Putri Sumantri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN.....	iiiv
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	0
A. Latar Belakang	0
B. Rumusan Masalah.....	1
C. Tujuan Penelitian	1
1. Tujuan Umum	1
2. Tujuan Khusus.....	1
D. Manfaat Penelitian	2
1. Bagi Peneliti	2
2. Bagi Instansi.....	2
3. Bagi Peneliti Selanjutnya	2
E. Keaslian Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Telaah Pustaka.....	7
1. Bakteri.....	7
2. <i>Salmonella typhi</i>	7
3. Kultur Bakteri.....	9
4. Pewarnaan Gram	11
5. Pemandian Air Panas.....	13
6. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroorganisme	13
7. Dampak Air Panas bagi Keberadaan Mikroorganisme	14
B. Kerangka Teori.....	16

C. Kerangka Konsep.....	17
D. Landasan Teori.....	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
A. Rancangan Penelitian	18
1. Desain Penelitian.....	18
2. Tempat Pelaksanaan	18
3. Waktu Penelitian	18
B. Populasi dan Sampel Penelitian	18
1. Populasi Penelitian	18
2. Sampel Penelitian.....	18
C. Identifikasi Variabel Penelitian dan Definisi Operasional	18
1. Variabel Penelitian	18
2. Definisi Operasional.....	19
D. Instrumen Penelitian.....	20
1. Alat Penelitian.....	20
2. Bahan Penelitian.....	20
E. Prosedur Penelitian	21
1. Pengambilan Sampel.....	21
2. Preparasi alat	21
3. Pembuatan Media <i>Nutrient Agar</i>	21
4. Pengenceran Sampel dan Kultur Bakteri	22
5. Pewarnaan Gram	22
F. Analisis Hasil	23
G. Etika Penelitian	23
H. Alur Penelitian.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
A. Gambaran Umum Lokasi dan Sampel Penelitian.....	26
B. Hasil Penelitian.....	31
C. Pembahasan	38
BAB V PENUTUP	51
A. Kesimpulan	51
B. Keterbatasan.....	51

C. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN	62
CURRICULUM VITAE	85

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian.....	3
Tabel 3.1 Definisi Operasional.....	19
Tabel 4.1 Sampel Penelitian.....	30
Tabel 4.2 Hasil kultur Bakteri	32
Tabel 4.3 Identifikasi Koloni <i>Salmonella typhi</i>	34
Tabel 4.4 Distribusi Jenis Bakteri	36
Tabel 4.5 Hasil Pewarnaan Gram dan Karakteristik Sel	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mikroskopik <i>Salmonella typhi</i>	8
Gambar 2.2 Media <i>Nutrient Agar</i>	11
Gambar 2.3 Media <i>Salmonella Shigella Agar</i>	11
Gambar 2.4 Perbedaan Struktur Dinding Sel Bakteri	12
Gambar 2.5 Morfologi <i>Salmonella sp.</i> Secara Mikroskopis	12
Gambar 2.6 Kerangka Teori	16
Gambar 2.7 Kerangka Konsep	17
Gambar 3.1 Pengenceran bertingkat	22
Gambar 3.2 Pewarnaan Gram	23
Gambar 4.1 Peta Pemandian Air Panas Bora	26
Gambar 4.2 Titik Kolam Pemandian Air Panas Bora Sigi	28
Gambar 4.3 Mikrograf elektron transmisi biofilm (Pembesaran×23.500).....	46
Gambar 4.4 Daftar primer yang menargetkan gen spesifik <i>S. Typhi</i> untuk pengembangan uji PCR.....	48
Gambar 4.5 Spesifisitas analitis uji PCR untuk mendeteksi gen	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perbandingan <i>Salmonella typhi</i> dengan spesies <i>Salmonella</i> lainnya .	62
Lampiran 2 Hasil Kultur Bakteri	73
Lampiran 3 Hasil Pewarnaan Gram	76
Lampiran 4 Etika Penelitian.....	80
Lampiran 5 Surat Izin Observasi Awal	81
Lampiran 6 Surat Izin Penelitian Kelurahan Bora.....	82
Lampiran 7 Surat Izin Penelitian Lab. Mikrobiologi Farmasi FMIPA.....	83
Lampiran 8 Dokumentasi Penelitian	84

IDENTIFIKASI BAKTERI *Salmonella typhi* DENGAN PEMERIKSAAN KULTUR DAN MORFOLOGI DI TAMAN WISATA PEMANDIAN AIR PANAS BORA SIGI

Annisa Putri Sumantri¹, Muhammad Sabir², Ressy Dwiyantri³, Andi Nur Asrinawaty⁴

¹Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Tadulako

²Departemen Mikrobiologi, Bagian Infeksi Tropis dan Traumatologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Tadulako

³Departemen Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Tadulako

⁴Departemen Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Tadulako

Email : annisa.aps20@gmail.com

ABSTRAK

Latar Belakang: Pemandian air panas merupakan ekosistem dengan suhu di atas 37°C yang memungkinkan pertumbuhan mikroorganisme, termasuk *Salmonella typhi*, bakteri patogen penyebab demam tifoid yang ditularkan melalui jalur fekal-oral. Lingkungan pemandian air panas dapat menjadi media potensial kontaminasi apabila kebersihan tidak terjaga. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi keberadaan *Salmonella typhi* pada air kolam Pemandian Air Panas Bora Sigi melalui pemeriksaan kultur dan morfologi bakteri.

Metode: Penelitian menggunakan desain deskriptif eksploratif dengan populasi penelitian adalah mikroorganisme pada air kolam pemandian air panas Bora dan sampel air diambil pada tiga titik kolam dan tiga waktu berbeda (total sembilan sampel). Identifikasi dilakukan melalui kultur pada media *nutrient agar* dengan metode *pour plate* dan pengamatan mikroskopis menggunakan pewarnaan gram sebagai instrumen identifikasi morfologi.

Hasil: Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan koloni dengan ciri sel berbentuk batang (basil), menyebar, dan berwarna merah yang menandakan bakteri Gram negatif yang sesuai karakteristik *Salmonella typhi*. Dari total 30 isolat yang berhasil diperoleh, 4 isolat (13,3%) teridentifikasi sebagai *Salmonella typhi*.

Kesimpulan: Air pada beberapa titik kolam di Pemandian Air Panas Bora Sigi terindikasi terkontaminasi bakteri patogen seperti *Salmonella typhi* sehingga berpotensi menimbulkan risiko penularan. Diperlukan pemantauan kualitas air secara rutin, peningkatan sanitasi lingkungan, serta edukasi bagi pengunjung untuk menjaga kebersihan di area pemandian.

Kata Kunci: *Salmonella typhi*, Kultur Bakteri, Pewarnaan Gram, Pemandian Air Panas Bora Sigi

**IDENTIFICATION OF *Salmonella typhi* BACTERIA USING CULTURE
AND MORPHOLOGY EXAMINATION AT THE BORA SIGI HOT SPRINGS
TOURIST PARK**

**Annisa Putri Sumantri¹, Muhammad Sabir², Ressa Dwiyanti³, Andi Nur
Asrinawaty⁴**

¹Medical Study Program, Faculty of Medicine, Tadulako University

²Department of Microbiology, Division of Tropical Infections and Traumatology,
Faculty of Medicine, Tadulako University

³Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Tadulako University

⁴Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Tadulako University

Email: annisa.aps20@gmail.com

ABSTRACT

Background: Hot springs are ecosystems with temperatures above 37°C that allow the growth of microorganisms, including *Salmonella typhi*, a pathogenic bacterium that causes typhoid fever transmitted through the fecal-oral route. The hot spring environment can be a potential medium for contamination if hygiene is not maintained. This study aims to identify the presence of *Salmonella typhi* in the water of the Bora Sigi Hot Springs through bacterial culture and morphology examination.

Methods: This study used an exploratory descriptive design with a research population consisting of microorganisms in the water of the Bora hot springs. Water samples were taken at three points in the pool and at three different times (a total of nine samples). Identification was carried out through culture on nutrient agar media using the pour plate method and microscopic observation using Gram staining as an instrument for morphological identification.

Results: The results of the study showed colony growth with rod-shaped cells (basil), spreading, and red in color, indicating Gram-negative bacteria consistent with the characteristics of *Salmonella typhi*. Of the total 30 isolates obtained, 4 isolates (13.3%) were identified as *Salmonella typhi*.

Conclusion: Water at several points in the Bora Sigi Hot Springs was indicated to be contaminated with pathogenic bacteria such as *Salmonella typhi*, posing a potential risk of transmission. Regular monitoring of water quality, improved environmental sanitation, and education for visitors on maintaining cleanliness in the bathing area are required.

Keywords: *Salmonella typhi*, Bacterial Culture, Gram Staining, Bora Sigi Hot Springs



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kolam air panas adalah ekosistem ekstrem yang ditandai dengan adanya air yang keluar dengan suhu lebih dari 37°C. Kehidupan bakteri di lingkungan ekstrim seperti sumber air panas berkaitan dengan enzim yang telah beradaptasi, yang memiliki komponen khusus untuk menjaga stabilitas dan fleksibilitas konformasi, sehingga dapat berfungsi secara optimal dalam kondisi tersebut (Massora, 2022).

Pencemaran mikrobiologis pada pemandian air panas dapat disebabkan oleh kontaminasi fekal maupun non-fekal. Pencemaran fekal umumnya berasal dari feses hewan, seperti burung dan tikus, yang berada di sekitar kolam. Sementara itu, pencemaran non-fekal bisa terjadi akibat aktivitas pengunjung, seperti muntahan, lendir, atau air liur yang mencemari air kolam. Kontaminasi ini dapat menciptakan lingkungan yang mendukung perkembangan mikroorganisme, seperti bakteri (Wahyuni, 2022).

Penyakit infeksi dapat disebabkan oleh mikroorganisme, seperti bakteri. Kemampuan bakteri untuk menginvasi dan menyebabkan infeksi dikenal sebagai patogen. Bakteri memiliki kemampuan untuk bergerak dan berpindah tempat secara bebas guna menghindari penghancuran oleh sistem kekebalan inang dan memiliki mekanisme khusus untuk masuk ke dalam tubuh inang (Pertiwi, 2021).

Salmonella typhi adalah bakteri yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. *Salmonella typhi* dapat hidup pada suhu 15-41°C (suhu optimum 37°C). Bakteri ini merupakan penyebab utama demam tifoid pada manusia dan sangat spesifik terhadap inangnya. Penyakit ini ditularkan melalui jalur fekal-oral, biasanya melalui konsumsi makanan atau air yang terkontaminasi. *Salmonella typhi* dapat menyebabkan demam tifoid akibat kurangnya perhatian terhadap kebersihan lingkungan, seperti terkontaminasinya air dan makanan. Pemeriksaan kultur bakteri merupakan

metode *gold standard* dalam mengidentifikasi *Salmonella typhi* (Sianturi, 2023; Rezkina, 2024; Kasim, 2020).

Salmonella typhi adalah bakteri gram negatif yang tidak membentuk spora, bergerak menggunakan flagel peritrik, bersifat intraseluler fakultatif, dan anaerob fakultatif. Bakteri ini adalah patogen penyebab demam tifoid, sebuah infeksi sistemik yang dapat merusak usus dan organ hati, dengan gejala utama berupa demam yang berlangsung lama. Penularan terjadi melalui konsumsi makanan atau air yang terkontaminasi. Makanan atau air yang tercemar kotoran yang mengandung bakteri ini harus dapat bertahan dari penghalang pH lambung sebelum akhirnya menetap di usus kecil (Hayati, 2021; Aufani, 2023).

Berdasarkan latar belakang di atas, pemandian air panas memiliki suhu diatas 37 °C dan bakteri *Salmonella typhi* dapat hidup pada suhu 15-41°C (suhu optimum 37°C) sehingga untuk mengetahui keberadaan bakteri tersebut dilakukannya pengambilan sampel air kolam dengan melakukan pemeriksaan kultur dan morfologi di Taman Wisata Pemandiapon Air Panas Bora Sigi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas menjadi dasar peneliti dalam merumuskan pertanyaan penelitian, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah “Bagaimana hasil dari identifikasi bakteri *Salmonella typhi* dengan pemeriksaan kultur dan morfologi di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi?”

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Dapat mengidentifikasi keberadaan bakteri *Salmonella typhi* dengan pemeriksaan kultur dan morfologi di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi.

2. Tujuan Khusus

- a. Untuk mengetahui hasil pemeriksaan kultur bakteri pada sampel air di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi.

- b. Untuk mengetahui keberadaan bakteri *Salmonella typhi* pada air kolam di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi melalui pemeriksaan kultur.
- c. Untuk mengetahui ciri morfologi bakteri *Salmonella typhi* yang ditemukan dalam air kolam di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi berdasarkan pemeriksaan mikroskopis.

D. Manfaat Penelitian

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat akan menambah wawasan dan meningkatkan pengetahuan penulis mengenai keberadaan bakteri *Salmonella typhi* dengan pemeriksaan kultur dan morfologi di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi.

2. Bagi Instansi

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa referensi dan dapat dijadikan studi pustaka tambahan di Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako terkait bakteri *Salmonella typhi* dengan pemeriksaan kultur dan morfologi di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi.

3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membangun motivasi serta dapat menjadi data penunjang bagi peneliti selanjutnya mengenai bakteri *Salmonella typhi* dengan pemeriksaan kultur dan morfologi di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi.

E. Keaslian Penelitian

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian

Judul	Penulis	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
Identifikasi Protozoa Pada Air Kolam Renang	Wahyuni, Muin, Zarkasyi (2022)	metode penelitian deskriptif dengan desain observasional (observasi laboratorik)	Hasil penelitian diperoleh hasil 2 negatif yang berarti sampel tersebut tidak terdapat protozoa dan 1 positif yang berarti terdapat Protozoa air jenis <i>Cryptosporidium sp</i> dan <i>Giardia sp</i>	Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan yaitu terdapat pada tempat, metode penelitian, dan variabel terikat yang akan diamati
<i>Isolation and Identification of Thermophilic Bacteria from Lahendong Hot Spring, North Sulawesi</i>	Corneles, Mantiri, Singkoh (2023)	Metode penelitian yang digunakan meliputi identifikasi makroskopik, uji enzim lipase, PCR dan <i>sequencing gen</i> 16s rRNA, serta uji biokimia	Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat yang diperoleh dari pemandian air panas Lahendong memiliki kemiripan yang tinggi dengan <i>Geobacillus kaustophilus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , dan <i>Geobacillus lituanicus</i> . Ketiga isolat	Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan yaitu terdapat pada tempat, metode penelitian, dan variabel terikat yang akan diamati

			tersebut mampu menghasilkan enzim termostbal lipase	
Bakteri Termofilik dari Air dan Sedimen Kolam Air Panas War Aremi di Kampung Matatun Distrik Kebar kabupaten Tambrau Barat	Massora, Salosa, Mogea, Sutamo, Sinuraya, Krey, Ratnawati (2022)	Penelitian eksploratif dengan metode pour plate	Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tiga isolat bakteri termofilik yang diambil dari sampel air panas, dan empat isolat lainnya berasal dari sampel sedimen. Berdasarkan hasil pewarnaan gram dan pengamatan morfologi sel, ketujuh isolat bakteri termofilik yang berhasil diisolasi termasuk dalam kelompok bakteri gram positif dengan bentuk sel berbentuk batang. Melalui pewarnaan gram, pengamatan morfologi sel, dan	Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan yaitu terdapat pada tempat dan variabel terikat yang akan diamati

			karakterisasi biokimia, semua isolat bakteri tersebut tergolong dalam genus <i>Bacillus</i>	
Identifikasi Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Salmonella sp</i> pada Air Sumur Gali di Tepi Sungai Desa Tiromanda Kecamatan Bua Kabupaten Luwu	Hasmia, Wardi, Alam (2022)	Metode yang digunakan adalah <i>Most Probable Number</i> (NPM) dengan menggunakan media <i>Brilliant Green Lactose Broth</i> (BGLB), <i>Salmonella Shigella Agar</i> (SSA), dan <i>Eosin Methylene Blue Agar</i> (EMBA)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa air sumur gali di desa Tiromanda teridentifikasi adanya <i>Escherichia coli</i> dan <i>Salmonella sp</i>	Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan yaitu terdapat pada tempat, metode penelitian, dan variabel terikat yang akan diamati
Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Asal Sumber Air Panas Non-Vulkanik	Lingga, Afriyansyah, Septiani, Miranti (2021)	Metode penelitian yang digunakan meliputi isolasi bakteri; karakterisasi morfologi, determinasi kelompok Gram dan uji biokimia; identifikasi; dan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 22 isolat murni yang terdiri atas 9 isolat dari Desa Permis dan 13 isolat dari desa Pemali. hasil karakterisasi memperlihatkan	Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan yaitu terdapat pada tempat dan variabel terikat yang akan diamati

		uji ketahanan suhu bakteri termofilik.	seluruh isolat bakteri merupakan bakteri gram negatif	
Isolasi dan Penapisan Bakteri Termofilik Pemecah Amilum dan Protein dari Sumber Air Panas Way Panas Kalianda Lampung Selatan	Mahestri, Harpeni, Setyawati (2021)	Penelitian ini merupakan penelitian eksplorasi dan eksperimen yaitu dengan cara mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri termofilik yang berasal dari sumber air panas Way Panas, Kalianda Lampung Selatan	Dari hasil penelitian, berdasarkan fenotipe, uji biokimia, dan sekuensing 16S rDNA, isolat bakteri A.WP.50.4 memiliki kemiripan yang tinggi dan teridentifikasi sebagai <i>Bacillus cereus</i> .	Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan yaitu terdapat pada tempat dan variabel terikat yang akan diamati

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Bakteri

Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal dengan struktur sederhana yaitu tanpa membran inti sel serta berukuran sangat kecil atau mikroskopis. Bakteri dikelompokkan atas dasar beberapa hal berdasarkan bentuk, jumlah, letak flagelnya, dan pada karakteristik dinding sel. Teknik pengklasifikasian bakteri yang paling dasar adalah berdasarkan pada susunan juga bentuk sel bakteri tersebut. Bakteri dibagi beberapa bentuk yang berbeda yaitu bentuk coccus, basil, dan spiral (Istighfari, 2024).

Mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh suhu sebagai faktor lingkungan yang mengendalikan fisiologinya. Tidak semua suhu cocok dalam pertumbuhan mikroorganisme. Terdapat mikroorganisme yang dapat hidup atau mati pada suhu yang sangat rendah atau tinggi. Mikroorganisme yang dapat tumbuh pada suhu optimal 25°C-40°C disebut mesofil. Sedangkan, mikroorganisme yang dapat tumbuh pada suhu panas dengan suhu optimum lebih dari 50°C disebut termofil (Vavitsas, 2022).

2. *Salmonella typhi*

a. Taksonomi *Salmonella typhi*

Kingdom	: Bakteria
Phylum	: Proteobacteria
Ordo	: Gamma protobacteria
Class	: Enterobacteriales
Family	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Salmonella</i>
Spesies	: <i>Salmonella typhi</i>

(Nasutiaon, 2022).

b. Morfologi *Salmonella typhi*



Gambar 2.1 Mikroskopik *Salmonella typhi*

(Kasim, 2020)

Salmonella typhi adalah bakteri gram negatif berbentuk batang berukuran 0,7-1,5 μm x 2,0-5,0 μm , mempunyai flagela, bersifat motil, berkapsul, serta tidak membentuk spora. Beberapa bakteri air akan mati bila air dipanaskan pada suhu antara 60°C-100°C karena suhu optimum bakteri air adalah 37°C – 45°C seperti *Salmonella typhi*. Bakteri *Salmonella typhi* dapat bertahan hidup untuk selama satu jam pada kisaran pH 6-8 dan juga suhu 15-41°C. Akan tetapi, dapat mati setelah dipasteurisasi, direbus, diberi klorin, atau dipanaskan pada suhu 60°C selama 15-20 menit. Suhu optimum *Salmonella typhi* adalah suhu 37°C (Nasution, 2022; Rizki, 2022). *Salmonella typhi* memiliki tiga jenis antigen seperti berikut:

1) Antigen O (Antigen somatik)

Antigen somatik adalah antigen pada lapisan luar tubuh mikroorganisme dan antigen ini berperan penting dalam penentuan virulensi kuman. Antigen ini memiliki struktur kimia yaitu lipopolisakarida atau endotoksin, yang bersifat hidrofilik dan tahan panas 100°C selama 2-5 jam, serta tahan terhadap alkohol dan etanol 96% selama 4 jam pada suhu 37°C, namun tidak tahan terhadap formaldehid (Nasution, 2022).

2) Antigen H (Antigen flagella)

Antigen flagella adalah antigen yang terdapat pada flagella dan fimbriae yang terhubung dengan sitoplasma dinding sel

mikroorganisme. Antigen ini memiliki struktur kimia berupa protein yang tahan terhadap formaldehid, namun dapat terdenaturasi atau rusak akibat panas dan alkohol pada suhu 60°C (Nasution, 2022).

3) Antigen Vi (Permukaan)

Antigen permukaan adalah antigen yang terdapat pada kapsul dan berfungsi melindungi mikroorganisme dari fagositosis. Antigen ini tidak tahan terhadap pemanasan pada suhu 60°C selama 1 jam dan akan rusak jika terkena asam atau fenol (Nasution, 2022).

c. Infeksi *Salmonella typhi*

Salmonellosis adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Salmonella sp.* Bakteri ini masuk ke tubuh melalui saluran pencernaan, biasanya akibat mengonsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi. Jika tidak ditangani dengan cepat, infeksi ini dapat berakibat fatal. Pencegahan penyakit demam tifoid dapat dilakukan dengan vaksinasi tifoid serta memastikan makanan dimasak dengan benar (Sutriswanto, 2022; Destiawan, 2024).

Penyakit demam tifoid merupakan suatu infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi*. Infeksi akut oleh bakteri ini ditandai dengan adanya demam yang berlangsung lama, sakit kepala, mual, berkurangnya nafsu makan, kontipasi atau diare (Paufik, 2022).

3. Kultur Bakteri

Kultur bakteri adalah proses pembiakan mikroorganisme di laboratorium yang memerlukan media yang mengandung zat hara sebagai sumber karbon. Media tersebut juga mengandung air, energi, nitrogen, sulfur, fosfat, oksigen, hidrogen, serta unsur-unsur lain. Selain itu, bahan dasar media dapat ditambahkan faktor pertumbuhan seperti asam amino, vitamin, atau nukleotida, serta lingkungan yang sesuai

untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme (Febyayuningrum, 2021).

Media kultur atau media pertumbuhan mikroorganisme adalah campuran bahan nutrisi yang digunakan oleh mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang biak. Komposisi nutrisi yang mendukung pertumbuhan organisme disebut medium kultur, sementara proses untuk menumbuhkan organisme tersebut disebut kultur. Media kultur juga digunakan sebagai standar emas dalam memastikan diagnosis suatu penyakit infeksi (Atmanto, 2022).

Bakteri memanfaatkan nutrisi dalam media untuk membentuk komponen selnya, sehingga dapat berkembang biak. Media pertumbuhan juga digunakan untuk mengisolasi bakteri, mengidentifikasinya, dan membuat kultur murni. Komposisi media pertumbuhan dapat disesuaikan untuk tujuan isolasi dan identifikasi bakteri tertentu sesuai dengan tujuan pembuatan media tersebut (Toruan, 2023).

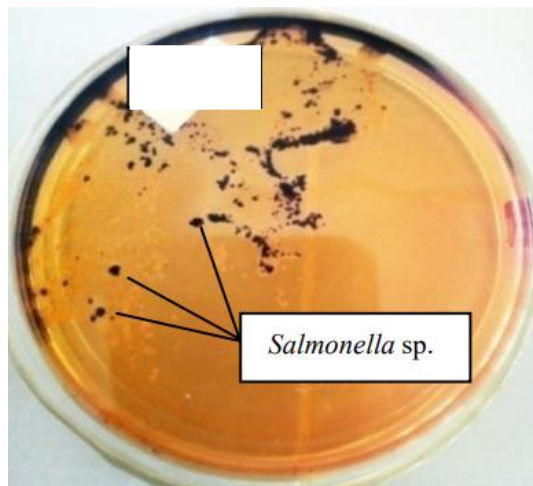
Media kultur yang baik adalah media yang mudah disiapkan, terjangkau, mudah dibuat, dan mudah diaplikasikan. Media kultur tersedia dalam berbagai bentuk, mulai dari padat hingga cair. Media dasar seperti media dasar dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat media lain yang lebih kompleks. Media ini dapat mendukung pertumbuhan hampir semua jenis mikroorganisme, contohnya adalah *nutrient agar* (NA), yang merupakan media non-selektif (Atmanto, 2022).

Selain menggunakan *nutrient agar*, uji bakteri *Salmonella typhi* juga dapat dilakukan dengan media selektif, seperti SSA (*Salmonella Shigella Agar*). Jika terbentuk asam dan gas, terutama setelah inkubasi selama 1 x 24 jam, maka sampel dapat dikatakan mengandung bakteri tersebut. Tanam suspensi pada media secara aseptik menggunakan ose. *Salmonella typhi* akan tumbuh dengan warna merah kehijauan, hitam, dan merah muda disertai lendir (Hasmia, 2022).



Gambar 2.2 Media *Nutrient Agar*

(Atmanto, 2022).



Gambar 2.3 Media *Salmonella Shigella Agar*

(Nur, 2022)

4. Pewarnaan Gram

Mikroorganisme yang telah dikultur dalam media kultur dapat diidentifikasi dengan mengamatinya di bawah mikroskop cahaya, baik dengan atau tanpa pewarnaan. Pengamatan tanpa pewarnaan lebih sulit dilakukan dan tidak memungkinkan untuk melihat bagian-bagian sel secara rinci, karena sel bakteri cenderung transparan atau semi-transparan. Dengan pewarnaan, struktur sel mikroorganisme dapat diamati lebih jelas. Salah satu teknik pewarnaan yang sering digunakan dalam bakteri adalah pewarnaan gram. Pewarnaan gram adalah prosedur pengecatan diferensial yang mengelompokkan bakteri menjadi gram positif dan gram negatif. Hasil

akhir dari pewarnaan gram menunjukkan bahwa sel bakteri gram positif akan berwarna ungu, sementara sel bakteri gram negatif berwarna merah muda (Atmanto, 2022).

Pewarnaan gram terdiri dari 3 tahapan, yaitu tahap pertama cat utama (*primary stain*) digunakan untuk mewarnai semua sel pada kaca benda. Tahap kedua adalah dekolorisasi (*decolorizing*) digunakan untuk menghilangkan cat pada beberapa jenis sel. Tahap ketiga *counterstain* yang akan mewarnai sel yang catnya hilang selama dekolorisasi tetapi tidak berpengaruh terhadap sel yang masih terwarnai dengan cat utama. Jadi counterstain merupakan cat pembanding, sehingga hasil dari pengecatan diferensial akan dihasilkan 2 jenis sel yang warnanya berbeda, yaitu sel yang terwarnai dengan cat utama dan yang terwarnai dengan cat pembanding (Atmanto, 2022).



Gambar 2.4 Perbedaan Struktur Dinding Sel Bakteri
(Atmanto, 2022)



Gambar 2.5 Morfologi *Salmonella sp.* Secara Mikroskopis
(Nur, 2022)

5. Pemandian Air Panas

Pemandian air panas adalah salah satu ekosistem ekstrem yang ditandai dengan air yang mengalir pada suhu lebih dari 37°C. Sumber air panas ini menjadi salah satu objek wisata yang populer di kalangan masyarakat. Selain untuk meredakan stres, tempat ini juga dikunjungi untuk berbagai alasan lain, seperti mengatasi insomnia, memperlancar sirkulasi darah, dan mengobati jerawat. Sumber air panas ini mengandung mineral seperti sulfat (SO_4^{2-}), klorida (Cl^-), magnesium (Mg), dan kalsium (Ca) (Bahri, 2021; Massora, 2022).

Bakteri termofilik merupakan golongan organisme prokariotik yang dapat tumbuh pada kondisi suhu tinggi yaitu lebih dari 50°C. Bakteri termofilik ditemukan secara alami tersebar luas di daerah sumber air panas. Bakteri ini mampu menghasilkan enzim yang tahan terhadap suhu ekstrim. Enzim yang dihasilkan oleh bakteri termofilik memiliki selektivitas dan kestabilan substrat pada kondisi abnormal, terutama suhu tinggi dan pH ekstrim. Bakteri termofilik memiliki protein yang tahan terhadap kondisi panas dan denaturasi sehingga bakteri termofilik dapat beradaptasi pada suhu ekstrim (Corneles, 2023).

6. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroorganisme

Mikroorganisme dapat ditemukan hampir di semua tempat, misalnya pada tanah, debu, udara, air, maupun di dalam tubuh manusia, hewan, dan tumbuhan. Sebagian mikroorganisme bermanfaat bagi kehidupan manusia, namun tidak sedikit pula yang merugikan karena dapat menimbulkan penyakit, terutama melalui kontaminasi makanan (Nurhayati *et al.*, 2022).

Salah satu faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme adalah suhu. Setiap mikroorganisme memiliki kisaran suhu tertentu serta suhu optimum untuk berkembang. Berdasarkan kisaran pertumbuhan suhunya, bakteri dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu: psikrofil (0–20°C), mesofil (20–45°C), dan termofil (>45°C). Bakteri patogen umumnya tumbuh optimal pada suhu sekitar 37°C, yang juga

merupakan suhu tubuh manusia. Hal ini menjadikan tubuh manusia sebagai lingkungan ideal bagi pertumbuhan berbagai bakteri patogen (Nurhayati *et al.*, 2022)

Perubahan kondisi lingkungan dapat memengaruhi sifat morfologi maupun fisiologi mikroorganisme. Sebagian mikroorganisme memiliki kemampuan tahan terhadap perubahan lingkungan sehingga dapat beradaptasi dengan lingkungan baru. Agar dapat tumbuh optimal, mikroorganisme memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai. Faktor yang memengaruhi pertumbuhannya dapat berasal dari faktor abiotik (fisik dan kimia) maupun faktor biotik (interaksi dengan organisme lain). Faktor abiotik tersebut meliputi suhu, pH, ketersediaan air, tekanan osmotik, serta keberadaan oksigen (Rifai *et al.*, 2020).

7. Dampak Air Panas bagi Keberadaan Mikroorganisme

Pemandian air panas merupakan rumah bagi beragam mikroorganisme. Mata air panas adalah sistem hidrotermal terestrial yang berasal dari air tanah yang dipanaskan secara geotermal dan muncul dari kerak bumi bagian dalam sebagai akibat dari proses tektonik dan magmatik. Saat ini, penggunaan mata air panas untuk rekreasi mendukung sektor pariwisata yang sedang berkembang di seluruh dunia. Ratusan juta orang yang menggunakan sumber air panas alami untuk rekreasi setiap tahunnya, tidak mengherankan jika sumber air panas dapat dikaitkan dengan infeksi (Selci *et al.*, 2024).

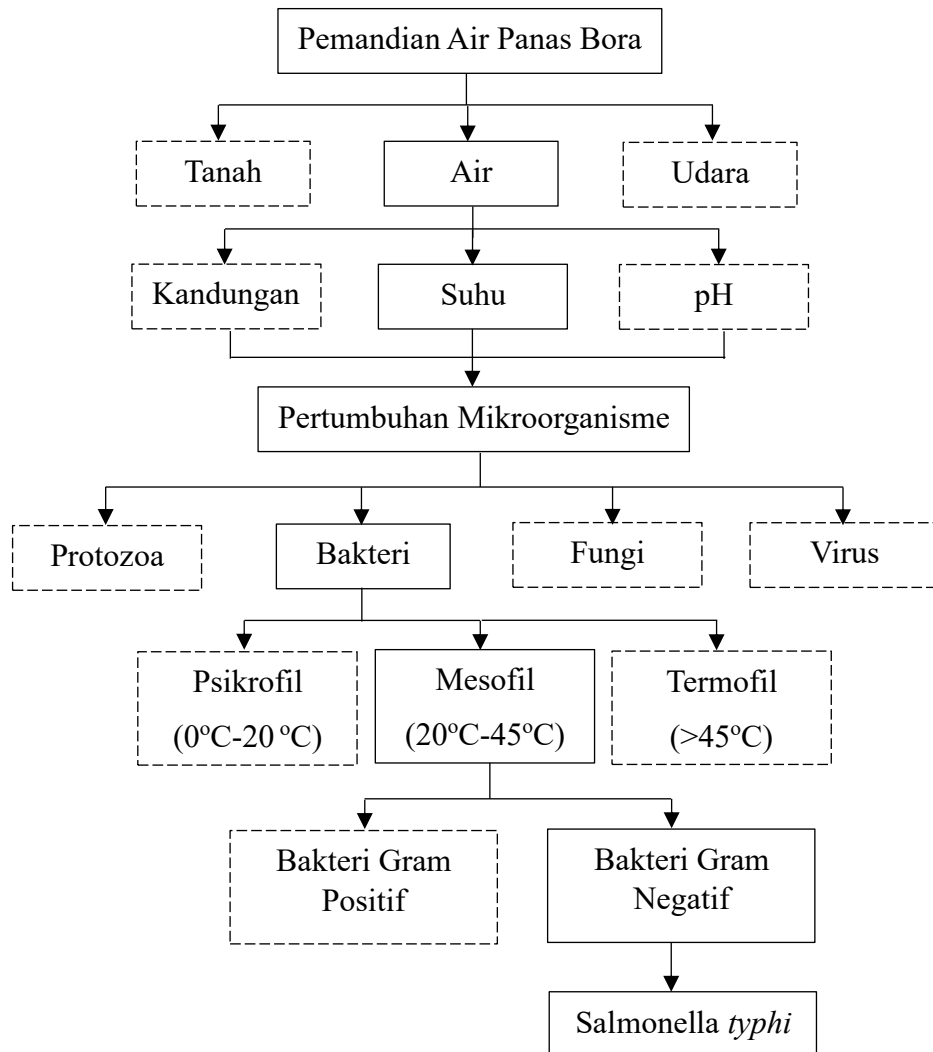
Hasil sekuensing amplikon 16S rRNA menunjukkan bahwa sumber air panas rekreasi dengan suhu sedang-tinggi (40–60°C) merupakan reservoir utama untuk distribusi patogen oportunistik. Suhu tinggi diketahui memiliki efek pembatas terhadap pertumbuhan bakteri patogen. Sumber air panas rekreasi mengandung patogen oportunistik multi-resisten yang jauh lebih tinggi, menunjukkan aktivitas antropogenik sebagai faktor utama yang mendukung keberadaan bakteri patogen putatif serta kontaminasi dan penyebaran gen resistensi antibiotik. Hal ini, menunjukkan kemampuan

beberapa patogen oportunistik untuk bertahan hidup dalam kondisi suhu tinggi (Selci *et al.*, 2024).

Pada penelitian yang dilakukan Verma (2022) menyatakan, sulfur adalah persyaratan unsur utama bagi banyak mikroorganisme hipertermofilik (mikroorganisme yang mampu tumbuh antara 80 °C bahkan lebih tinggi) yang ditemukan untuk perspektif kelangsungan hidup mikroorganisme. Sulfur juga sebagai pengganti oksigen sebagai akseptor elektron. Pada bakteri aktinobakteri, aktinobakteri ini tersebar luas di alam dan memiliki kemampuan untuk tumbuh dan bertahan hidup dalam kondisi ekstremofilik.

Kemampuan mikroorganisme beradaptasi pada suhu ekstrem, terutama dipengaruhi oleh cara kerja protein di dalam sel mereka. Protein tersebut memiliki struktur khusus yang membuatnya tetap stabil dan berfungsi meskipun berada pada suhu sangat tinggi. Beberapa perubahan yang membantu stabilitas ini antara lain adanya lebih banyak bagian hidrofobik (yang tidak suka air), terbentuknya ikatan disulfida, serta interaksi ionik antarbagian protein. Ikatan disulfida, khususnya, berperan penting karena membantu menjaga bentuk protein tetap utuh. Untuk mempertahankan kestabilan ini, organisme memiliki mekanisme masing-masing, ada yang mendukung kerja protein, ada pula yang justru membuat enzim tidak aktif. Pada enzim termostabil, struktur ini sangat penting karena mencegah protein rusak pada suhu tinggi. Selain protein, komponen lain di dalam sel juga ikut membantu melindungi mikroorganisme dari kerusakan akibat panas (Verma *et al.*, 2022).

B. Kerangka Teori



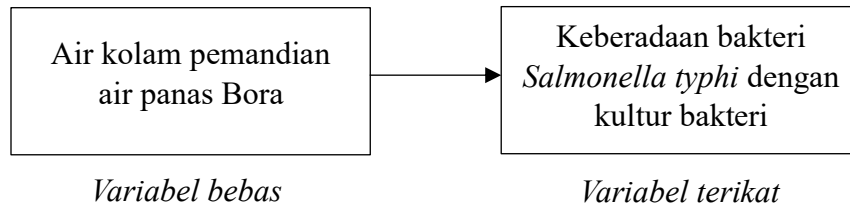
Gambar 2.6 Kerangka Teori

Keterangan:

: Diteliti

: Tidak diteliti

C. Kerangka Konsep



Gambar 2.7 Kerangka Konsep

D. Landasan Teori

Bakteri *Salmonella typhi* dapat hidup pada suhu 15-41°C (suhu optimum 37°C). *Salmonella typhi* dapat ditularkan melalui jalur fekal-oral pada makanan atau air yang terkontaminasi bakteri *Salmonella typhi* dapat ditularkan melalui jalur fekal-oral pada makanan atau air yang terkontaminasi (Kasim, 2020). Untuk mengetahui keberadaan *Salmonella typhi*, perlu dilakukan pemeriksaan kultur bakteri. Pemandian air panas Bora adalah destinasi wisata yang juga dimanfaatkan pengunjung sebagai tempat untuk terapi kesehatan. Air kolam di tempat ini digunakan sebagai sampel untuk mengamati dan mengidentifikasi jenis bakteri yang ada.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

1. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif. Penelitian diarahkan untuk menggambarkan fenomena yang ada, identifikasi variabel, dan mengembangkan kesimpulan dari variabel. Penelitian deskriptif eksploratif digunakan untuk mengkaji topik yang relatif baru dan belum banyak diteliti secara mendalam.

2. Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora, Sigi dan Laboratorium Mikrobiologi Farmasi Prodi Farmasi, Fakultas MIPA Universitas Tadulako.

3. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei – Juni 2025.

B. Populasi dan Sampel Penelitian

1. Populasi Penelitian

Populasi penelitian ini adalah mikroorganisme pada air kolam pemandian air panas Bora.

2. Sampel Penelitian

Sampel penelitian ini adalah air kolam yang diambil dari beberapa titik yang berbeda di pemandian air panas Bora. Penelitian ini memiliki 9 kelompok dengan 3 titik pengambilan sampel dan 3 waktu yang berbeda. Titik satu yaitu kolam pertama yang merupakan sumber air panas nya yang memiliki suhu paling tinggi. Selanjutnya titik dua adalah di kolam tempat penyesuaian suhu dan titik tiga di tempat pengunjung berendam.

C. Identifikasi Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

1. Variabel Penelitian

a. Variabel Bebas

Air kolam pada pemandian air panas Bora

b. Variabel Terikat

Mengidentifikasi keberadaan bakteri *Salmonella typhi* dengan kultur bakteri.

2. Definisi Operasional

Tabel 3.1 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Hasil Ukur
Variabel Bebas			
Air kolam pada pemandian air panas Bora	Air kolam pemandian air panas Bora yang diambil pada 3 kolam yang berbeda dan 3 waktu yang berbeda (9 sampel air)	Botol steril	a. Kelompok hari 1 kolam 1 (1.1) b. Kelompok hari 1 kolam 2 (1.2) c. Kelompok hari 1 kolam 3 (1.3) d. Kelompok hari 2 kolam 1 (2.1) e. Kelompok hari 2 kolam 2 (2.2) f. Kelompok hari 2 kolam 3 (2.3) g. Kelompok hari 3 kolam 1 (3.1) h. Kelompok hari 3 kolam 2 (3.2) i. Kelompok hari 3 kolam 3 (3.3)
Variabel Terikat			
Keberadaan bakteri <i>Salmonella</i>	Mengamati koloni bakteri <i>Salmonella typhi</i> yang tumbuh	<i>Nutrient agar</i> dan mikroskop	Karakteristik bakteri <i>Salmonella typhi</i>

<i>typhi</i> dengan kultur bakteri	pada media agar, kemudian mengidentifikasi jenis bakteri <i>Salmonella typhi</i> dengan mikroskop		Koloni (makroskopis) : Bentuk, Warna, Tepi, Permukaan Morfologi (mikroskopis) : Bentuk, Warna
---	--	--	---

D. Instrumen Penelitian

1. Alat Penelitian

- a. *Autoclave*
- b. Cawan Petri
- c. Tabung reaksi
- d. Rak tabung reaksi
- e. Bunsen
- f. Jarum ose
- g. Erlenmeyer
- h. *Glass beaker*
- i. Mikroskop
- j. Inkubator
- k. Kaca objek
- l. Timbangan analitik
- m. *Magnetic steerer*
- n. *Vortex*
- o. Mikropipet
- p. Tip Mikropipet
- q. Termometer
- r. Gayung
- s. Botol sampel

2. Bahan Penelitian

- a. Air kolam
- b. *Aluminium foil*
- c. *Nutrient agar*

- d. Aquades
- e. Alkohol
- f. *Cristal violet*
- g. *Iodine*
- h. Safranin
- i. *Immersion oil*

E. Prosedur Penelitian

1. Pengambilan Sampel

Sebanyak 300 mL sampel air panas diambil dari kedalaman sekitar 10 cm pada tiga lokasi berbeda. Pengukuran suhu dilakukan dengan mencelupkan termometer di setiap titik pengambilan, kemudian nilai tersebut dicatat. Pengukuran tambahan juga dilakukan terhadap suhu air setelah berada dalam wadah penampungan (gayung).

Botol sampel ditutup rapat, dibungkus menggunakan aluminium foil, dan dilengkapi dengan label identifikasi. Sampel kemudian dibawa menuju Laboratorium FMIPA Program Studi Farmasi UNTAD. Analisis sampel dilakukan dalam waktu 24 jam pasca pengambilan untuk memastikan validitas hasil.

2. Preparasi alat

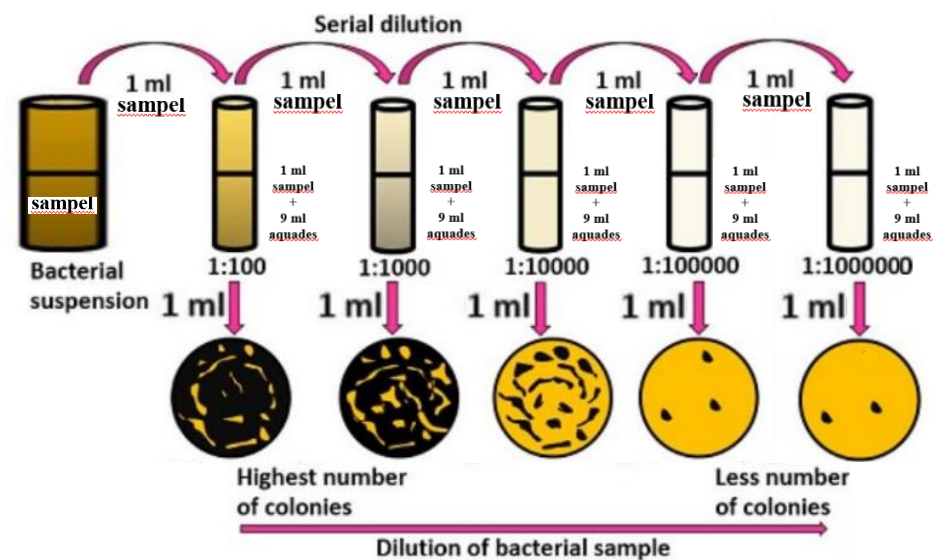
Preparasi alat penelitian dilakukan dengan sterilisasi alat yang akan digunakan. Sterilisasi alat - alat di dalam autoclave selama ± 1 jam dengan suhu 121°C.

3. Pembuatan Media *Nutrient Agar*

Pembuatan media kultur dengan membuat media *nutrient agar*. Bahan pembuatan media agar dibuat dengan mencampurkan 23 gram *nutrient agar* ke dalam *glass beaker* yang berisi 1000 ml aquades dan diaduk menggunakan *magnetic steerer*. Setelah bahan teraduk secara sempurna, erlenmeyer ditutup menggunakan kapas dan disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah sterilisasi selesai, medium dituang ke dalam cawan petri dengan volume 20 mL per cawan.

4. Pengenceran Sampel dan Kultur Bakteri

Pada pengenceran bakteri, sampel yang digunakan diambil sebanyak 1 ml dari sampel menggunakan mikropipet lalu campurkan dengan 9 ml aquades, homogenkan menggunakan *vortex*. Pengenceran dilakukan secara bertingkat, yaitu 10^{-1} hingga 10^{-5} . Pada kultur bakteri, sampel yang telah diencerkan dimasukkan ke dalam cawan petri lalu diinokulasi menggunakan media *nutrient agar* sebanyak 20 ml secara *pour plate* dengan pengulangan sampai 4 kali (pengenceran 10^{-2} hingga 10^{-5}), tutup cawan petri lalu biarkan media mengeras sepenuhnya. Kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam.



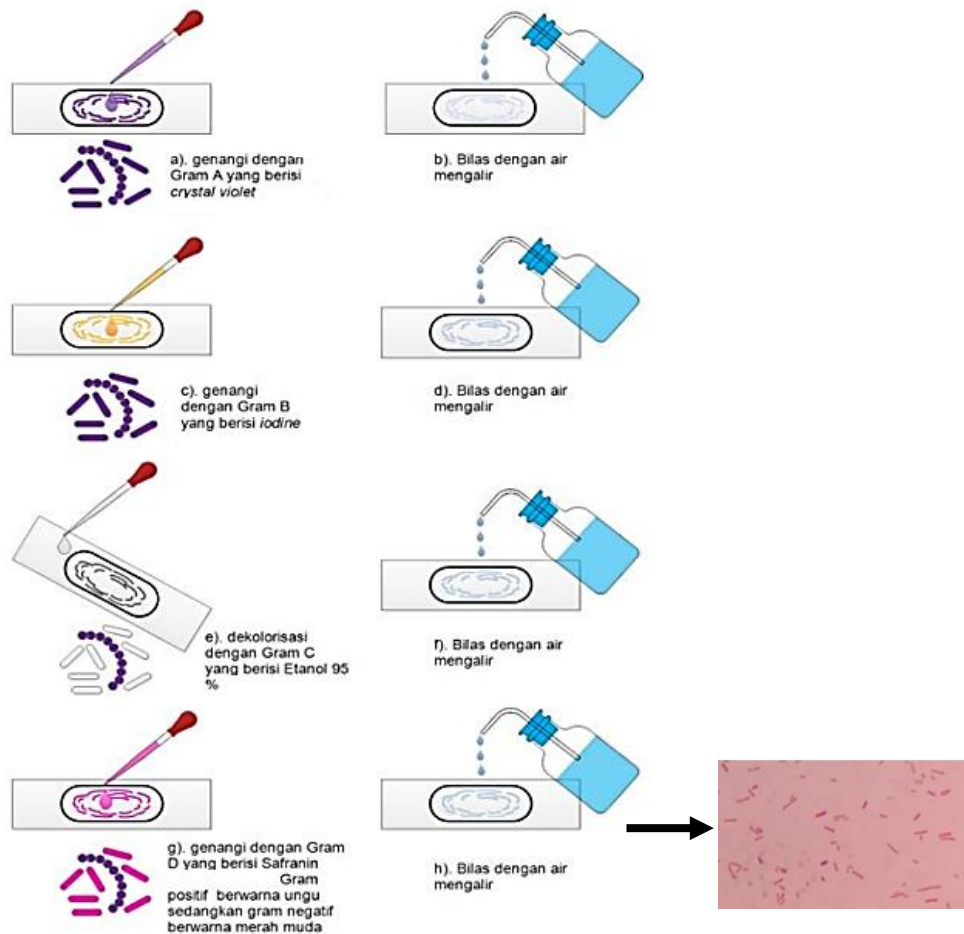
Gambar 3.1 Pengenceran bertingkat

(Najmah, 2024)

5. Pewarnaan Gram

Pada pewarnaan gram, kaca objek dan jarum ose di fiksasi dengan dipanaskan menggunakan bunsen. Koloni pada *nutrient agar* dipindahkan ke kaca objek menggunakan jarum ose. Selanjutnya, ditambahkan *crystal violet*, diamkan 2 menit dan bilas menggunakan aquades, fiksasi menggunakan bunsen. Tambahkan iodine, diamkan 1 menit dan bilas menggunakan aquades, fiksasi menggunakan bunsen. Kemudian, beri alkohol, diamkan selama 5 detik dan bilas menggunakan aquades, fiksasi menggunakan bunsen. Selanjutnya, tambahkan safranin, diamkan selama

1 menit dan bilas menggunakan aquades, fiksasi menggunakan bunsen. Teteskan *immersion oil* dan amati dibawah mikroskop perbesaran 100x.



Gambar 3.2 Pewarnaan Gram

(Atmanto, 2022; Nur, 2022)

F. Analisis Hasil

Hasil analisis data yang diperoleh dari semua tahapan penelitian, analisis hasil akan dilakukan secara deskriptif, yaitu dengan memberikan penjelasan data yang diperoleh dan disajikan menggunakan tabel dan gambar.

G. Etika Penelitian

Penelitian ini melibatkan instansi terkait dalam identifikasi *Salmonella typhi* di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora, Kabupaten Sigi. Prinsip etika penelitian diterapkan secara ketat untuk menjamin hak, kerahasiaan, dan keamanan partisipan, mengacu pada Pernyataan Komisi Etik

No. 5991/UN28.10/KL/2025. Tiga prinsip utama etika yang diterapkan adalah:

1. *Legality*

Penelitian telah mendapatkan izin resmi dari instansi terkait, disertai surat pengantar dari institusi pendidikan dan persetujuan pelaksanaan uji coba. Seluruh prosedur dilaksanakan sesuai peraturan yang berlaku.

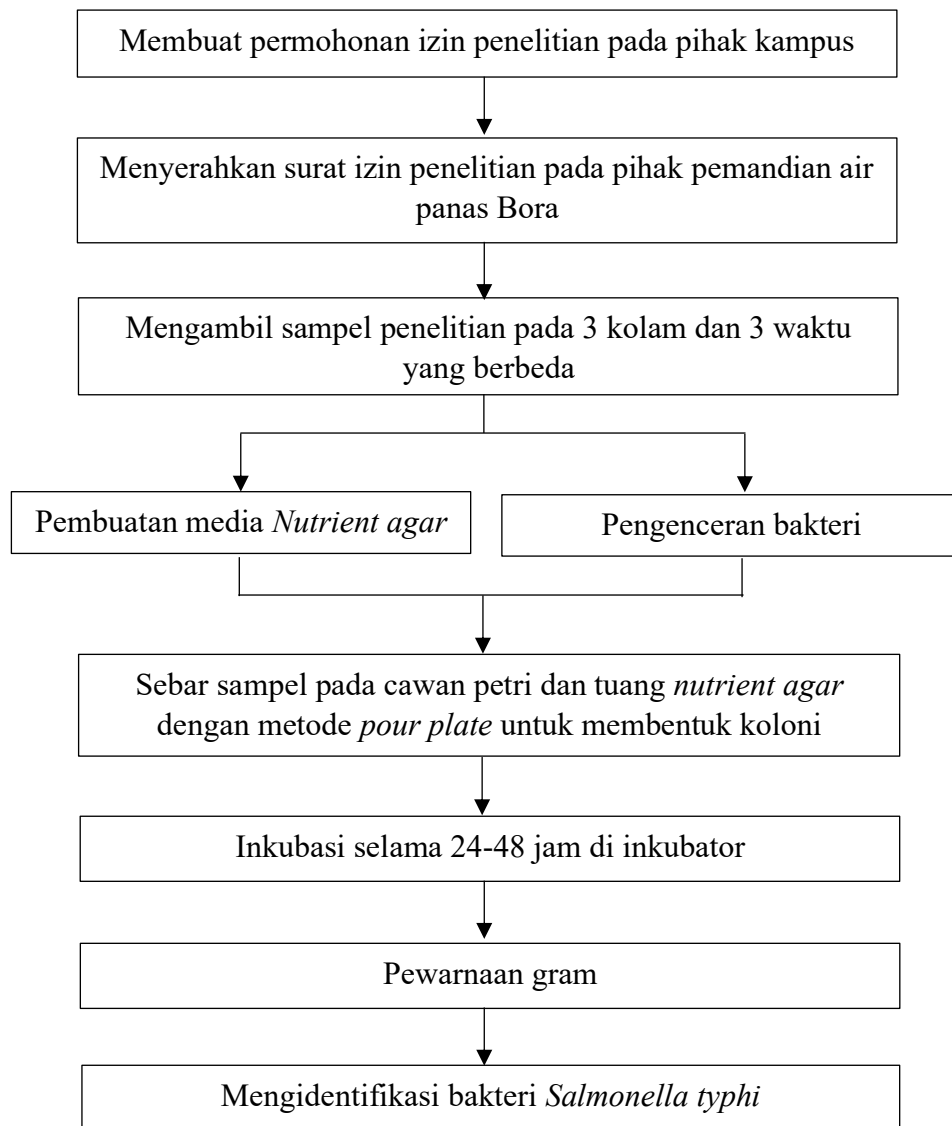
2. *Anonymity*

Identitas partisipan dirahasiakan menggunakan kode unik. Informasi pribadi seperti nama, alamat, atau data sensitif tidak dicantumkan atau disebarluaskan.

3. *Confidentiality*

Seluruh data yang diperoleh dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk keperluan penelitian. Data disimpan dengan sistem keamanan yang memadai dan tidak akan diberikan kepada pihak lain tanpa persetujuan tertulis.

H. Alur Penelitian



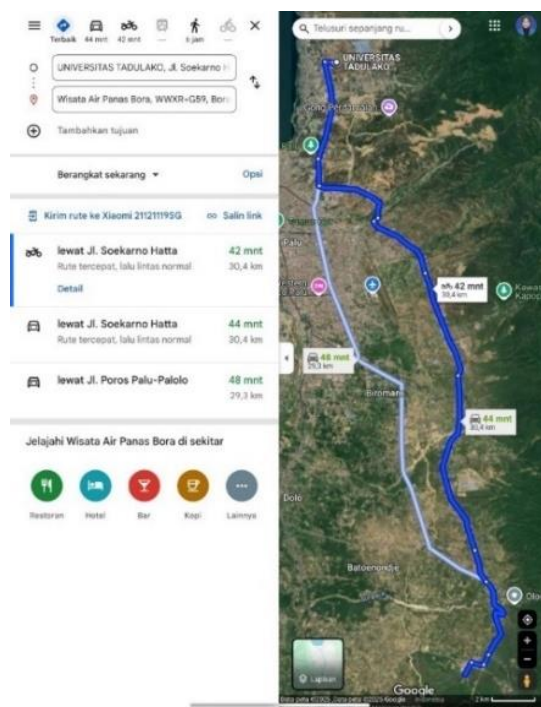
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi dan Sampel Penelitian

1. Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi

Penelitian ini berlokasi di Wisata air panas bora terletak di Desa Bora, Kecamatan Sigi Biromaru, Kabupaten Sigi atau berkisar 30 KM dari Universitas Tadulako. Lokasi pemandian air panas Bora dikelilingi pepohonan yang rindang, kawasan ini menawarkan suasana alam yang asri dan sejuk. Sumber air panas yang alami, berasal dari aktivitas geothermal di bawah permukaan tanah. Suhu air di pemandian air panas Bora berkisar antara 40°C-60°C. Pemandian air panas Bora menjadi destinasi yang dimanfaatkan masyarakat sebagai terapi alternatif. Fasilitas umum seperti kolam rendam, kamar bilas, area parkir, serta kios makanan turut menunjang kenyamanan pengunjung Pemandian Air Panas Bora menjadi objek wisata di Kabupaten Sigi, menawarkan pemanfaatan sumber daya geothermal untuk rekreasi dan potensi kesehatan.



Gambar 4.1 Peta Pemandian Air Panas Bora

Sumber: Data primer, 2025

Terdapat tiga kolam air panas yang teraliri air di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora. Kolam pertama merupakan sumber utama air panas yang akan dialirkan pada kolam selanjutnya (Gambar 4.2a). Pada Kolam pertama memiliki suhu sekitar 50-60 °C. Karakteristik air berwarna jernih kekuningan dengan keadaan kolam yang terdapat sampah disekitar.

Kolam kedua adalah kolam penampungan dengan menstabilkan suhu air sebelum dialirkan ke kolam ketiga. Kolam ini berbentuk bak persegi panjang dan terdiri dari atap untuk melindungi kolam (Gambar 4.2b). Pada kolam ini, terdapat pipa untuk mengalirkan air dari kolam pertama ke kolam kedua. Selanjutnya, pipa dari kolam kedua akan dialirkan menuju kolam ketiga. Karakteristik air pada kolam, air jernih dan mempunyai suhu sekitar 40-50 °C.

Pada kolam ketiga merupakan tempat perendaman dari pengunjung. Pada kolam ini, terdapat dua kolam penampungan. Penampungan pertama, terdapat dua penampungan yang terbuat dari beton yang airnya selalu mengalir (Gambar 4.2c). Penampungan kedua merupakan bangunan untuk pengunjung merendam kaki atau badan dengan berbentuk gazebo kecil yang betingkat pada tengahnya (Gambar 4.2d). Pada penampungan kedua di kolam ketiga ini, airnya tidak selalu ada karena bergantung dengan pengunjung yang datang.



Gambar 4.2 Titik Kolam Pemandian Air Panas Bora Sigi

(Keterangan: 4.2a kolam 1; 4.2b kolam 2; 4.2c kolam 3)

Sumber: Data primer, 2025

2. Deskripsi Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dari riga titik yang berbeda selama tiga kali di hari yang berbeda, sehingga total yang diperoleh yaitu Sembilan sampel air. Pengambilan sampel secara aseptik menggunakan *handscoon*, masker, dan jas laboratorium. Pada setiap titik pengambilan, akan dilakukan pengukuran suhu air terlebih dahulu, lalu suhu diukur di dalam wadah pengambilan dan di ukur kembali saat sampai di laboratorium untuk menilai perbedaan suhu.

Tabel hasil pengambilan sampel mencatat pengamatan pada tiga titik kolam selama tiga hari, mencakup parameter suhu, bau, dan warna air. Titik 1 menunjukkan suhu tertinggi, dengan rata-rata suhu awal sebesar 56,67 °C, suhu dalam wadah 56 °C, dan suhu di laboratorium 53,33 °C. Air pada titik ini tercium aroma belerang dan berwarna kuning kehijauan. Sementara itu, titik 2 memiliki rata-rata suhu awal 42 °C, tidak beraroma, dan airnya

tampak jernih. Titik 3 menunjukkan suhu rata-rata 40,67 °C, tidak berbau, dan berwarna kuning. Perbandingan ketiga titik ini mengindikasikan bahwa titik 1 memiliki suhu yang paling tinggi, dengan penurunan suhu sekitar 2–3 °C saat diuji di laboratorium, yang kemungkinan disebabkan oleh proses pendinginan selama transportasi. Tabel sampel penelitian disajikan sebagai berikut:

Tabel 4.1 Sampel Penelitian

Hari	Titik Kolam	Waktu	Suhu awal	Suhu di wadah	Suhu di laboratorium	Rata-rata suhu setiap kolam	Aroma	Warna	Keberadaan <i>Salmonella typhi</i>
1	1	10.55	56 °C	56 °C	53 °C	55 °C	Belarang	Kuning kehijauan	Tidak ada
	2	11.02	40 °C	40 °C	42 °C	40,6 °C	Tidak beraroma	Jernih	Ada
	3	11.11	40 °C	40 °C	41 °C	40,3 °C	Tidak beraroma	Kuning	Ada
2	1	10.35	58 °C	56 °C	54 °C	56 °C	Belarang	Kuning kehijauan	Ada
	2	10.40	44 °C	44 °C	41 °C	43 °C	Tidak beraroma	Jernih	Tidak ada
	3	10.46	40 °C	40 °C	38 °C	39,3 °C	Tidak beraroma	Kuning	Tidak ada
3	1	10.10	56 °C	56 °C	53 °C	55 °C	Belarang	Kuning kehijauan	Tidak ada
	2	10.20	42 °C	42 °C	40 °C	41,3 °C	Tidak beraroma	Jernih	Tidak ada
	3	10.15	42 °C	42 °C	39 °C	41 °C	Tidak beraroma	Kuning	Ada

(Sumber: Data Primer, 2025)

Berdasarkan tabel tersebut, terdapat perbedaan suhu karena waktu tempuh menuju ke laboratorium membutuhkan waktu sekitar 40-60 menit. Untuk meminimalisir perbedaan suhu, wadah sampel menggunakan botol yang dibungkus menggunakan *aluminium foil* agar tidak terkena matahari langsung.

B. Hasil Penelitian

1. Pemeriksaan Kultur Bakteri

Pemeriksaan kultur merupakan metode yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme dari sampel klinis dalam media pertumbuhan untuk mengidentifikasi jenis patogen penyebab infeksi. Pada penelitian dilakukan menggunakan sampel air dari tiga titik kolam yang akan diencerkan sebanyak 5 kali pengenceran. Tiap sampel akan diambil pengenceran ketiga hingga kelima untuk dilakukan kultur di media *nutrient agar* metode *pour plate* dengan perbandingan 1 ml sampel dan 20 ml *nutrient agar*. Sampel akan di inkubasi selama 24 – 48 jam di suhu 37°C. Setelah itu media akan diamati karakteristik koloninya.

Berdasarkan hasil kultur menggunakan media *nutrient agar* jumlah dan karakteristik koloni sangat bervariasi. Untuk perhitungan jumlah koloni bisa menggunakan CFU/ml (Colony Forming Units per milliliter). Perhitungan ini digunakan untuk menghitung jumlah sel bakteri hidup per mililiter sampel asli, dan bisa digunakan jika jumlah koloni 30 - 300, kurang atau lebih dari itu tidak bisa dihitung dengan CFU/ml. Beberapa koloni menunjukkan karakteristik bakteri *Salmonella typhi*.

Karakteristik bakteri *Salmonella* secara makroskopis pada media pertumbuhan *nutrient agar* menunjukkan koloni bakteri berbentuk bulat, tepi rata, permukaan halus, berwarna putih, berukuran 2-3 mm. Selanjutnya, pada pengamatan mikroskopis menggunakan *oil immersion* yang diamati di bawah mikroskop, koloni yang akan terlihat berbentuk batang, susunan menyebar, dan berwarna merah (Devi et al., 2025; Hasanuddin et al., 2025).

Tabel 4.2 Hasil kultur Bakteri

Hari	Kolam	Pengenceran	Jumlah koloni	Warna koloni	Karakteristik koloni
1	1	-1	∞	Putih keruh	Bulat, beberapa tepi rata
		-2	± 45	Putih keabuan	Bulat tepi halus
		-3	± 3	Putih kekuningan	Koloni besar dan kasar
	2	-3	± 30	Putih krem	Bulat, licin, dan kasar
		-4	± 40	Putih krem, putih susu	Bulat tepi halus, cembung
		-5	± 20	Krem kekuningan	Besar tepi tidak teratur
	3	-1	∞	Putih krem	Banyak koloni menyatu
		-2	± 250	Putih susu	Bulat kecil merata
		-3	± 75	Putih kekuningan	Bulat merata
		-4	± 60	Putih susu	Bulat mengkilap, cembung
		-5	± 30	Putih krem	Bulat hanya di satu sisi
2	1	-1	∞	Putih krem	Koloni padat, kecil-sedang, halus
		-2	± 180	Putih kekuningan	Kecil, permukaan licin dan cembung
		-3	± 35	Krem, abu-abu	Koloni besar bergerigi
		-4	± 45	Putih kekuningan, transparan	Kecil, bulat, permukaan halus
	2	-1	∞	Putih, krem, kekuningan	Koloni padat, bulat
		-2	± 150	Putih krem	Ukuran bervariasi, cembung, tersebar
		-3	± 45	Krem kekuningan	Bulat permukaan halus
		-4	± 5	Transparan	Sedikit titik kecil
		-5	± 20	Putih krem	Kemungkinan jamur
	3	-2	± 60	Krem, putih	Bulat, permukaan rata – cembung
		-3	± 120	Putih krem	Bulat, kecil, merata
		-4	± 8	Putih keabuan	Koloni besar, permukaan bercak

		-5	± 2	Putih krem	Koloni besar berbulu
3	1	-1	± 75	Krem, kuning pucat	Kecil hingga sedang, bulat dan merata
		-2	± 35	Krem kekuningan	Bulat sedang, tidak merata
		-3	± 15	Transparan, krem	Tidak padat, koloni besar-sedang
	2	-1	± 25	Krem transparan	Besar menyatu, tidak merata
		-2	± 40	Krem kekuningan	Bulat kecil-sedang, tepi tidak rata
		-3	± 30	Krem pucat	Seperti rantai, bentuk bervariasi
	3	-1	± 50	Krem, transparan	Ukuran bervariasi. Bulat menyatu
		-2	± 20	Krem pucat	Bulat kecil, menyebar merata
		-3	± 35	Krem agak gelap	Bulat besar tepi halus

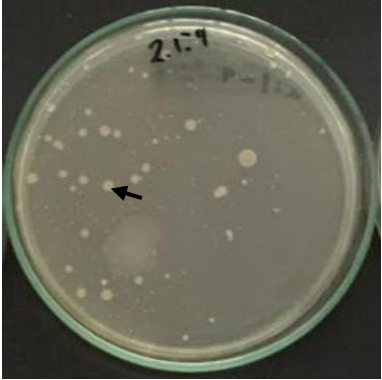
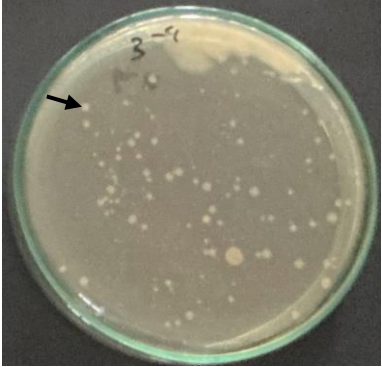
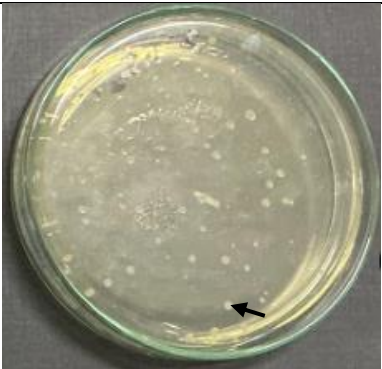
(Sumber: Data Primer, 2025)

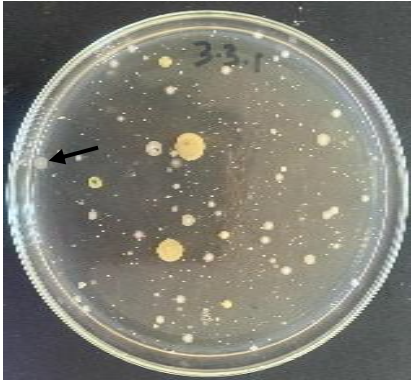
Keterangan:

∞ : tak terhingga (>300)

$\pm$: kurang lebih

Tabel 4.3 Identifikasi Koloni *Salmonella typhi*

Sampel	Karakteristik	Gambar
H1.2(-4)	Bulat, tepi rata, permukaan halus, cembung	
H1.3(-4)	Berbentuk bulat, cembung, tepi rata, permukaan halus	
H2.1(-4)	Berbentuk bulat, cembung, tepi rata, permukaan halus	

H3.3(-1)	Bulat, tepi rata, permukaan halus, cembung	
----------	--	--

(Sumber: Data Primer, 2025)

Keterangan :

H1 = Hari

.1 = Kolam 1

(-1) = Pengenceran

Pemeriksaan kultur pada media *Nutrient agar* hanya untuk menumbuhkan koloni bakteri. Koloni bakteri yang tumbuh pada media, selanjutnya dilakukan pengamatan morfologi koloni dan dilanjutkan dengan pewarnaan Gram. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop. Hasil pengamatan pada tahap ini tentunya membutuhkan pemeriksaan lebih lanjut seperti uji biokimia (Darniati *et al.*, 2024).

2. Pemeriksaan Morfologi dengan Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram merupakan metode pewarnaan mikroskopik yang digunakan untuk membedakan jenis bakteri berdasarkan dinding sel. Tujuan pemeriksaan ini untuk menentukan bakteri gram negatif atau positif dan untuk melihat morfologi sel bakteri. Sebanyak 9 sampel diperiksa menggunakan metode pewarnaan Gram dan pengamatan morfologi koloni. Dari seluruh sampel, ditemukan beberapa jenis bakteri Gram-positif dan Gram-negatif. Berikut adalah tabel distribusi hasil pewarnaan gram dari sampel:

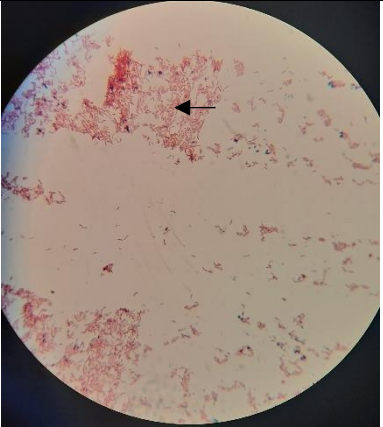
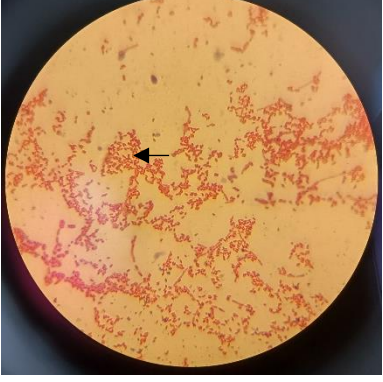
Tabel 4.4 Distribusi Jenis Bakteri

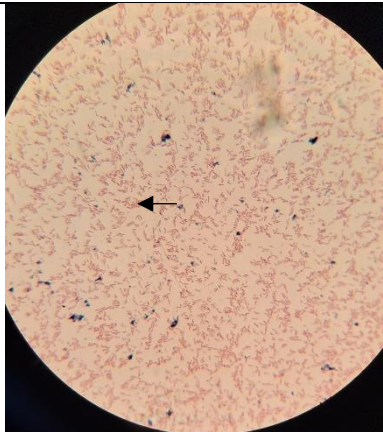
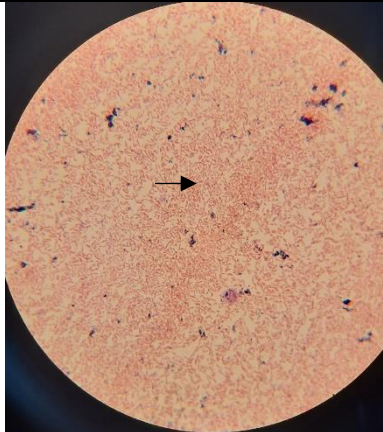
Hari	Kolam	Rata-rata suhu sampel	Bakteri	Gram	Sifat suhu
1	1	55 °C	<i>Proteus mirabilis</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	Mesofilik
			<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Mesofilik
	2	40,6 °C	<i>Proteus mirabilis</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Aureginosa sp.</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Salmonella typhi</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	Mesofilik
			<i>Proteus mirabilis</i>	Negatif	Mesofilik
	3	40,3 °C	<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Salmonella typhi</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Campylobacter sp.</i>	Negatif	Termofilik
			<i>Salmonella typhi</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Proteus mirabilis</i>	Negatif	Mesofilik
2	1	56 °C	<i>Salmonella typhi</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Proteus mirabilis</i>	Negatif	Mesofilik
	2	43 °C	<i>Streptobacilus</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	Mesofilik
			<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Campylobacter sp.</i>	Negatif	Termofilik
	3	39,3 °C	<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	Mesofilik
			<i>Proteus mirabilis</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	Mesofilik
3	1	55 °C	<i>Proteus mirabilis</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	Mesofilik
	2	41,3 °C	<i>N. gonorrhoe</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	Mesofilik
			<i>Streptobacilus</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Bacillus anthracis</i>	Positif	Mesofilik
			<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	Mesofilik
	3	41 °C	<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Salmonella typhi</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Proteus mirabilis</i>	Negatif	Mesofilik
			<i>Escherichia coli</i>	Negatif	Mesofilik

(Sumber: Data Primer, 2025)

Dari tabel 4.4 menunjukkan distribusi jenis bakteri berdasarkan jumlah isolat, karakter pewarnaan Gram, sifat suhu pertumbuhan, serta persentase kemunculannya dari total 30 isolat yang diperoleh. Berdasarkan tabel 4.4, didapatkan bakteri *Salmonella typhi* pada sampel dengan jumlah 4 isolat dari total 30 (sebesar 13,3%). Bakteri *Salmonella typhi* masuk ke dalam kelompok bakteri gram negatif, berbentuk batang, dan bersifat mesofilik (dapat tumbuh optimal pada suhu 37°C). Berikut tabel hasil Gambaran mikroskopis dari bakteri *Salmonella typhi* yang didapatkan pada sampel.

Tabel 4.5 Hasil Pewarnaan Gram dan Karakteristik Sel

Kode Sampel	Gram	Mikroskopis	Gambaran Sel
H1.2 (-4)	Negatif		Berbentuk basil (batang), sel berwarna merah.
H1.3(-4)	Negatif		Berbentuk basil (batang), sel berwarna merah.

H2.1(-4)	Negatif		Berbentuk basil (batang), sel berwarna merah, menyebar.
H3.3(-1)	Negatif		Berbentuk basil (batang), sel berwarna merah, menyebar.

(Sumber: Data Primer, 2025)

Keterangan :

H1 = Hari 1

.1 = Kolam 1

(-1) = Pengenceran

C. Pembahasan

Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora berada di Desa Bora, Kecamatan Sigi Biromaru, Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah. Lokasinya terletak di kawasan kaki Pegunungan Gawalise, pada ketinggian yang tidak terlalu tinggi namun cukup dekat dengan daerah pegunungan vulkanik aktif. Sumber air panas di wilayah ini berkaitan dengan aktivitas geotermal yang masih berlangsung di bawah permukaan bumi, seiring dengan posisi tektonis Sulawesi Tengah yang berada di pertemuan Lempeng Eurasia dan Indo-Australia, menjadikannya daerah rawan gempa. Letaknya yang tidak jauh dari

Kota Palu membuat tempat ini mudah diakses dan menjadi salah satu destinasi wisata bagi warga lokal maupun wisatawan.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan air kolam dari pemandian air panas Bora Sigi. Air merupakan nutrisi penting bagi kehidupan bakteri. Lingkungan yang memiliki tingkat kelembaban tinggi atau dalam kondisi basah sangat mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup bakteri. Sebagian besar bakteri dapat tumbuh dan berkembang secara optimal pada media yang lembab serta di udara yang mengandung kadar air tinggi (Apriani *et al.*, 2023)

Sampel pada penelitian ini dinilai suhu dan karakteristik air yang diambil selama 3 hari. Rata-rata suhu pada kolam satu sekitar 50°C, pada kolam dua dan pada kolam tiga sekitar 40°C. Suhu pada kolam tergolong tinggi terutama pada kolam 1 yang merupakan sumber mata air panas. Perubahan suhu di tiap waktu tidak terlalu signifikan, karena pengambilan sampel air menggunakan botol dan dibungkus menggunakan *aluminium foil*. Meskipun suhu air panas mampu membunuh sebagian mikroorganisme, kondisi geologis alami ini justru menjadi habitat yang sesuai bagi kelompok mikroorganisme tertentu. Lingkungan mata air panas relatif mirip dengan lingkungan awal bumi, dan karakteristik fisik dan kimianya yang unik mendorong pembentukan kelompok mikroorganisme (Zhang *et al.*, 2023)

Berdasarkan tabel 4.1 sampel penelitian, menunjukkan perbandingan rata-rata yang tidak signifikan dari suhu awal di kolam hingga sampai di laboratorium. Terdapat beberapa sampel yang mengalami peningkatan dan penurunan suhu. Beberapa bakteri dapat menyesuaikan habitatnya dari suhu, maupun kandungan air tersebut. Sampel yang akan di teliti, dimasukkan ke dalam wadah steril dan disimpan di tempat yang gelap (Narsing Rao *et al.*, 2021)

Penelitian yang dilakukan oleh Lee (2022) membuktikan bahwa bakteri dapat hidup pada sumber air panas umumnya bakteri termofilik yang hidup di suhu sekitar 50°C. Tetapi, pada penelitian kali ini ada beberapa bakteri non termofilik yang ditemukan pada sampel tersebut. Hal ini sejalan dengan

penelitian yang dilakukan oleh Escuder-Rodríguez (2022), didapatkan bakteri mesofilik yang dapat hidup pada sumber air panas bersuhu sedang hingga bersuhu tinggi. Bakteri tersebut memiliki protein yang tahan dengan suhu panas, seperti beberapa dari spesies *Acidovorax* dan *Geobacter*.

Media kultur bakteri (pertumbuhan) mengandung nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhannya atau kultivasi bakteri secara *in vitro* di laboratorium. Selain sebagai tempat pertumbuhan, media ini juga berperan penting dalam pengujian karakter fisiologis dan biokimiawi bakteri, serta digunakan untuk menghitung jumlah bakteri yang ada. Media *Nutrient agar* dipilih karena merupakan media umum yang digunakan dalam pertumbuhan mikroorganisme (Apriani *et al.*, 2023).

Nutrient agar merupakan medium padat berwarna putih kekuningan yang mengandung agar sebagai bahan pematat. Media ini mengandung karbohidrat dan protein yang berasal dari ekstrak daging dan pepton, yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan nutrisi sebagian besar bakteri. *Nutrient agar* dikenal sebagai media universal yang banyak digunakan dalam analisis mikrobiologi karena mendukung pertumbuhan berbagai jenis bakteri. Komposisinya berupa campuran ekstrak daging dan pepton yang dipadatkan dengan agar (Elisa *et al.*, 2023).

Morfologi koloni merupakan salah satu metode identifikasi bakteri secara makroskopis. Meskipun telah berkembang berbagai teknik modern, pendekatan morfologis masih digunakan dalam studi taksonomi. Identifikasi ini mencakup pengamatan terhadap karakteristik koloni yang tumbuh di media, serta morfologi sel yang diamati di bawah mikroskop dengan pembesaran tertentu. Parameter yang umum diamati meliputi bentuk, warna, ukuran, dan posisi koloni pada permukaan media kultur (Wulandhani and Mangol, 2024)

Total Plate Count (TPC) merupakan metode untuk menumbuhkan sel mikroorganisme pada media agar, sehingga mikroorganisme dapat berkembang dan membentuk koloni yang dapat diamati secara langsung tanpa bantuan mikroskop. Dalam metode ini, penguasaan teknik pengenceran sangat penting sebelum inokulasi ke dalam media. Tahapan awal melibatkan pengenceran

menggunakan larutan fisiologis, yang bertujuan untuk mengurangi jumlah koloni bakteri yang nantinya untuk mendapatkan perhitungan yang tepat serta mempermudah dalam proses penghitungannya (Istighfari, 2024).

Perhitungan jumlah koloni bakteri dilakukan dengan menggunakan standar yang dikenal sebagai *Standard Plate Count*, yaitu metode yang menjelaskan prosedur penghitungan koloni pada cawan petri dari suatu sampel. Dari metode ini, dikenal istilah *Colony Forming Units (CFU) per mL*, yang menunjukkan jumlah koloni hidup yang berasal dari larutan sampel hasil pengenceran bertingkat. Suspensi ini dibuat untuk menentukan konsentrasi bakteri yang ingin diketahui jumlah bakterinya (Istighfari, 2024).

Berdasarkan tabel 4.2, hasil kultur bakteri memiliki jumlah koloni yang bervariasi. Pada pengenceran -1, sebagian besar sampel menunjukkan pertumbuhan koloni yang padat. Sementara itu, pengenceran yang lebih tinggi jumlah koloni menjadi lebih terukur dan memungkinkan dilakukan estimasi populasi mikroorganisme dalam sampel melalui perhitungan CFU. Perhitungan ini bisa diulang untuk sampel lain yang jumlah koloninya masih bisa dihitung secara valid (biasanya antara 30–300 koloni). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah koloni adalah sebagai berikut (Istighfari, 2024):

$$\Sigma \text{Koloni} \times \frac{\text{volume pengenceran}}{\text{faktor Pengenceran}}$$

Berdasarkan tabel 4.3 Identifikasi koloni, Hasil kultur diduga merupakan koloni *Salmonella typhi* pada media *nutrient agar* yang menunjukkan morfologi koloni yang mendukung identifikasi awal terhadap bakteri ini. Pada sampel, koloni memiliki tepi rata, permukaan halus, berbentuk bulat dan berwarna putih-transparan. Penelitian yang dilakukan oleh Hasanuddin (2025), ciri khusus pada pengamatan makroskopis seperti berwarna putih susu, koloni berbentuk bulat, permukaan cembung, tepi koloni rata. Sedangkan, ciri khusus pada pengamatan mikroskopis menggunakan *oil immersion* yang diamati di bawah mikroskop, koloni berbentuk batang, susunan menyebar, dan berwarna merah. Penelitian juga dilakukan oleh Devi (2025)

menunjukkan identifikasi pada media *nutrient agar* hasilnya koloni berbentuk bulat, tepi rata, permukaan halus, berwarna putih, berukuran 2-3 mm. Hasil mikroskopis menggunakan pewarnaan gram, yaitu didapatkan gram negatif, berbentuk basil (batang), berwarna merah muda, dan menyebar.

Identifikasi lebih lanjut dapat melalui uji biokimia. Hasil uji biokimia bakteri *Salmonella typhi* menunjukkan hasil seperti *Kligler Iron Agar* (lereng (*alkalis*), dasar (*acid*), H₂S (positif) yang terdapat endapan hitam pada media, gas (negatif) yang menunjukkan tidak terdapat rongga udara pada media). Pada pemeriksaan Indol, didapatkan indol (negatif) yang tidak membentuk cincin merah setelah ditetesi reagen maka bakteri menandakan tidak dapat mengurai tritofan menjadi indol dengan bantuan enzim triptofanase. Selanjutnya, *Media Methylene Red* (positif) membentuk cincin merah pada media, maka menandakan bakteri dapat menghasilkan asam campuran (piruvat, glutamat, asetat), Voges Proskauer (negatif) jika pada media, tidak terbentuk cincin merah, maka menandakan bakteri tidak dapat membentuk produk akhir no-asam seperti asetil karbonil. Pada pemeriksaan *Simmon Citrate Agar* (negatif) jika media tetap berwarna hijau tidak berubah menjadi biru maka bakteri menandakan tidak dapat menggunakan citrat sebagai sumber karbon tunggal atau hidrat arang. Sebaliknya jika media citrat setelah diinkubasi selama 24 jam berubah warna biru maka bakteri dapat menggunakan citrat sebagai sumber karbon tunggal atau hidrat arang. Pada uji urase didapatkan hasil (negatif) dan uji gula-gula (glukosa (positif), sukrosa (negatif), Laktosa (negatif)) (Istiqomah *et al.*, 2023; Nawangsih *et al.*, 2021).

Berdasarkan tabel 4.4 distribusi jenis bakteri, bakteri *Salmonella typhi* ditemukan sebanyak 4 dari total 30 isolat bakteri yang diidentifikasi, dengan presentase 13,3%. Bakteri ini merupakan *family Enterobacteriaceae*, tergolong gram negatif dan bersifat mesofilik. Jumlah isolat ini terbanyak keempat setelah bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *proteus mirabilis*.

Berdasarkan tabel 4.5 hasil pewarnaan gram dan karakteristik sel, seluruh sampel diduga dari bakteri *Salmonella typhi* yang menunjukkan hasil gram negatif, berbentuk basil (batang), dan berwarna merah. Hal ini karena

tingginya kandungan lipopolisakarida pada dinding selnya dan pada saat tahap *decolorizing* menggunakan alkohol, lapisan lipopolisakarida kehilangan warna, karena larutan kristal violet yang digunakan pada pewarnaan pertama telah menempel pada lapisan lipopolisakarida. Pewarnaan kedua dengan safranin, warna merah dihasilkan menandakan secara mikroskopis bahwa bakteri tersebut termasuk dalam kategori Gram negatif (Nugroho *et al.*, 2025).

Keberadaan *Salmonella typhi* di pemandian air panas Bora Sigi dapat ditemukan pada makanan atau air yang telah terkontaminasi. Bakteri *Salmonella typhi* dapat menyebar melalui "4 F" (*flies, fingers, feces, and fomites*) dengan jalur fekal-oral. Bakteri ini dapat hidup pada kebersihan dan sanitasi air yang kurang memadai (Bhandari *et al.*, 2024). Keberadaan bakteri di pemandian air panas Bora Sigi tidak hanya mencerminkan potensi kontaminasi fekal, tetapi juga menandakan risiko kesehatan masyarakat. Ini memperkuat pentingnya pengawasan sanitasi di lokasi wisata tersebut.

Hasil pemeriksaan mikrobiologi terhadap sampel air kolam pemandian air panas Bora menunjukkan adanya pertumbuhan koloni bakteri *Salmonella typhi*. Bakteri ini merupakan salah satu spesies dari famili *Enterobacteriaceae* yang bersifat anaerobik fluktuatif dan berbentuk basil gram negatif (Bhandari *et al.*, 2024). Keberadaan *Salmonella typhi* pada kolam pemandian mengindikasikan adanya potensi kontaminasi biologis, yang bisa berasal dari aktivitas manusia. Selain itu, manajemen kolam pemandian yang buruk menimbulkan risiko tinggi infeksi mikroba karena sumber feses dan non-feses (Hassanein *et al.*, 2023).

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak Dinas Pariwisata dan masyarakat di sekitar kawasan pemandian air panas Bora, Sigi, terungkap adanya permasalahan mendasar terkait dengan persepsi masyarakat, kebersihan lingkungan, serta keterbatasan dalam pengelolaan objek wisata. Keyakinan yang berkembang di kalangan masyarakat dan pengelola bahwa air panas secara otomatis dapat membasmi semua mikroorganisme patogen tampaknya menjadi penyebab utama kurangnya perhatian terhadap prinsip-prinsip sanitasi dasar. Padahal, sejumlah bakteri dan mikroorganisme tetap

mampu bertahan hidup atau bahkan berkembang biak di lingkungan bersuhu tinggi, terutama jika air telah terkontaminasi oleh kotoran atau limbah biologis. Oleh karena itu, anggapan tersebut sebaiknya ditinjau kembali melalui pendekatan ilmiah guna meminimalkan potensi risiko kesehatan bagi pengunjung maupun penduduk setempat.

Ditemukannya bangkai hewan dan tinja manusia di sekitar area kolam mencerminkan lemahnya pengawasan serta kurangnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kebersihan lingkungan. Kehadiran hewan liar maupun ternak di kawasan pemandian, ditambah dengan perilaku buang air sembarangan, berpotensi menimbulkan kontaminasi biologis yang berbahaya. Meskipun telah tersedia fasilitas toilet, sebagian besar tidak dapat digunakan karena mengalami kerusakan akibat gempa tahun 2018. Keterbatasan anggaran membuat perbaikan infrastruktur sulit direalisasikan. Kondisi ini semakin memburuk akibat rendahnya pendapatan dari sektor pariwisata dan adanya kebijakan efisiensi anggaran yang membatasi alokasi dana dari pemerintah.

Dari aspek pengelolaan sumber daya manusia, jumlah tenaga kebersihan dan pengelola yang direkrut dari warga setempat masih tergolong minim. Kondisi ini secara langsung memengaruhi tingkat kebersihan dan penataan kawasan wisata. Keterlibatan aparatur sipil negara (ASN) dalam tugas-tugas teknis seperti membersihkan area wisata mencerminkan bahwa sistem pengelolaan yang ada belum berjalan secara efektif dan masih bersifat sementara atau tanggap darurat.

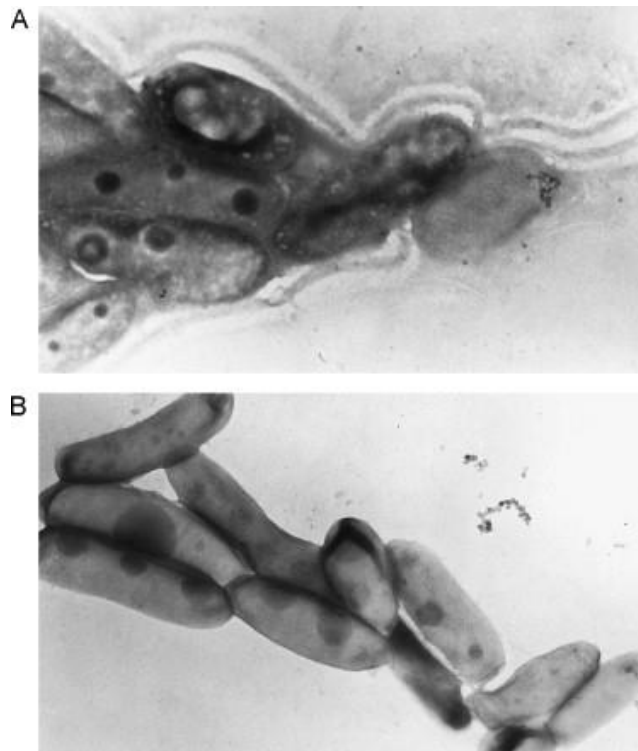
Hasil wawancara dengan masyarakat setempat mengungkapkan bahwa kolam air panas tidak semata-mata difungsikan sebagai objek wisata, melainkan telah menjadi bagian dari aktivitas harian warga. Ketergantungan terhadap kolam ini, khususnya ketika terjadi gangguan distribusi air bersih di permukiman, turut memperumit permasalahan yang ada. Penggunaan kolam untuk mandi maupun sebagai tempat buang air oleh sebagian warga meningkatkan potensi pencemaran, terutama jika tidak ditunjang oleh sistem sanitasi yang memadai.

Pertumbuhan koloni mikroorganisme pada media kultur menunjukkan adanya pengaruh faktor eksternal dari lingkungan, seperti kondisi sanitasi yang tidak memadai atau pencemaran udara. Proses perembesan bahan pencemar kedalam sumber air panas bisa terjadi. Penelitian oleh Basuki (2023) mengungkapkan bahwa buruknya sanitasi, seperti keberadaan tempat pembuangan sampah atau limbah tinja yang berdekatan dengan kolam air, berkontribusi terhadap pertumbuhan mikroorganisme melalui perembesan tanah. Faktor ini diperkuat oleh kondisi geografis Permandian Air Bora di Sigi yang terletak di wilayah perbukitan dan berdekatan dengan pemukiman warga, di mana sebagian masyarakat memelihara hewan ternak. Penelitian yang dilakukan oleh Utami (2023) juga mendukung hal tersebut, keberadaan sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan risiko kesehatan bagi masyarakat. Sampah dapat menjadi tempat berkembang biak bagi mikroorganisme patogen yang dapat menulari manusia. Selain itu, jika sampah mencemari sumber air, dapat menyebabkan kontaminasi air dan penyebaran penyakit melalui konsumsi air yang terkontaminasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Shen (2024) menunjukkan, terdapat bakteri yang mampu bertahan pada berbagai kondisi ekstrem dari permafrost hingga mata air panas. genom *Exiguobacterium*, bakteri poli-ekstrofil yang mampu tumbuh di berbagai lingkungan, dari permafrost hingga sumber air panas. Hal ini mengindikasikan kemungkinan adanya spesies baru yang telah berevolusi atau beradaptasi secara genetik terhadap lingkungan ekstrem. Tentunya fenomena tersebut membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk memastikan hal tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Raza (2011) menyebutkan bahwa bakteri *Salmonella enterica serovar typhi* (*Salmonella typhi*), agen penyebab tifoid pada manusia, juga mampu menghasilkan biofilm. Hal ini berkontribusi pada resistensi dan persistensinya di dalam inang. *Salmonella typhi* ditularkan melalui rute fekal-oral melalui air dan makanan yang terkontaminasi. Bakteri dalam biofilm umumnya dianggap terlindungi dengan baik terhadap stres lingkungan, antibiotik, disinfektan, dan sistem kekebalan tubuh

inang, sehingga sangat sulit diberantas. Dalam penelitian tersebut dilakukan deteksi dan konfirmasi isolat *Salmonella typhi* dan evaluasi antigen Vi menggunakan PCR. Selanjutnya, menggunakan media produksi biofilm yang di modifikasi. Setelah pemberian pewarnaan kristal violet, dilakukan konfirmasi keberadaan matriks biofilm menggunakan mikroskop elektron.



Gambar 4.3 Mikrograf elektron transmisi biofilm (Pembesaran×23.500)

Keterangan: (A) *Salmonella* Typhi penghasil biofilm. (B) Non penghasil biofilm.

(Raza *et al.*, 2011)

Penelitian mengenai pembentukan biofilm juga dilakukan oleh Jahan (2022) menyatakan, Jaringan regulatori yang luas dan rumit mengatur pembentukan biofilm bakteri. Beberapa RNA non-coding dan molekul regulatori juga telah ditemukan dalam pembentukan biofilm bakteri seperti ncRNA *Ribs* yang meningkatkan ekspresi gen sintase asam lemak siklopropana (*cfa*) yang mendorong pembentukan biofilm, *Mig-14* and *Virk genes* yang mengurangi permeabilitas membran luar untuk mendorong pertumbuhan biofilm, *Rck gene* yang meningkatkan perlekatan seluler bakteri dan

mendorong pembentukan biofilm, *QseB and QseC* yang terlibat dalam motilitas dan pembentukan biofilm.

Biofilm spesies *Salmonella typhi* memiliki beberapa komponen substansi polimer ekstraseluler (EPS) yang teridentifikasi termasuk selulosa, asam kolanat, antigen Vi, curli fimbriae, kapsul antigen O, dan beberapa protein terkait biofilm. Pembentukan biofilm memberikan beberapa keuntungan bagi bakteri, termasuk peningkatan resistensi terhadap antibiotik dan respons imun inang, serta lingkungan yang stabil yang mendukung kolonisasi jangka panjang (Muturi *et al.*, 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Muturi (2024) menyatakan DNA yang diekstraksi dari galur *Salmonella typhi* menggunakan GenElute™ Bacterial Genomic DNA Kit. Pemangkasan kualitas pembacaan dilakukan menggunakan Trimmomatic (versi 0.39). Kesalahan pembacaan dikoreksi menggunakan SPAdes (v 3.13.1). Variasi genetik dan adaptasi yang diamati berperan penting dalam kemampuan *Salmonella typhi* untuk mempertahankan infeksi laten pada pembawa asimtomatik, terutama dalam membentuk biofilm. Isolat non-MDR (*multi drugs resistant*) justru lebih efisien dalam pembentukan biofilm. Mutasi genetik yang mempengaruhi biofilm yaitu *treB* A383T. *TreB* adalah bagian dari sistem transport gula trehalosa. Mutasi ini kemungkinan membantu dalam toleransi osmotik dan mendukung produksi polisakarida biofilm. Mutasi pada *treB* (misalnya A383T) dapat meningkatkan kemampuan bakteri menggunakan trehalosa dalam lingkungan stres tinggi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Goay (2016) menjelaskan mengenai metode deteksi berbasis DNA, seperti polymerase chain reaction (PCR), telah terbukti sensitif, spesifik, dan cepat dibandingkan dengan metode berbasis kultur konvensional untuk diagnosis banyak penyakit infeksi. Terdapat 5 gen *Salmonella typhi* yang terbukti 100% sensitivitas dan spesifisitas. 5 uji PCR menggunakan STY0307, STY0322, STY0326, STY2020, dan STY2021 telah dikembangkan dan terbukti sangat spesifik pada resolusi target gen tunggal. Uji PCR yang dioptimalkan untuk STY0307, STY0322, STY0326, STY2020, dan STY2021 mengidentifikasi semua

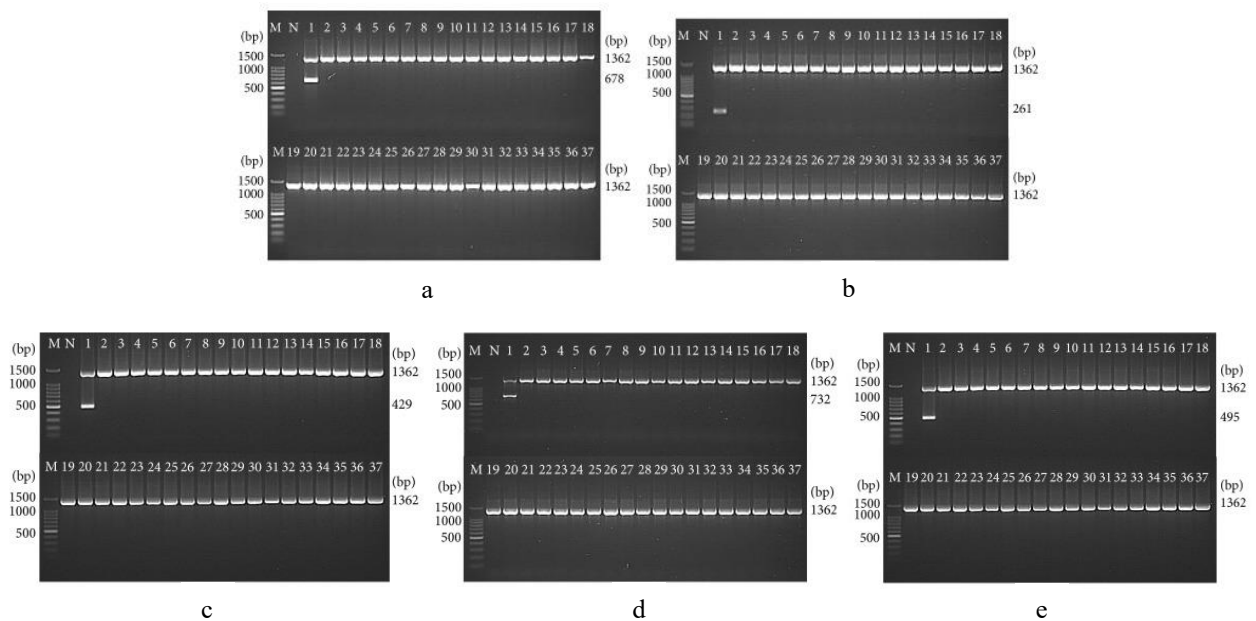
isolat *Salmonella typhi* (39/39) dengan tepat, sementara tidak ada isolat *Salmonella non-typhi* (0/62) dan tidak ada isolat non- *Salmonella* (0/10) yang terdeteksi. Hal ini menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas 100% untuk uji PCR dan menunjukkan bahwa kelima gen tersebut unik untuk *Salmonella typhi*. Dengan menggunakan metode bioinformatika untuk perbandingan seluruh genom (urutan genom lengkap *S. Typhi* CT18 diunduh dari basis data Pusat Informasi Bioteknologi Nasional (NCBI) dan digunakan sebagai genom referensi), lalu dilakukan pencocokan sekuens nukleotida hingga 7 basa (semakin kecil ukuran nukleotida, semakin sensitif hasilnya).

Target genes	Primer labels	Primer sequences (5'-3')	Target lengths (bp)
STY0307	0307F	ATGAAACCTTTATTCTCAGTGC	495
	0307R	TTAGCGTAATTCCCAGAACC	
STY0322	0322F	ATGAAATATAAAAAATAAGAG	678
	0322R	CTATGGATTCATTTCCATTTC	
STY0326	0326F	ATGAATACGAATAATTCACC	261
	0326R	TTACCCTCCCCATGTCAC	
STY2020	2020F	ATGCCTGTTATGCATAATTG	429
	2020R	TTATGCTGTTAACGAGTCGTC	
STY2021	2021F	ATGAGTTTAGCGCAGCCTAAATCC	732
	2021R	TTAGAAGTCTCCTGCCTGGAAAC	
16S rRNA ^a	16SF	CAGGCCTAACACATGCAAGTC	1362
	16SR	GGGCGGTGTGTACAAGGC	

Gambar 4.4 Daftar primer yang menargetkan gen spesifik *S. Typhi* untuk pengembangan uji PCR

(Goay *et al.*, 2016)

Hasil menunjukkan bahwa pasangan primer yang dirancang berhasil mengamplifikasi gen targetnya dengan ukuran ampikon masing-masing 495, 678, 261, 429, dan 732 bps. Hasil sekuensing DNA ampikon menunjukkan 100% identitas dengan gen *S. Typhi* yang sesuai, yang mengonfirmasi fidelitas dan sensitivitas primer (Goay *et al.*, 2016).



Gambar 4.5 Spesifisitas analitis uji PCR untuk mendeteksi gen

Keterangan: Ukuran amplikon PCR untuk gen 16S rRNA, (a) STY0322, (b) STY0326, (c) STY2020, (d) STY2021, dan (e) STY0307 masing-masing adalah 1.326 bp, 678 bp, 261 bp 429 bp, 732 bp, dan 732 bp.

(Goay *et al.*, 2016)

Jalur pada gambar diatas berupa, M = 100 bp DNA ladder (Promega); N = *negative control*; 1 = *S. Typhi*; 2 = *S. Paratyphi A*; 3 = *S. Paratyphi B*; 4 = *S. Paratyphi C*; 5 = *S. Enteritidis*; 6 = *S. Typhimurium*; 7 = *S. Weltevreden*; 8 = *S. Agona*; 9 = *S. Heidelberg*; 10 = *S. Poona*; 11 = *S. Hadar*; 12 = *S. Braenderup*; 13 = *S. Albany*; 14 = *S. Oslo*; 15 = *S. Kibi*; 16 = *S. Newport*; 17 = *S. Tshiongwe*; 18 = *S. Uppsala*; 19 = *S. Richmond*; 20 = *S. Bardo*; 21 = *S. Emek*; 22 = *S. Kissi*; 23 = *S. Virchow*; 24 = *S. Bordeaux*; 25 = *S. Regent*; 26 = *S. Java*; 27 = *S. Farsta*; 28 = *Shigella dysenteriae*; 29 = *Shigella flexneri*; 30 = *Shigella sonnei*; 31 = *Shigella boydii*; 32 = *Vibrio cholerae*; 33 = *Enterohemorrhagic Escherichia coli*; 34 = *Enteropathogenic Escherichia coli*; 35 = *Aeromonas hydrophila*; 36 = *Yersinia enterocolitica*; dan 37 = *Klebsiella pneumonia*. Selanjutnya, hasil pengenceran serial DNA genom *S. Typhi* menunjukkan bahwa batas deteksi uji PCR yang dioptimalkan

adalah 32 pg untuk gen STY0322, 6,4 pg untuk gen STY0326, STY2020, dan STY2021, dan 1,28 pg untuk gen STY0307 (Goay *et al.*, 2016).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian “Identifikasi Bakteri *Salmonella typhi* dengan Pemeriksaan Kultur dan Morfologi di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi” dapat disimpulkan bahwa:

1. Keberadaan bakteri *Salmonella typhi* pada air kolam di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi, terdapat bakteri *Salmonella typhi* pada sampel dengan jumlah 4 isolat dari total 30 (sebesar 13,3%).
2. Hasil pemeriksaan kultur bakteri pada sampel air di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi, didapatkan hasil pemeriksaan makroskopis koloni bakteri berbentuk bulat, tepi rata, permukaan halus, berwarna putih.
3. Ciri morfologi bakteri *Salmonella typhi* yang ditemukan berdasarkan pemeriksaan mikroskopis dengan pewarnaan Gram memperlihatkan bahwa isolat *Salmonella typhi* termasuk bakteri Gram negatif, berbentuk basil (batang), berwarna merah setelah pewarnaan gram, dan menyebar
4. Keberadaan *Salmonella typhi* di pemandian air panas Bora Sigi menunjukkan bahwa suhu tinggi tidak sepenuhnya menjamin bebas dari bakteri patogen, sehingga faktor kebersihan lingkungan, perilaku pengunjung, dan manajemen sanitasi sangat memengaruhi kualitas mikrobiologis air.

B. Keterbatasan

Dalam pelaksanaan penelitian ini, terdapat beberapa keterbatasan yang berpotensi memengaruhi kualitas dan keluasan hasil, yaitu:

1. Belum dilakukannya uji biokimia dan analisis genomik mengakibatkan terbatasnya validasi spesifik terhadap identifikasi *Salmonella typhi*, sehingga berpotensi memengaruhi akurasi penentuan spesies.

2. Ruang lingkup penelitian masih terbatas pada aspek identifikasi bakteri, tanpa mengeksplorasi hubungan antara kondisi lingkungan dengan keberadaan *Salmonella typhi* di kawasan pemandian air panas Bora, Sigi.
3. Keterbatasan waktu, tenaga, dan kapasitas peneliti menjadi salah satu hambatan dalam pelaksanaan penelitian secara lebih mendalam dan optimal.

C. Saran

1. Bagi pengelola pemandian

- a. Melakukan pengelolaan dan pengawasan kualitas air secara rutin, termasuk pemeriksaan mikrobiologi berkala untuk mendeteksi keberadaan bakteri patogen.
- b. Memperbaiki dan memfungsikan kembali fasilitas sanitasi yang rusak, seperti toilet umum, untuk mencegah buang air sembarangan di area kolam.
- c. Membatasi akses hewan ternak maupun hewan liar ke area sekitar kolam untuk mengurangi potensi kontaminasi fekal.

2. Bagi pemerintah daerah/Dinas Pariwisata

- a. Memberikan dukungan anggaran dan fasilitas untuk perbaikan infrastruktur sanitasi serta pelatihan bagi pengelola wisata tentang pengelolaan air yang aman.
- b. Menyusun regulasi dan SOP pengelolaan pemandian air panas yang memperhatikan aspek kesehatan lingkungan.

3. Bagi masyarakat dan pengunjung

- a. Menjaga kebersihan diri sebelum memasuki kolam, seperti mandi terlebih dahulu, dan tidak membuang sampah atau melakukan aktivitas yang dapat mencemari air.
- b. Menghindari konsumsi air langsung dari kolam pemandian.

4. Bagi peneliti selanjutnya

- a. Melakukan uji lanjutan seperti uji biokimia, PCR, atau *Whole Genome Sequencing* untuk konfirmasi identifikasi *Salmonella typhi* secara molekuler.

- b. Meneliti keberadaan bakteri patogen lainnya, termasuk resistensi antibiotik dan kemampuan pembentukan biofilm, untuk mendapatkan gambaran risiko kesehatan yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Afshari, A. *et al.* (2018) 'Salmonella Enteritidis and Salmonella Typhimorium identification in poultry carcasses.', *Iranian journal of microbiology*, 10(1), pp. 45–50. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6004630/> (Accessed: 15 August 2025).
- Ajmera, A. and Shabbir, N. (2023) 'Salmonella', in. TreasureIsland: StatPearls Publishing. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555892/#_NBK555892_dtls (Accessed: 3 August 2025).
- Apriani *et al.* (2023) *Bakteriologi Untuk Mahasiswa Kesehatan*. Edited by S.Si., M.Si. Apriani. Gowa - Makassar: PT. MASAGENA MANDIRI MEDICA. Available at: <https://doi.org/DOI10.17605/OSF.IO/9J4MH>.
- Atmanto, Y.K.A.A., Asri, L.A. and Kadir, N.A. (2022) 'Media Pertumbuhan Kuman', *Jurnal Medika Hutama*, 4(1). Available at: <http://jurnalmedikahutama.com>.
- Aufani, D., Fatayati, I. and Muhammad Ihsan, B. (2023) 'Identifikasi Bakteri Gram Negatif pada Air Tebu di Wilayah Kota Pontianak', *Journal Of Social Science Research*, 3(5). Available at: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/6781/4786> (Accessed: 14 March 2025).
- Bahri, S. *et al.* (2021) 'Eksplorasi Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Aik Sebau Di Kawasan Taman Nasional Gunung Rinjani Kabupaten Lombok Timur', *Jurnal Pijar Mipa*, 16(2), pp. 235–241. Available at: <https://doi.org/10.29303/jpm.v16i2.2470>.
- Basuki and Warsiyah (2023) 'Pengaruh Sanitasi Lingkungan Terhadap Kualitas Coli Tinja Air Sumur Gali Di Dusun Gondang Lutung Donoharjo Ngaglik Sleman', *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 23(2), pp. 44–51. Available at: <https://doi.org/10.37412/jrl.v23i2.201>.
- Bekal, S. *et al.* (2016) 'Usefulness of High-Quality Core Genome Single-Nucleotide Variant Analysis for Subtyping the Highly Clonal and the Most Prevalent Salmonella enterica Serovar Heidelberg Clone in the Context of Outbreak Investigations', *Journal of Clinical Microbiology*, 54(2), pp. 289–295. Available at: <https://doi.org/10.1128/JCM.02200-15>.
- Bhandari, J. *et al.* (2024) 'Typhoid Fever', in. Treasure Island: StatPearls Publishing. Available at:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557513/> (Accessed: 6 August 2025).

Brands, D.A. *et al.* (2005) 'Prevalence of *Salmonella* spp. in Oysters in the United States', *Applied and Environmental Microbiology*, 71(2), pp. 893–897. Available at: <https://doi.org/10.1128/AEM.71.2.893-897.2005>.

Centers for Disease Control and Prevention (2025) *Data Summary: Persistent Strain of Salmonella Newport (REPJJP01)*. Available at: <https://www.cdc.gov/salmonella/php/data-research/repjip01.html#:~:text=,how%20to%20prevent%20future%20illnesses> (Accessed: 21 August 2025).

Corneles, C.A.N., Mantiri, F. and Singkoh, M. (2023) 'Isolation and Identification of Thermophilic Bacteria from Lahendong Hot Spring, North Sulawesi', *Jurnal Bios Logos*, 13(2), pp. 29–38. Available at: <https://doi.org/10.35799/jbl.v13i2.50184>.

Darniati, D. *et al.* (2024) 'Deteksi Transmisi Vertikal *Salmonella* Sp. Pada Ayam Petelur Di Kabupaten Aceh Besar Detection of *Salmonella* Sp. Vertical Transmission on Laying Chickens at Aceh Besar Regency', *JIMVET Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala*, 8. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.21157/jimvet.v8i2.30928>.

Destiawan, R.A. *et al.* (2024) 'Promosi Kesehatan Pencegahan Infeksi *Salmonella* Typhi untuk Mendukung Program Kesehatan Masyarakat', *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), pp. 56–61. Available at: <https://doi.org/10.31949/jb.v5i1.6989>.

Devi, D.A.S. *et al.* (2025) 'Kasus *Salmonellosis* pada Ayam Broiler di Peternakan Closed House Desa Darmasaba', *Buletin Veteriner Udayana*, 17(3). Available at: <https://doi.org/10.24843/bulvet.2025.v17.i03.p36>.

Elisa Rinihapsari, Benaya Yamin Onesiforus and Samuel Marchel Nugroho (2023) 'Pengaruh Pemanasan Berulang Media Nutrient Agar Terhadap Hasil Uji Sensitivitas', *Antigen : Jurnal Kesehatan Masyarakat dan Ilmu Gizi*, 1(3), pp. 18–26. Available at: <https://doi.org/10.57213/antigen.v1i3.191>.

Erina, E. *et al.* (2024) 'Pengisolasian dan Pengidentifikasian *Salmonella enteritidis* dan *S. typhimurium* pada Landak Mini Afrika Peliharaan di Banda Aceh dan Aceh Besar', *Jurnal Veteriner*, 25(2), pp. 214–224. Available at: <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2024.25.2.214>.

Escuder-Rodríguez, J.-J. *et al.* (2022) 'Insights on Microbial Communities Inhabiting Non-Volcanic Hot Springs', *International Journal of Molecular Sciences*, 23(20), p. 12241. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms232012241>.

- Febyayuningrum, I.C. *et al.* (2021) 'Kontaminasi Bakteri Alat Stetoskop dengan Media BAP dan MCA di Ruang Penyadapan Darah UUD PMI Kabupaten Sleman DIY', *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*, 1(3), p. 106. Available at: <https://journal.amikveteran.ac.id/index.php/>.
- Goay, Y.X. *et al.* (2016) 'Identification of Five Novel *Salmonella* Typhi-Specific Genes as Markers for Diagnosis of Typhoid Fever Using Single-Gene Target PCR Assays', *BioMed Research International*, 2016, pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.1155/2016/8905675>.
- Grimont, P.A.D. and Weill, F.-X. (2007) *WHO Collaborating Centre for Reference and Research on Salmonella*. 9th edn. Institut Pasteur. Available at: https://www.pasteur.fr/sites/default/files/veng_0.pdf (Accessed: 22 August 2025).
- Hasanuddin, A.R.P., Dea Ayu Andini, A. and Muryanti (2025) 'Penggunaan Tepung Ampas Tahu Sebagai Media Pertumbuhan *Salmonella* Sp', *BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR*, 10(1). Available at: <https://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma>.
- Hasmia, N., Wardi, R.Y. and Alam, M.N. (2022) 'Identifikasi Bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* sp pada Air Sumur Gali di Tepi Sungai Desa Tiromanda Kecamatan Bua Kabupaten Luwu', *Cokroaminoto Journal of Biological Science*, 4(2), pp. 29–35. Available at: <https://www.science-e-journal.my.id/cjbs/article/view/131/120> (Accessed: 14 March 2025).
- Hassanein, F. *et al.* (2023) 'Environmental health aspects and microbial infections of the recreational water', *BMC Public Health*, 23(1), p. 302. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15183-z>.
- Hayati, S.J. and Ikhssani, A. (2021) 'Terhadap Bakteri *Salmonella typhi*', *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 2(3). Available at: <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jkt/article/view/2376/pdf> (Accessed: 13 March 2025).
- Hyeon, J.-Y. *et al.* (2021) 'Genomic Features of *Salmonella enterica* Subspecies *houteanae* Serotype 45:g,z51:- Isolated from Multiple Abdominal Abscesses of an African Fat-Tailed Gecko, United States, 2020', *Antibiotics*, 10(11), p. 1322. Available at: <https://doi.org/10.3390/antibiotics10111322>.
- Ibrahim, G.M. and Morin, P.M. (2018) 'Salmonella Serotyping Using Whole Genome Sequencing', *Frontiers in Microbiology*, 9. Available at: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02993>.
- Istighfari, Febrian Tegar Sholeh (2024) 'Identifikasi dan Morfologi Berbagai Kelompok Bakteri Eksplorasi Tanah Lahan Tebu dalam Cairan

- Terfermentasi', *Jagad Tani: Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(2), pp. 89–97. Available at: <https://doi.org/10.71333/cjxgdv13>.
- Istiqomah, N., Agustina, N. and Bellamilenia Putri, S. (2023) 'Deteksi Bakteri Salmonella sp. dengan Kultur Darah Pada Pasien Widal Positif di Laboratorium Klinik X', *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 5(2). Available at: <https://doi.org/10.37311/jsscr.v5i2.21497>.
- Jahan, F. *et al.* (2022) 'The Complex Mechanism of the Salmonella typhi Biofilm Formation That Facilitates Pathogenicity: A Review', *International Journal of Molecular Sciences*, 23(12), p. 6462. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms23126462>.
- Kasim, V.N.A. (2020) 'Peran Imunitas pada Infeksi Salmonella typhi', in. Gorontalo: C.V Athra Samudra. Available at: <https://repository.ung.ac.id/get/kms/21817/peran-imunitas-pada-infeksi-salmonella-typhi.pdf>
- Kumar, M. and Sunder, A. (2022) 'Salmonella Paratyphi and multiorgan dysfunction: A rare case report', *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 11(10), pp. 6545–6548. Available at: <https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe 335 22>.
- Lee, Y.J. *et al.* (2022) 'Isolation and Characterization of Thermophilic Bacteria from Hot Springs in Republic of Korea', *Microorganisms*, 10(12). Available at: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122375>.
- Lingga, R. *et al.* (2021) 'Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asal Sumber Air Panas Non-Vulkanik', *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 4(2), pp. 175–184. Available at: <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v4i2.2423>.
- Maestri, L. *et al.* (2021) 'Isolasi dan Penapisan Bakteri Termofilik Pemecah Amilum dan Protein dari Sumber Air Panas Way Panas Kalianda Lampung Selatan', *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 26(3), pp. 161–168. Available at: www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/.
- Massora, M. *et al.* (2022) 'Bakteri Termofilik dari Air dan Sedimen Kolam Air Panas War Aremi di Kampung Matatun Distrik Kebar Kabupaten Tambrau Papua Barat', *Jurnal Natural*, 18, pp. 1412–1328. Available at: <https://jurnalnatural.unipa.ac.id/index.php/jn/article/view/202/140> (Accessed: 8 March 2025).
- Miktiningsih, Kurniadewi, F. and Orchidea, I.R. (2016) 'Isolasi, Amplifikasi Dan Sekuensing Fragmen 1,9 Kilobasa Gen Heat Shock Protein 70 Salmonella Enterica Serovar Typhi', *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia (JKPK)*, 1(1). Available at: <http://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/jkpk>.

- Mukherjee, N. *et al.* (2019) 'Sources of human infection by *Salmonella enterica* serotype Javiana: A systematic review', *PLOS ONE*, 14(9), p. e0222108. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222108>.
- Muturi, P. *et al.* (2024) 'Salmonella Typhi Haplotype 58 biofilm formation and genetic variation in isolates from typhoid fever patients with gallstones in an endemic setting in Kenya', *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 14. Available at: <https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1468866>.
- Nabila Nur, N. *et al.* (2022) 'Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Salmonella* sp pada Daging Ikan Kuniran (*Upeneus sulphureus*) di Pasar Lampulo Banda Aceh', *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner (JIMVET) Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala*, 6(4), p. 217. Available at: <https://jim.usk.ac.id/FKH/article/view/21510> (Accessed: 15 April 2025).
- Najmah *et al.* (2024) *Pengantar Mikrobiologi*. 1st edn. Edited by R.U. Nurlila and N. Malik. Gorontalo: CV. Eureka Media Aksara. Available at: <https://reposister.almaata.ac.id/id/eprint/836/1/24-01-39-EBOOK%20Pengantar%20Mikrobiologi.pdf> (Accessed: 15 April 2025).
- Narsing Rao, M.P. *et al.* (2021) 'Physicochemical and Microbial Diversity Analyses of Indian Hot Springs', *Frontiers in Microbiology*, 12. Available at: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.627200>.
- Nasution, S.W. (2022) 'Buku Monograf Uji Efektivitas Daya Hambat Ekstrak Cacing Tanah *Lumbricus rubellus* dan *Pheretima* sp Terhadap Bakteri *Salmonella typhi* dan *Staphylococcus aureus*', in A.N. Nasution and S.L.R. Nasution (eds). Medan: UNPRI PRESS. Available at: <https://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/ISBN/article/view/2897>
- Nawangsih, E.N., Baladika, D.T. and Dewi, A.K.P. (2021) 'Daya Hambat Ekstrak Buah Pala (*Myristica Fragrans* Houtt) Terhadap *Salmonella Typhisecara In Vivo*', *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 1(5). Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.53625/jirk.v1i5.478>.
- Nugroho, M.P.P. *et al.* (2025) 'ShareAlike 4.0 International License (CC-BY-SA) Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Salmonella* sp. pada Ayam Broiler (Isolation and Identification of *Salmonella* sp. in Broiler Chicken)', *Jurnal Veteriner dan Biomedis*, 3(1). Available at: <https://doi.org/10.29244/jvetbiomed.3.1.9-15>.
- Nurhayati, E. *et al.* (2022) *Contamination Of Low Temperatures In Household Fridge*. Available at: <http://ejournal.poltekkes-pontianak.ac.id/index.php/JVK>.

- Oludairo, O. *et al.* (2022) 'Review of Salmonella Characteristics, History, Taxonomy, Nomenclature, Non Typhoidal Salmonellosis (NTS) and Typhoidal Salmonellosis (TS)', *Zagazig Veterinary Journal*, 50(2), pp. 160–171. Available at: <https://doi.org/10.21608/zvz.2022.137946.1179>.
- Paufik, S. *et al.* (2022) 'Literature Review: Gambaran Pemeriksaan Tes Widal dengan Pemeriksaan Pertumbuhan Kultur Bakteri Salmonella typhi pada Pasien Demam Tifoid Anak', *Homeostasis*, 5(3), pp. 699–715. Available at: <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/hms/article/view/7744/4679> (Accessed: 14 March 2025).
- Pertiwi, M.K. *et al.* (2021) 'Teknik Diagnostik Konvensional dan Lanjutan untuk Infeksi Bakteri dan Resistensi Antibakteri di Indonesia', *Jurnal Widya Biologi*, 12(2). Available at: <https://ejournal.unhi.ac.id/index.php/widyabiologi/article/download/2143/1282/> (Accessed: 14 March 2025).
- Rahmatul Khair, F. and Daud, M.A. (2021) 'Isolasi dan Identifikasi Salmonella spp. pada Kloaka Kura-Kura Ambon (Cuora amboinensis) (Isolation and Identification of Salmonella spp. in Cloaca of Southeast Asian Box Turtle (Cuora amboinensis))', *ACTA VETERINARIA INDONESIA*, 9(3), pp. 163–172. Available at: <http://www.journal.ipb.ac.id/indeks.php/actavetindones>.
- Raza, A. *et al.* (2011) 'Effect of biofilm formation on the excretion of Salmonella enterica serovar Typhi in feces', *International Journal of Infectious Diseases*, 15(11), pp. e747–e752. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2011.06.003>.
- Rezkina, K. and Ance Roslina (2024) 'Perbandingan Pertumbuhan Escherichia Coli dan Salmonella Sp pada Hari Pertama dan Hari Kedua di Depot Air Minum Isi Ulang', *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan : Publikasi Ilmiah Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya*, 11(1), pp. 22–31. Available at: <https://doi.org/10.32539/jkk.v11i1.225>.
- Rifai, M.R., Widowati, H. and Sutanto, A. (2020) 'Uji Sinergis Konsorsia Bakteri Indigen Lcn Berkonsorsia Bakteri Tanah Di Kebun Percobaan Universitas Muhammadiyah Metro Untuk Penyusunan Panduan Praktikum Mikrobiologi', *Biolova*, 1(2). Available at: <http://scholar.ummetro.ac.id/index.php/biolova/>.
- Rizki, Z., Fitriana, F. and Jumadewi, A. (2022) 'Identifikasi Jumlah Angka Kuman pada Dispenser Metode TPC (Total Plate Count)', *Jurnal SAGO Gizi dan Kesehatan*, 4(1), p. 38. Available at: <https://doi.org/10.30867/gikes.v4i1.1052>.

- Selci, M. *et al.* (2024) 'Recreational hot springs as environmental reservoir of potential multidrug-resistant pathogens', *Environmental Research*, 262, p. 119841. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119841>.
- Shariat, N.W., Timme, R.E. and Walters, A.T. (2021) 'Phylogeny of *Salmonella enterica* subspecies *arizonae* by whole-genome sequencing reveals high incidence of polyphyly and low phase 1 H antigen variability', *Microbial Genomics*, 7(2). Available at: <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000522>.
- Shen, L. *et al.* (2024) 'Genomic basis of environmental adaptation in the widespread poly-extremophilic *Exiguobacterium* group', *The ISME Journal*, 18(1). Available at: <https://doi.org/10.1093/ismejo/wrad020>.
- Sianturi, N. and Ihsan, B.M. (2023) 'Profil Resistensi Bakteri Patogen Pada Minuman Air Tahu di Wilayah Kota Pontianak', *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3(6), pp. 4288–4298. Available at: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/6780/4758> (Accessed: 8 March 2025).
- Sutriswanto *et al.* (2022) 'Uji Daya Hambat Air Perasan Jeruk Lemon (Citrus Limon) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Salmonella typhi*', *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, 6(1), pp. 34–38. Available at: <https://ejournal.poltekkes-pontianak.ac.id/index.php/JLK/article/view/1126/pdf> (Accessed: 13 March 2025).
- Toruan, S.A.L. *et al.* (2023) 'Pemanfaatan Air Kelapa Muda Sebagai Media Alternatif MAC Concey Untuk Pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Salmonella typhi*', *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science*, 4(1), pp. 25–36. Available at: <https://jurnal.aiptlmi-iasmlt.id/index.php/joimedlabs/article/view/143/47> (Accessed: 14 March 2025).
- Ulya, N.N., Fitri, I. and Widyawati, D.I. (2020) 'Gambaran Makroskopis dan Mikroskopis Bakteri *Salmonella typhi* dan *Salmonella paratyphi* pada Penderita Demam Tifoid', *Jurnal Sintesis*, 2020(2), pp. 40–46. Available at: <https://jurnal.iik.ac.id/index.php/jurnalsintesis/article/download/8/9> (Accessed: 14 August 2025).
- Utami, A.P. and Hasibuan, A. (2023) 'Analisis Dampak Limbah/Sampah Rumah Tangga Terhadap Pencemaran Lingkungan Hidup', *Jurnal Alwatzikhoebillah*, 6(2), pp. 1107–1112. Available at: <https://journal.iaisambas.ac.id/index.php/Cross-Border/article/download/2138/1656> (Accessed: 9 August 2025).

- Vavitsas, K., Glekas, P.D. and Hatzinikolaou, D.G. (2022) 'Synthetic Biology of Thermophiles: Taking Bioengineering to the Extremes?', *Applied Microbiology*, 2(1), pp. 165–174. Available at: <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol2010011>.
- Verma, J., Sourirajan, A. and Dev, K. (2022) 'Bacterial diversity in 110 thermal hot springs of Indian Himalayan Region (IHR)', *3 Biotech*, 12(9), p. 238. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03270-8>.
- Wahyuni, S., Muin, H. and Zarkasyi, R. (2022) 'Identifikasi Protozoa pada Air Kolam Renang', *Jurnal Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 22(2), p. 2022. Available at: <https://journal.poltekkes-mks.ac.id/ojs2/index.php/Sulolipu/article/view/2935/1997> (Accessed: 8 March 2025).
- Weber, M. *et al.* (2022) 'Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella enterica* subsp. *diarizonae* serovar 61:k:1,5,(7) in Swiss sheep flocks', *Preventive Veterinary Medicine*, 206, p. 105697. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105697>.
- Wulandhani, S.A.B. and Mangol, V. (2024) 'Karakteristik Morfologi Koloni Bakteri Limbah Biomedis Cair Rs Unhas Dengan Metode Streak Plate', *Biogenerasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(10). Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v9i1.3402>.
- Xiang, Y. *et al.* (2024) 'Characterization of a *Salmonella enterica* serovar Typhimurium lineage with rough colony morphology and multidrug resistance', *Nature Communications*, 15(1), p. 6123. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-50331-y>.
- Yan, M. *et al.* (2022) '*Salmonella enterica* subsp. II serovar 4,5,12:a:- may cause gastroenteritis infections in humans', *Gut Microbes*, 14(1). Available at: <https://doi.org/10.1080/19490976.2022.2089007>.
- Zhang, F.-Q., Liu, J. and Chen, X.-J. (2023) 'Comparative analysis of bacterial diversity in two hot springs in Hefei, China', *Scientific Reports*, 13(1), p. 5832. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32853-5>.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Perbandingan *Salmonella typhi* dengan spesies *Salmonella* lainnya

Species	Subspecies	Serovar	Asal Penularan	Habitat	Patogen	Morfologi koloni Makroskopis dan Mikroskopis)	Uji Biokimia dan Uji Karbohidrat (Konfirmasi Bakteri)	Keterangan
<i>Salmonella enterica</i>	<i>Subspecies I (enterica)</i>	<i>Salmonella typhi</i>	makanan, minuman serta feses penderita karier yang terbawa aliran air (Hewan berdarah panas)	Usus halus manusia dan berkembangbiak pada sel epitel usus halus	Demam tifoid	1. Makroskopis • NA: Bulat, tepi rata, permukaan halus, berwarna putih, berukuran 2-3 mm • SSA: bentuk koloni bulat, berwarna hitam, permukaan cembung, tepi koloni rata, konsistensi mucoid serta terbentuk reduksi telurit 2. Mikroskopis - berbentuk batang, berwarna merah, susunan bakteri menyebar dan bersifat Gram negatif	1. Uji Biokimia media IMViC • Indol (–) • MR (+) • VP (–) • Citrat (–) media TSIA • bagian lereng (alkalis) • dasar (acid) • H₂S (+) • gas (–) Uji biokimia untuk <i>species enterica</i> • Dulcitol (+) • ONPG (2h) (–) • Malonate (–) • Gelatinase (–) • Sorbitol (+) • Culture sur KCN (–) • L(+)-tartrate(a) (+) • Galacturonate (–) • γ-glutamyltransferase (+) (pada <i>subsp. typhimurium</i> (d)) • β-glucuronidase (d) • Mucate (+)	- <i>Salmonella enterica</i> memiliki 2.557 macam total serovar dari 6 subspecies - <i>Salmonella enterica subsp. enterica</i> memiliki 1.531 macam serovar - Penyebaran demam tifoid tersebar di daerah tropis serta berkaitan erat dengan urbanisasi, kepadatan penduduk, kesehatan lingkungan, sumber air bersih, sanitasi yang buruk, serta standar higienitas industri pengolahan makanan - Penyakit demam tifoid ditandai dengan demam berkepanjangan, hepatomegali, splenomegali, muntah, kembung, serta konstipasi - Pemeriksaan untuk penderita demam tifoid dapat menggunakan pemeriksaan serologis widal, pemeriksaan darah tepi, pemeriksaan <i>Real-time</i> PCR (Polymerase Chain Reaction), dan pemeriksaan biakan darah. - Memiliki mekanisme pertahanan bakteri yang melibatkan sekelompok Heat Shock Protein (HSP) salah satunya adalah HSP70. HSP70 merupakan golongan protein stres yang menstabilkan dan melindungi polipeptida-polipeptida yang terlipat sebagian atau terdenaturasi dalam sel sebagai akibat dari stres yang

							• Salicine (-) • Lyse par le phage O1 (+)	disebabkan proses fagositosis oleh makrofag
							2. Uji Karbohidrat • Glukosa (+) • Sukrosa (-) • Laktosa (-) 3. Antigenic formula (Kaufman-White) = 9,12 (Vi) : d : -	
		<i>Salmonella paratyphi</i> A, B, C	makanan, minuman serta feses penderita karier yang terbawa aliran air (Hewan berdarah panas)	Usus halus manusia dan berkembangbiak pada sel epitel usus halus	Demam paratyphi, klinisnya bervariasi, terutama dengan demam, malaise, ketidaknyamanan perut	1. Makroskopis • NA: Bulat, tepi rata, permukaan halus, berwarna putih, berukuran 2-3 mm • SSA: bentuk koloni bulat, berwarna hitam, permukaan cembung, tepi koloni rata, konsistensi mucoid serta terbentuk reduksi telurit 2. Mikroskopis berbentuk batang, berwarna merah, susunan bakteri menyebar dan bersifat Gram negatif	<i>Salmonella paratyphi A</i> 1. Uji Biokimia media IMViC • Indol (-) • MR (+) • VP (-) • Citrat (+) media TSIA • bagian lereng (alkalis) • dasar (acid) • H₂S (-) • gas (+) 2. Antigenic formula (Kaufman-White) = • <i>Salmonella paratyphi A</i> 1,2,12 : a : - • <i>Salmonella paratyphi B</i> 1,4,[5],12 : b : 1,2 • <i>Salmonella paratyphi C</i> 6,7 : c : 1,5	- <i>Salmonella paratyphi A</i> yang sangat terbatas pertumbuhannya pada manusia, Status pembatasan inang dari <i>Salmonella paratyphi B</i> sejauh ini tidak jelas. - <i>Salmonella paratyphi C</i> yang mampu menimbulkan infeksi pada hewan percobaan dengan cukup mudah (pada dosis infeksi sedang) - rentan terhadap ampicilin, seftriakson, sefiksime, meropenem, kloramfenikol, dan trimetoprim-sulfametoksazol, tetapi resisten terhadap siprofloksasin

		<i>Salmonella enteritidis</i>	konsumsi makanan yang terkontaminasi seperti telur, susu dan daging unggas (Hewan berdarah panas)	Usus hewan		1. Makroskopis • SSA: berukuran ± 1-2 mikron, berbentuk bulat, permukaan halus, pinggiran koloni rata, elevasi cembung dan warna koloni hitam akibat produksi gas H₂S 2. Mikroskopis berbentuk batang, bewarna merah, susunan bakteri menyebar dan bersifat Gram negatif	1. Uji Biokimia media IMViC • Indol (–) • MR (+) • VP (–) • SCA (+) • SIM (+) media TSIA • bagian lereng (acid) • dasar (acid) • H₂S (+) • gas (+/-) 2. Uji Karbohidrat • Glukosa (+) • Laktosa (+/-) • Sukrosa (+) • Manitol (+) • Maltosa (+/-) 3. Antigenic formula (Kaufman-White) = 1,9,12 : g,m : - (klasik) 1,9,12 : - : - (non motile)	- Primer S139 dan S141 yang spesifik untuk gen <i>invA</i> digunakan untuk mendeteksi genus <i>Salmonella</i> dan primer <i>prot6e-6</i> dan <i>prot6e-5</i> yang spesifik untuk gen <i>prot6E</i> digunakan untuk mengidentifikasi <i>Salmonella enteritidis</i>
		<i>Salmonella typhimurium</i>	konsumsi pakan dan air yang terkontaminasi (Hewan berdarah panas)	bakteri terbawa menuju epitel usus kemudian akan memicu penyakit gastrointestinal	- Penurunan produksi telur - Gastroenteritis akut pada manusia dan hewan	1. Makroskopis • SSA: koloni berbentuk bulat, dengan permukaan yang cembung dan mengkilat, dan memiliki tekstur yang halus serta pinggiran yang rata, pigmentasi	1. Uji Biokimia media IMViC • Indol (–) • MR (+) • VP (–) • SCA (+) • SIM (+) media TSIA • bagian lereng (alkalis) • dasar (alkalis)	- Menyebabkan infeksi pada ayam dengan berbagai umur, namun pada ayam muda dan anak ayam infeksi lebih rentan terjadi - Gejala klinis yang tampak pada ayam yang terinfeksi adalah depresi, tidak nafsu makan, kurang aktif bergerak, mata tertutup, sayap jatuh, bulu acak-acakan, dan diare - Manusia dapat tertular melalui makanan yang dikonsumsi seperti telur dan daging yang terkontaminasi

						koloni dengan black center 2. Mikroskopis berbentuk batang, bewarna merah, susunan bakteri menyebar dan bersifat Gram negatif	• H₂S (+) • gas (+) 2. Uji Karbohidrat • Glukosa (+) • Laktosa (-) • Sukrosa (-) • Manitol (+) • Maltosa (+) 3. Antigenic formula (Kaufman-White) = 1,4,[5],12 : I : 1,2 (klasik) 1,4,[5],12 : I : - (monophasic variant)	- Gastroenteritis dapat terjadi pada 18 jam setelah bakteri ini masuk ke dalam tubuh inang, adapun gejalanya yaitu demam, diare, sakit kepala, muntah dan sakit pada abdomen. - Peningkatan kemampuan pembentukan biofilm dan resistensi multiobat (MDR) yang luas, yang didefinisikan sebagai resistensi terhadap setidaknya lima golongan agen antimikroba. - pembentukan biofilm <i>Salmonella</i> rdar dapat melindungi sel bakteri yang menempel dari pengeringan, disinfeksi, antimikroba, respons imun inang, dan tekanan lingkungan lainnya, serta memfasilitasi transmisi, kolonisasi, dan persistensinya pada berbagai permukaan biotik dan abiotik di lingkungan dan di dalam inang. - Temuan ini menunjukkan bahwa varian mrdar ini merupakan transisi evolusioner ke bentuk perilaku koloni yang berbeda oleh <i>Salmonella typhimurium</i>, yang tidak dipengaruhi oleh suhu dan mungkin memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap lingkungan. - Analisis evolusi seluruh genom telah menunjukkan bahwa varian ini berevolusi menjadi klon independen dan memperoleh genom baru SGI-4, yang memberikan resistensi terhadap banyak antibiotik dan logam berat tembaga - Mutasi titik pada daerah promotor gen virulensi <i>pgtE</i> telah ditemukan meningkatkan ekspresinya pada ST313, berkontribusi pada peningkatan virulensi dan dengan demikian membedakannya
--	--	--	--	--	--	---	---	--

								dari ST19 dalam fenotipe 18.
		<i>Salmonella gallinarum</i>	Makanan yang terkontaminasi (Hewan berdarah panas)	Saat termakan, patogen akan terbawa ke sistem alimentaris dan hidup dalam lumen gastrointestinal termasuk kolon, usus kecil dan sekum ayam	- fowl typhoid merupakan penyakit menular terutama pada ayam dan kalkun - menurun produksi telur, pertumbuhan terhambat, dan kematian pada anak ayam	1. Makroskopis SSA: koloni berbentuk bulat, dengan permukaan yang cembung dan mengkilat, dan memiliki tekstur yang halus serta pinggiran yang rata, pigmentasi koloni berwarna merah 2. Mikroskopis berbentuk batang, berwarna merah, susunan bakteri menyebar dan bersifat Gram negatif	1. Uji Biokimia media IMViC - Indol (-) - MR (+) - VP (-) - SCA (-) - SIM (-) media TSIA - bagian lereng (acid) - dasar (acid) - H₂S (-) - gas (+) 2. Uji Karbohidrat - Glukosa (+) - Laktosa (+) - Sukrosa (+) - Manitol (+) - Maltosa (+) 3. Antigenic formula (Kaufman-White) = 1,9,12 : - : -	- Penularan <i>Salmonella gallinarum</i> dapat terjadi secara vertikal dan horizontal. Secara vertikal dapat terjadi melalui transovarial, sedangkan secara horizontal terjadi melalui per oral, per inhalasi, dan melalui luka yang terkontaminasi. - Ayam yang terinfeksi oleh <i>Salmonella gallinarum</i> akan menunjukkan gejala lesu, sesak napas, penurunan konsumsi pakan, sayap terkulai, diare hijau atau kuning yang menempel pada bulu disekitar kloaka - tidak begitu pathogen pada manusia - Infeksi <i>Salmonella gallinarum</i> pernah dilaporkan seorang peternak yang diduga akibat mengkonsumsi makanan yang tidak dimasak dengan benar
		<i>Salmonella newport</i>	Kontaminasi produk daging sapi dan keju, raw oyster	Usus manusia dan hewan	Gastroenteritis		1. PCR identifikasi secara definitive sebagai <i>Salmonella</i> spp. melalui PCR dengan primer SHIMA-L (5'-CGTGCTCTGGAAACGGTG AG-3') dan SHIMA-R (5'-CGTGCTGTAATAGGAATA TCTTCA-3')	- REPJJP01 adalah jenis bakteri <i>Salmonella Newport</i> yang resistan terhadap banyak obat dan telah menyebabkan penyakit dan wabah di Amerika Serikat - Infeksi REPJJP01 mungkin tidak dapat diobati dengan beberapa antibiotik yang biasanya digunakan untuk mengobati <i>Salmonella</i> serius karena infeksi tersebut resistan terhadap antibiotik ini
							2. Uji Aglutinasi (Serologi) Aglutinasi polyvalent O	Resistensi antibiotik pengobatan lini

							(<i>Salmonella</i> O grup) = (+) - Aglutinasi dengan antisera monovalen O (Penentuan O grup) = Kelompok O 6, 8, 20 - Aglutinasi H (Flagellar, fase 1 dan 2) = menunjukkan pola H Fase 1 (e,h) dan fase 2 (1,2) 3. Antigenic formula (Kaufman-White) = 6,8,20 : e,h : 1,2 (klasik) 6,8,20 : e,h : - (monophasic, jarang)	pertama atau alternatif (ampisilin, azitromisin, siprofloksasin, dan trimetoprim-sulfametoksazol), dapat diberikan antibiotik lainnya seperti gentamicin, ceftriaxone, ceftiofur, fosfomycin - inang lainnya seperti sapi, babi, unggas air, dan unggas, serta kehidupan laut
		<i>Salmonella heidelberg</i>	Terdeteksi pada daging eceran dan hewan pangan (Hewan berdarah panas)	Usus manusia dan hewan	Gastroenteritis (ringan). Selain itu, dapat menyebabkan penyakit yang lebih parah, termasuk septikemia, miokarditis, infeksi ekstraintestinal, dan kematian		1. Uji Aglutinasi (Serologi) - Aglutinasi polyvalent O (<i>Salmonella</i> O grup) = (+) - Aglutinasi dengan antisera monovalen O (Penentuan O grup) = Kelompok O 1, 4, [5], 12 - Aglutinasi H (Flagellar, fase 1 dan 2) = menunjukkan pola H Fase 1 (R) dan fase 2 (1,2) 2. Antigenic formula (Kaufman-White) = 1,4,[5],12 : R : 1,2 (klasik) 1,4,[5],12 : R : - (monophasic)	- <i>Salmonella heidelberg</i> menempati peringkat ketiga dan keempat di antara serovar yang menyebabkan penyakit manusia di Kanada
		<i>Salmonella javiana</i>	Amfibi (katak dan kodok) dan reptil	Usus manusia	Gastroenteritis. Gejala infeksi meliputi diare, demam, dan kram perut		1. Uji Aglutinasi (Serologi) - Aglutinasi polyvalent O (<i>Salmonella</i> O grup) = (+) - Aglutinasi dengan antisera monovalen O (Penentuan O grup) = Kelompok O 1, 9, 12 - Aglutinasi H (Flagellar, fase 1 dan 2) = menunjukkan pola H Fase 1 (1, z28) dan fase 2 (1, 5)	- <i>Salmonella javiana</i> membawa perakitan genetik termasuk <i>cdtB</i> , <i>pltA</i> , dan <i>plxB</i> yang mengkode CDT dan toksin ini memainkan peran penting dalam kerusakan DNA dan kolonisasi inang sistemik oleh serotipe ini - Biasanya, penyakit yang disebabkan oleh <i>Salmonella javiana</i> dapat sembuh dengan sendirinya. Namun, pada beberapa kasus, kondisi kesehatan yang

							2. Antigenic formula (Kaufman-White) = 1,9,12 : z₄,z₂ : e,n,z₁₅ (klasik) 1,9,12 : z₄,z₂ : - (monophasic)	parah, termasuk abses hati, meningitis, dan kolesistitis dengan perforasi kandung empedu. Meskipun jarang, penyakit ini dapat menyebabkan infeksi aliran darah pada individu dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah - sumber infeksi yang serupa, seperti makanan lokal, distribusi produk makanan lokal, dan/atau reservoir alami - Makanan yang terkontaminasi seperti keju, semangka, keripik kentang, tomat roma, makanan salad bar rumah sakit, minum air sumur, kontak dengan reptil atau amfibi, - Kelimpahan hewan amfibi dan reptil di lingkungan dapat memfasilitasi penyebaran <i>Salmonella javiana</i>.
	<i>Subspecies II (salamae)</i>		Hewan berdarah dingin dan lingkungan	Usus	Gastroenteritis		1. Uji biokimia • Indol (+) • Dulcitol (+) • ONPG (2h) (-) • Malonate (+) • Gelatinase (+) • Sorbitol (+) • Culture sur KCN (-) • L(+)-tartrate(a) (-) • Galacturonate (+) • γ-glutamyltransférase (+) • β-glucuronidase (d) • Mucate (+) • Salicine (-) • Lyse par le phage O1 (+) 2. Uji karbohidrat • Laktosa (-)	- <i>Salmonella enterica subsp. salamae</i> memiliki 505 macam serovar - Uji biokimia menunjukkan bahwa galur <i>S. 4,5,12:a:-</i> memiliki profil yang serupa dengan subspecies <i>enterica</i> - Metabolisme malonat merupakan uji biokimia penting yang digunakan untuk membedakan subspecies <i>salamae</i> dan <i>enterica</i> - gen <i>mdcCDE</i> memainkan peran kunci dalam metabolisme malonat dan mutasinya menyebabkan perubahan struktur atau aktivitas protein

							3. Antigenic formula (Kaufman-White) = 4,5,12 : a : -	
	<i>Subspecies IIIa (arizonae)</i>		Reptil dan burung (daging kalkun, giling, ayam, manusia, lingkungan, sayur segar, reptil) (habitat biasa ditemukan di hewan berdarah dingin dan lingkungan)	Usus terutama pada ileum	septikemia dan kematian pada inang reptile. jarang dikaitkan dengan penyakit manusia, tetapi ketika dikaitkan dengan penyakit, kemungkinan besar menyebabkan penyakit ekstraintestinal invasif		1. Uji biokimia • Motil (+) • Indol (-) • MR (+) • Citrate (+) • H₂S (+) • Dulcitol (-) • ONPG (2h) (+) • Malonate (+) • Gelatinase (+) • Sorbitol (+) • Culture sur KCN (-) • L(+)-tartrate(a) (-) • Galacturonate (-) • γ-glutamyltransferase (-) • β-glucuronidase (-) • Mucate (+) • Salicine (-) • Lyse par le phage O1 (-) 2. Uji karbohidrat • Glukosa (+) • Manitol (+) • Laktosa (- (75%)) • Arabinosa (+) • Sukrosa (-) 3. Antigenic formula (Kaufman-White) = 18:z4,z23:- 41:z4,z23:-	- <i>Salmonella enterica subsp. arizonae</i> memiliki 99 macam serovar - Subspesies <i>arizonae</i> paling sering dikaitkan dengan reptil, di mana ia bertahan hidup sebagai organisme komensal, atau kadang-kadang sebagai patogen yang menyebabkan sepsitemia dan kematian pada inang reptil - Infeksi manusia yang disebabkan oleh subsp. <i>arizonae</i> biasanya terjadi pada individu dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah atau mereka yang memiliki kondisi medis yang mendasarinya dan sering kali bersifat invasif - Serovar IIIa 18:z4,z23:- dan IIIa 41:z4,z23:- paling sering ditemukan menyebabkan penyakit pada manusia dan masing-masing bertanggung jawab atas 10–20 kasus per tahun - Serovar IIIa 18:z4,z23:- juga paling sering dikaitkan dengan arizonosis pada anak ayam kalkun - Sebanyak 35% diisolasi dari manusia, 15% dari tanaman atau produk, 15% dari sumber unggas dan hanya 3,6% dari reptile - Infeksi <i>Salmonella arizonae</i> dapat terjadi pada host immunocompromised dan akibat kontak dengan reptil, seperti iguana, kurakura, dan ular. - biasanya berpredileksi di usus reptil
	<i>Subspecies IIIb</i>		Domba	usus, tonsil, dan hidung domba	Secara khusus, <i>S. IIIb</i>		1. Uji biokimia • Motil (+)	- <i>Salmonella enterica subsp. diarizonae</i> memiliki 336 macam serovar

	(diarizonae)		(habitat biasa ditemukan di hewan berdarah dingin dan lingkungan)	yang sehat secara klinis , tetapi juga telah dijelaskan dalam gangguan klinis terpisah pada domba	61:k:1,5,(7) dijelaskan sebagai agen penyebab <u>rinitis</u> proliferasif kronis (CPR) pada domba. Selain itu, dapat terjadi juga kelainan klinis seperti aborsi, enteritis a tau epididimo-orkitis pada domba		• Indol (-) • MR (+) • Citrate (+) • H₂S (+) • Dulcitol (-) • ONPG (2h) (+) • Malonate (+) • Gelatinase (+) • Sorbitol (+) • Culture sur KCN (-) • L(+)-tartrate(a) (-) • Galacturonate (+) • γ-glutamyltransfêrase (+) • β-glucuronidase (+) • Mucate (- (70%)) • Salicine (-) • Lyse par le phage O1 (+) 2. Uji karbohidrat • Glukosa (+) • Manitol (+) • Laktosa (+ (75%)) • Arabinosa (+) • Sukrosa (-) 3. Antigenic formula (Kaufman-White = 61:k:1,5,(7)	- <i>Salmonella enterica</i> subspecies <i>diarizonae</i> (IIIb) serovar 61:k:1,5,(7), dianggap terkait dengan domba - prevalensi tinggi <i>S. IIIb</i> 61:k:1,5,(7) terdeteksi baik pada sekresi hidung maupun feses kawanan domba - proporsi isolasi pada usapan hidung (38,5%) lebih tinggi daripada proporsi isolasi pada sampel feses (22,5%) - <i>Salmonella diarizonae</i> dapat diisolasi reptil terutama ular - <i>Salmonella</i> ini dapat menimbulkan rasa sakit pada sinus frontalis, menginfeksi testis dan epididimis pada kambing dan berkolonisasi pada mukosa hidung domba
	<i>Subspecies IV (houtenae)</i>		Reptil (Hewan berdarah dingin dan lingkungan)	Abses abdomen tokek	sepsis, meningitis, abses otak, endokarditis, dan infeksi saluran kemih		1. Uji biokimia • Dulcitol (-) • ONPG (2h) (-) • Malonate (-) • Gelatinase (+) • Sorbitol (+) • Culture sur KCN (+)	- <i>Salmonella enterica subsp. houtenae</i> memiliki 73 macam serovar - Serovar 50:z4,z23:-, 50:g,z51:-, 48:g,z51:-, 44:z4,z23:-, dan 45:g,z51:- adalah yang paling prevalent dalam infeksi <i>S. houtenae</i> - <i>S. houtenae</i> str. 20-369 rentan terhadap semua antibiotik yang diuji kecuali

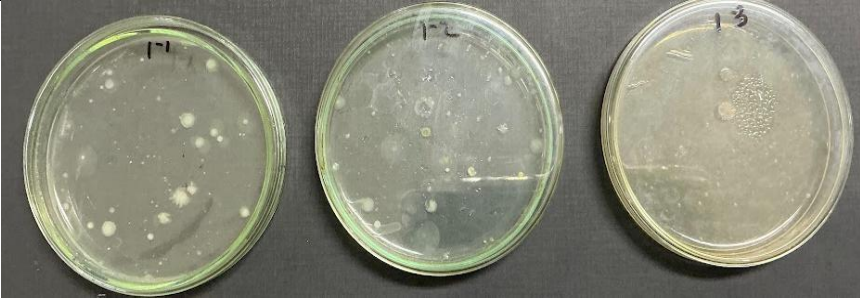
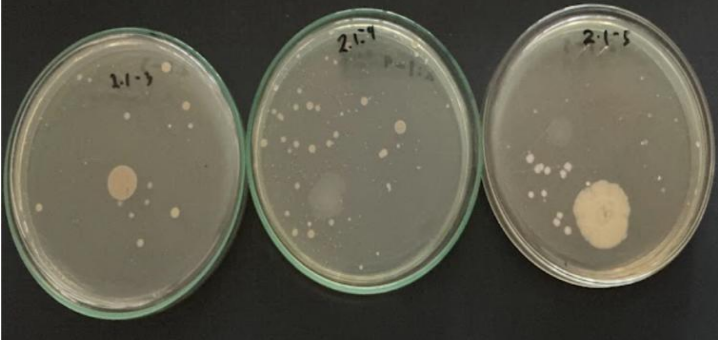
						• L(+)-tartrate(a) (-) • Galacturonate (+) • γ-glutamyltransférase (+) • β-glucuronidase (-) • Mucate (-) • Salicine (+) • Lyse par le phage O1 (-)	- streptomisin (aminoglikosida) - infeksi <i>S. houtenae</i> telah difokuskan pada otak, dan tampaknya subspecies ini memiliki afinitas terhadap otak, yang menyebabkan infeksi ekstra-intestinal - Galur <i>S. houtenae</i> membawa profil gen virulensi yang dilestarikan dalam determinan perlekatan fimbria (<i>csg</i>, <i>fim</i> , dan <i>sthA</i>), gen penyerapan magnesium (<i>mgtB</i> dan <i>mgtC</i>), regulasi (<i>phoP</i> dan <i>phoQ</i>), TTSS (kode SPI-1 dan SPI-2), dan adaptasi stres (<i>sodCI</i>), tetapi menunjukkan berbagai profil dalam efektor TTSS yang ditranslokasi melalui kedua sistem (<i>slrp</i>), efektor yang ditranslokasi TTSS-1 (<i>sopA</i>), efektor yang ditranslokasi TTSS-2 (<i>sseF</i> , <i>sseI/ssaB</i> , <i>sseJ</i> , <i>sifA</i> , <i>sopD2</i> , <i>gog</i> , <i>B sseK1</i> , <i>spvC</i> , dan <i>spvD</i>) dan toksin (<i>spvB</i>). - Hanya <i>S. houtenae</i> 16:z4,z32:- str. CFSAN000552 membawa <i>spvB</i> , <i>spvC</i> , dan <i>spvD</i>
	<i>Subspecies VI (indica)</i>		Reptil (Hewan berdarah dingin dan lingkungan)		Gangguan gastrointestinal pada manusia	1. Uji Biokimia • Dulcitol (d) • ONPG (2h) (d) • Malonate (-) • Gelatinase (+) • Sorbitol (-) • Culture sur KCN (-) • L(+)-tartrate(a) (-) • Galacturonate (+) • γ-glutamyltransférase (+) • β-glucuronidase (d) • Mucate (+) • Salicine (-)	- <i>Salmonella enterica subsp. indica</i> memiliki 13 macam serovar - Salah satu contoh dari subspecies indica adalah <i>S. enterica subsp. indica ser. Srinagar</i> - Sampel yang mampu memfermentasi laktosa dan menghasilkan H₂S (KA1, KA2, KA6, KA8, KA12, KA13, KA14, dan KA15) yang mengarah kepada <i>Salmonella arizonae</i>, <i>Salmonella diarizonae</i>, dan <i>Salmonella indica</i>.

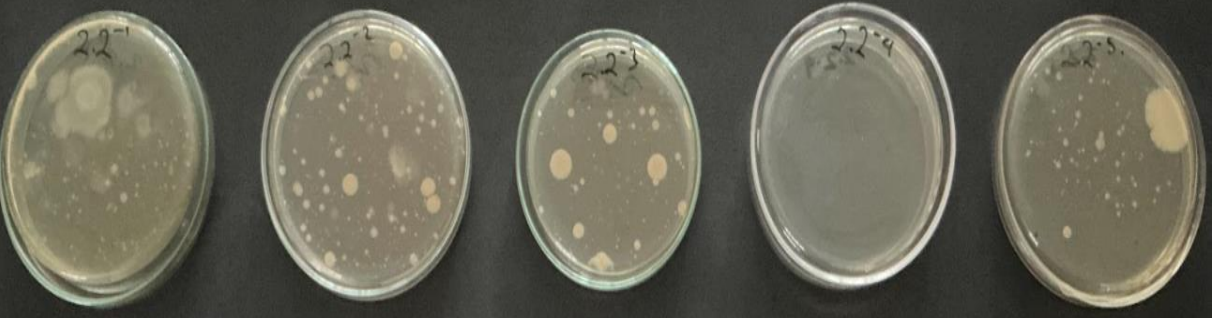
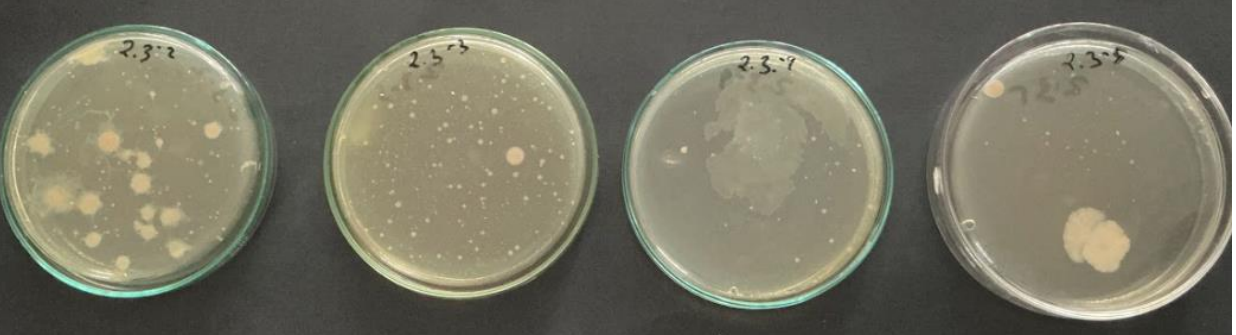
							• Lyse par le phage O1 (+) Media TSIA • H2S (+) 2. Uji karbohidrat • Laktosa (dubius)	
<i>Salmonella bongori</i>			Reptil (Hewan berdarah dingin dan lingkungan)		Penyakit sistemik dan enteritik akut pada anak		4. Uji biokimia • Dulcitol (+) • ONPG (2h) (+) • Malonate (-) • Gelatinase (-) • Sorbitol (+) • Culture sur KCN (+) • L(+)-tartrate(a) (-) • Galacturonate (+) • γ-glutamyltransférase (+) • β-glucuronidase (-) • Mucate (+) • Salicine (-) • Laktosa (-) • Lyse par le phage O1 (d)	- <i>Salmonella bongori</i> memiliki 22 macam serovar - Infeksi <i>Salmonella bongori</i> dapat menyebabkan penyakit sistemik pada manusia dan enteritis akut pada anak-anak tetapi kasus ini jarang ditemukan

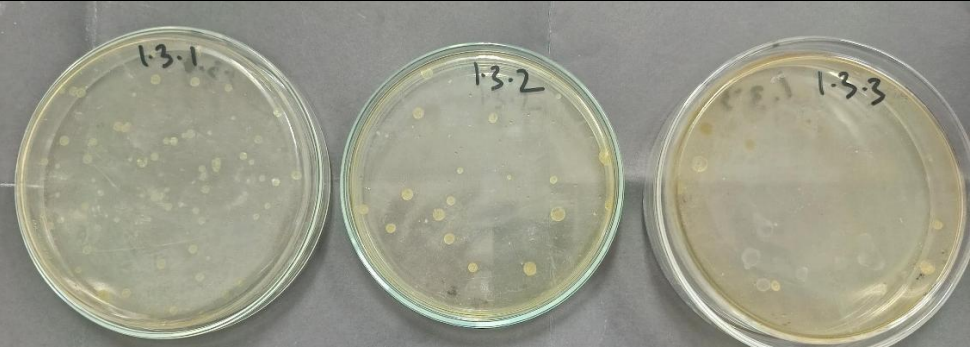
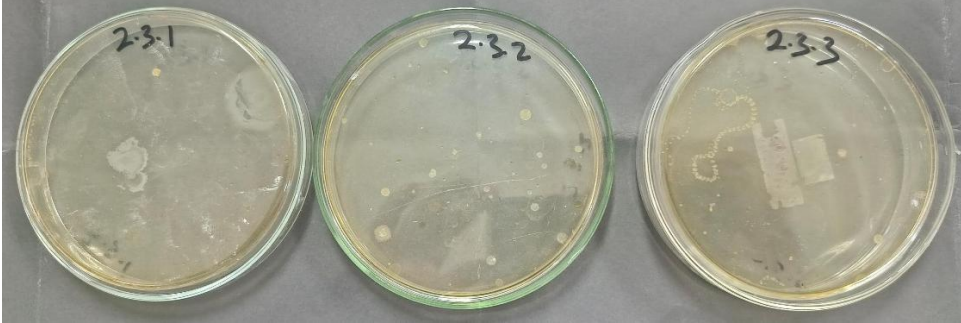
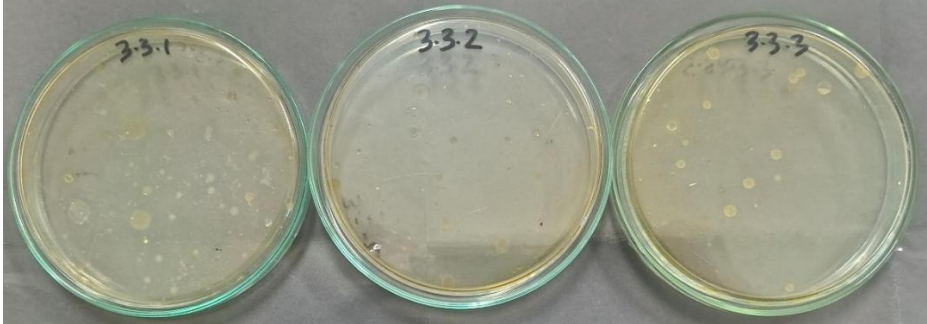
Sumber:

(Ajmera and Shabbir, 2023; Hyeon *et al.*, 2021; Xiang *et al.*, 2024; Kumar and Sunder, 2022; Miktiningsih *et al.*, 2016; Rahmatul *et al.*, 2021; Ulya *et al.*, 2020; Devi *et al.*, 2025; Nawangsih *et al.*, 2021; Darniati *et al.*, 2024; Afshari *et al.*, 2018; Erina *et al.*, 2024; Centers for Disease Control and Prevention, 2025; Brands *et al.*, 2005; Mukherjee *et al.*, 2019; Ibrahim and Morin, 2018; Bekal *et al.*, 2016; Yan *et al.*, 2022; Shariat *et al.*, 2021; Weber *et al.*, 2022; Oludairo *et al.*, 2022; Grimont and Weill, 2007)

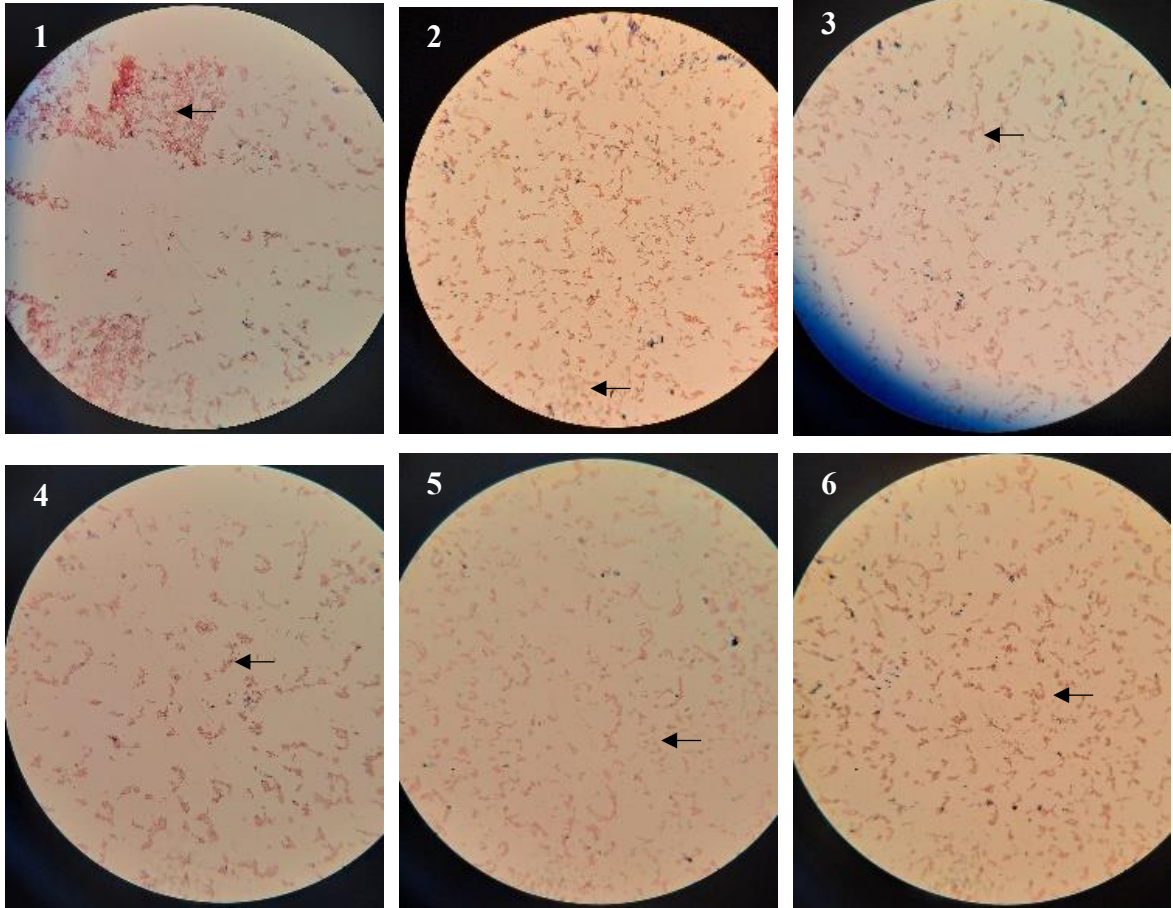
Lampiran 2: Hasil Kultur Bakteri

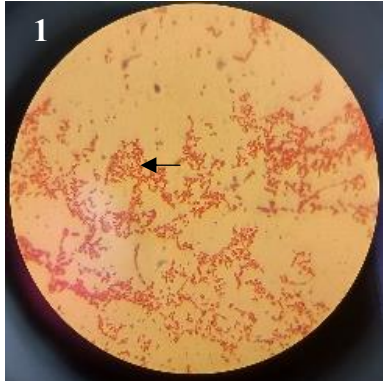
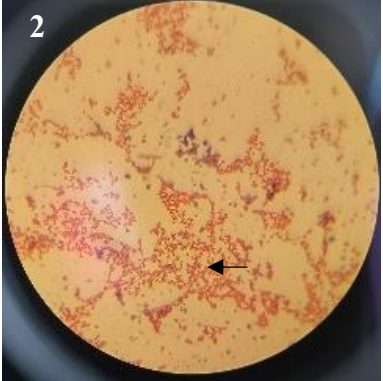
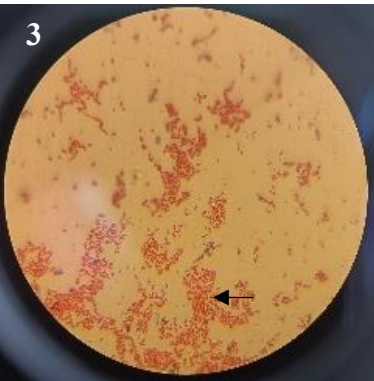
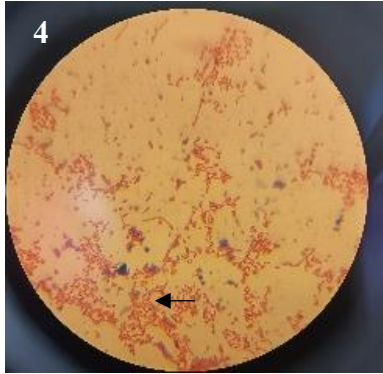
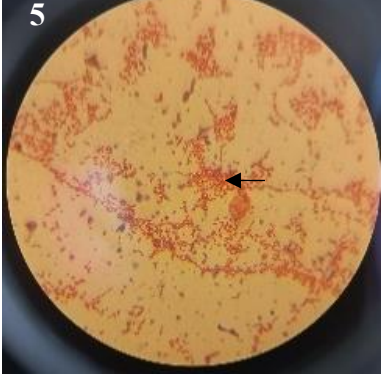
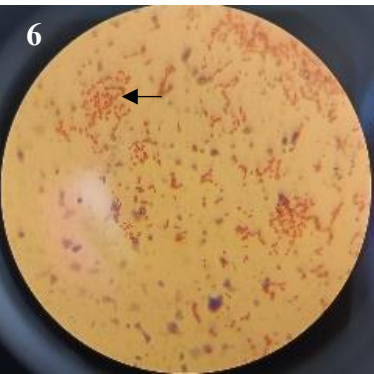
Hari	Sampel	Gambar	Catatan
1	1		Koloni muncul setelah 24 jam diinkubasi di suhu 37°C. Pengenceran yang diambil bervariasi bertujuan menumbuhkan variasi kepadatan dan jenis koloni. Koloni yang besar dan bergerigi diduga pertumbuhan jamur atau kontaminasi lingkungan.
	2		
	3		

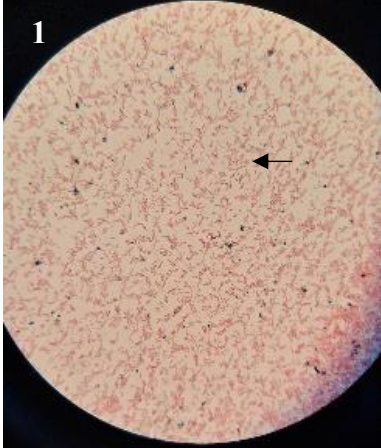
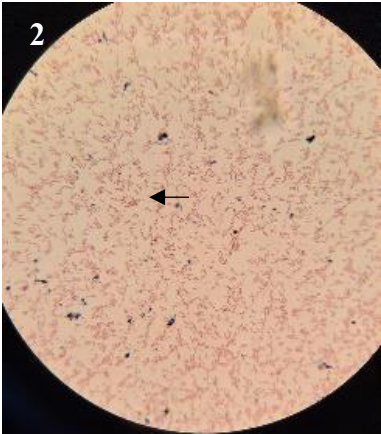
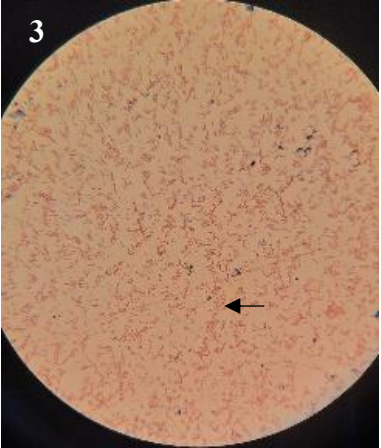
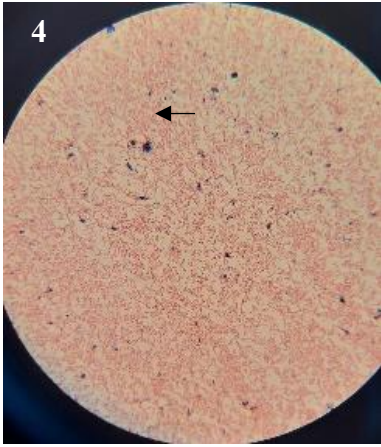
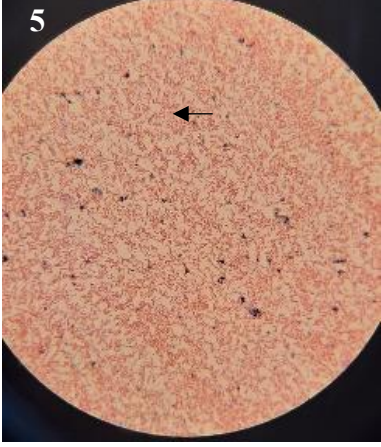
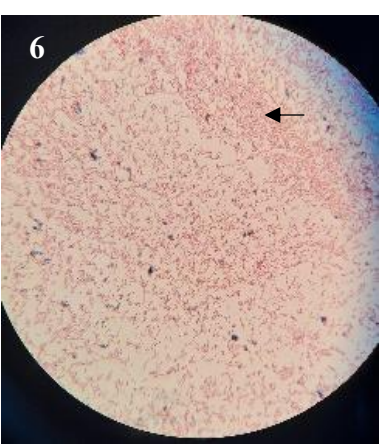
2	1		Koloni muncul setelah 24 jam diinkubasi di suhu 37°C. Pengenceran yang diambil bervariasi bertujuan menumbuhkan variasi kepadatan dan jenis koloni. Koloni yang tumbuh besar diduga pertumbuhan jamur ataupun kontaminasi.
	2		
	3		

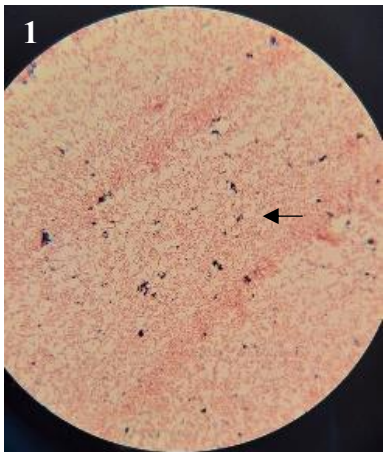
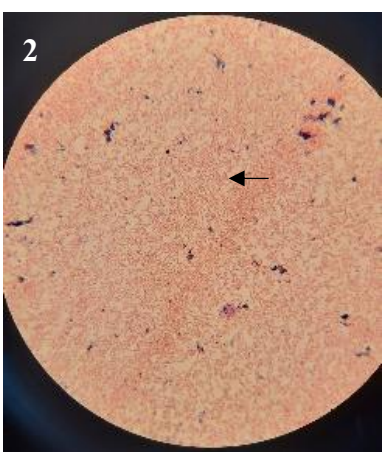
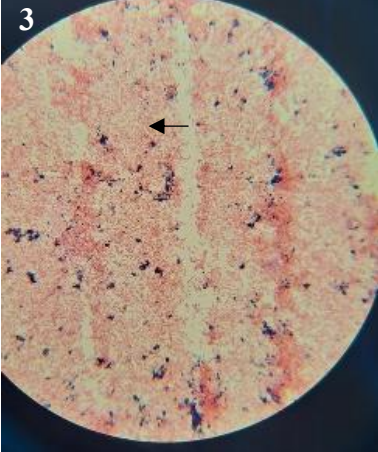
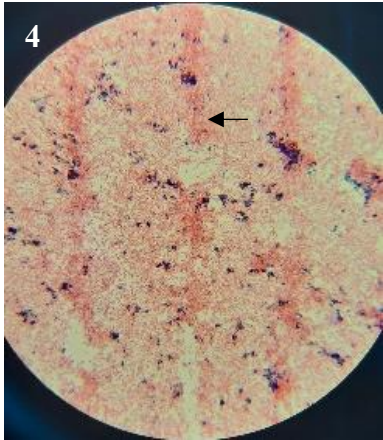
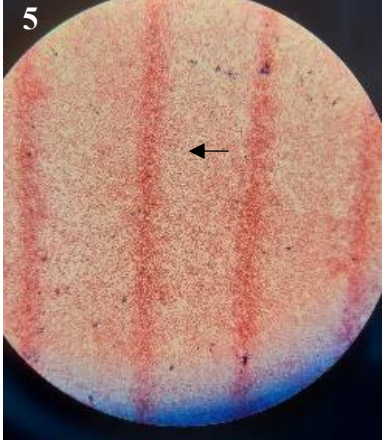
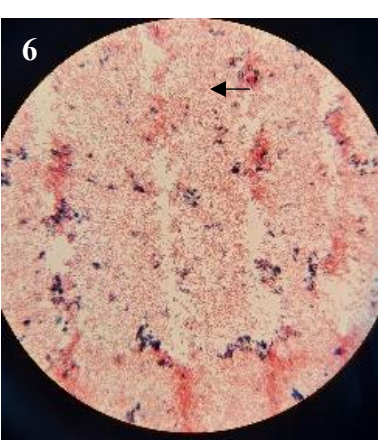
3	1				Koloni muncul setelah 24 jam diinkubasi di suhu 37°C. Pengenceran yang diambil bervariasi bertujuan menumbuhkan variasi kepadatan dan jenis koloni
	2				
	3				

Lampiran 3: Hasil Pewarnaan Gram

Sampel	Gambar	Keterangan
H1.2 (-4)		• Gambar 1 menunjukkan sel bakteri berbentuk batang, berwarna merah sebagai hasil pewarnaan gram negatif sesuai dengan ciri bakteri <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 2 terdapat sebaran bakteri gram negatif yang tampak berwarna merah dan bentuk basil sesuai dengan ciri bakteri <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 3 memperlihatkan sel berbentuk basil dan berwarna merah tersebar. Morfologi mengindikasikan keberadaan <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 4 menunjukkan sel basil Gram negatif, berwarna merah. sesuai dengan ciri bakteri <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 5 terdapat keberadaan sel basil berwarna merah menunjukkan bakteri Gram negatif. mengindikasikan keberadaan <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 6 menunjukkan sel berbentuk batang berwarna merah sebagai indikasi basil Gram negatif. Morfologi tersebut sesuai dengan karakteristik <i>Salmonella typhi</i>.

H1.3(-4)	     	• Gambar 1 menunjukkan bakteri gram negatif, berbentuk basil, dan berwarna merah yang sesuai dengan morfologi <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 2 mengarah pada sel berbentuk batang, berwarna merah sebagai ciri dari <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 3 menunjukkan bentuk sel basil, Gram negatif sesuai karakteristik <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 4 menunjukkan sel batang berwarna merah yang merupakan morfologi umum <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 5 mengidentifikasi bentuk basil, berwarna merah, sesuai dengan ciri <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 6 menunjukkan sel basil Gram negatif, berwarna merah. sesuai dengan ciri bakteri <i>Salmonella typhi</i>.
----------	--	---

H2.1(-4)	     	• Gambar 1 menunjukkan sel berbentuk batang (basil), berwarna merah, tersebar sebagai ciri bakteri Gram negatif, sesuai karakteristik <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 2 mengarah pada bentuk basil, Gram negatif, berwarna merah, tersebar sebagai ciri dari <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 3 sel berbentuk batang berwarna merah, yang merupakan <i>Salmonella typhi</i> setelah pewarnaan Gram. • Gambar 4 menunjukkan bentuk basil, Gram negatif yang tampak tersebar, sesuai karakteristik <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 5 memperlihatkan bentuk basil, berwarna merah sebagai hasil pewarnaan Gram negatif, dengan identifikasi <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 6 menunjukkan sel batang berwarna merah yang merupakan morfologi dari <i>Salmonella typhi</i> pada preparat pewarnaan Gram
----------	--	---

H3.3(-1)	     	• Gambar 1 menunjukkan sel berbentuk batang (basil), tersebar, berwarna merah, sesuai karakteristik bakteri Gram negatif seperti <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 2 menunjukkan sel berbentuk basil, Gram negatif berwarna merah, dan tersebar, sesuai dengan morfologi khas <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 3 merupakan sel basil berwarna merah yang tersebar, menunjukkan keberadaan <i>Salmonella typhi</i> setelah pewarnaan Gram. • Gambar 4 menunjukkan bentuk basil, menyebar, Gram negatif dengan warna merah, sesuai identifikasi <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 5 menunjukkan sel batang, menyebar, berwarna merah yang cocok dengan ciri Gram negatif dari <i>Salmonella typhi</i>. • Gambar 6 menunjukkan bentuk sel batang (basil), menyebar, Gram negatif berwarna merah, merupakan morfologi dari <i>Salmonella typhi</i>.
----------	--	---

Lampiran 4 : Etika Penelitian



KOMITE ETIK PENELITIAN KEDOKTERAN DAN KESEHATAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS TADULAKO

Jalan Soekarno Hatta Km. 9 Tondo, Mantikulore, Palu 94119

Surel : fk@untad.ac.id Laman : <https://fk.untad.ac.id>

PERNYATAAN KOMITE ETIK

Nomor : 599 / UN28.10 / KL / 2025

Judul penelitian : Identifikasi Bakteri *Salmonella typhi* dengan
Pemeriksaan Kultur dan Morfologi di Taman Wisata
Pemandian Air Panas Bora Sigi.

Peneliti Utama : Annisa Putri Sumantri

No. Stambuk : N.101 22 049

Anggota peneliti (bisa lebih dari 1) : -

Tanggal disetujui : 03 Juni 2025

Nama Supervisor : Dr. dr. M. Sabir, M. Si

Lokasi Penelitian (bisa lebih dari 1): Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi.

Komite Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako menyatakan bahwa protokol penelitian yang diajukan oleh peneliti telah sesuai dengan prinsip-prinsip etika penelitian menurut prinsip etik dari Deklarasi Helsinki Tahun 2008.

Komite Etik Penelitian memiliki hak melakukan monitoring dan evaluasi atas segala aktivitas penelitian pada waktu yang telah ditentukan oleh Komite Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako.

Kewajiban Peneliti kepada Komite Etik sebagai berikut :

- Melaporkan perkembangan penelitian secara berkala.
- Melaporkan apabila terjadi kejadian serius atau fatal pada saat penelitian
- Membuat dan mengumpulkan laporan lengkap penelitian ke komite etik penelitian.

Demikian persetujuan etik penelitian ini dibuat, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palu, 03 Juni 2025

a.n. Ketua,

Sekretaris

Dr. drg. Tri Setyawati, M.Sc
NIP.198111172008012006

Lampiran 5 : Surat Izin Observasi Awal

 KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI,
SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TADULAKO
FAKULTAS KEDOKTERAN
Jalan Soekarno Hatta Kilometer 9 Tondo, Mantikulore, Palu 94119
Surel : untad@untad.ac.id Laman : <https://untad.ac.id>

Nomor : 3615/UN28.10/AK/2025
Perihal : Permohonan Izin Pengambilan Data Awal

Yth. Kepala Desa Bora
di - T e m p a t

Dengan hormat,

Sehubungan dengan kegiatan penelitian untuk tugas akhir mahasiswa Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako, dengan ini kami memohon kepada Bapak/Ibu kiranya dapat memberikan izin Kepada Mahasiswa untuk Melakukan Pengambilan Data Awal di Instansi yang Bapak/Ibu pimpin.

Nama Mahasiswa : Abdillah Rizqie Muhdie
NIM : N10122066
Prog. Studi : Kedokteran
Fakultas : Kedokteran
Judul Tugas Akhir : Identifikasi bakteri *Protes mirabilis* dengan pemeriksaan kultur dan morfologi tanam wisata pemandian air panas Bora Sigi

Demikian permohonan kami, atas bantuan dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Palu, 19 Maret 2025
An. Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik

Dr. dr. Sumarni, M.Kes., Sp.GK
NIP.197605012008012023

Tembusan :
1. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako, Sebagai Laporan;
2. Koordinator Prodi Kedokteran Universitas Tadulako.



Lampiran 6: Surat Izin Penelitian Kelurahan Bora



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI,
SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TADULAKO
FAKULTAS KEDOKTERAN

Jalan Soekarno Hatta Kilometer 9 Tondo, Mantikulore, Palu 94119

Surel : untad@untad.ac.id Laman : <https://untad.ac.id>

Nomor : 6698/UN28.10/AK/2025
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Yth. Kepala Desa Bora Kabupaten Sigi
di -

T e m p a t

Dengan hormat,

Sehubungan dengan kegiatan penelitian untuk tugas akhir mahasiswa Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako, dengan ini kami memohon kepada Bapak/Ibu kiranya dapat memberikan izin Kepada Mahasiswa untuk Melakukan Penelitian di Instansi yang Bapak/Ibu pimpin.

Nama Mahasiswa : Annisa Putri Sumantri
NIM : N10122049
Prog. Studi : Kedokteran
Fakultas : Kedokteran
Judul Tugas Akhir : Identifikasi Bakteri Salmonella typhi dengan Pemeriksaan Kultur dan Morfologi di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi

Demikian permohonan kami, atas bantuan dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Palu, 18 Juni 2025

An.Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik

Dr. dr. Sumarni, M.Kes., Sp.GK
NIP.197605012008012023

Tembusan:

- 1.Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako;
- 2.Koordinator Prodi Kedokteran Universitas Tadulako.



Lampiran 7: Surat Izin Penelitian Lab. Mikrobiologi Farmasi FMIPA



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI,
SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TADULAKO
FAKULTAS KEDOKTERAN

Jalan Soekarno Hatta Kilometer 9 Tondo, Mantikulore, Palu 94119
Surel : untad@untad.ac.id Laman : <https://untad.ac.id>

Nomor : 6685/UN28.10/AK/2025
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

Yth. Kepala Laboratorium Farmasi FMIPA UNTAD
di -

T e m p a t

Dengan hormat,

Sehubungan dengan kegiatan penelitian untuk tugas akhir mahasiswa Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako, dengan ini kami memohon kepada Bapak/Ibu kiranya dapat memberikan izin Kepada Mahasiswa untuk Melakukan Penelitian di Instansi yang Bapak/Ibu pimpin.

Nama Mahasiswa : Annisa Putri Sumantri

NIM : N10122049

Prog. Studi : Kedokteran

Fakultas : Kedokteran

Judul Tugas Akhir : Identifikasi Bakteri Salmonella typhi dengan Pemeriksaan Kultur dan Morfologi di Taman Wisata Pemandian Air Panas Bora Sigi

Demikian permohonan kami, atas bantuan dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Palu, 18 Juni 2025

An.Dekan

Wakil Dekan Bidang Akademik

Dr. dr. Sumarni, M.Kes., Sp.GK
NIP.197605012008012023

Tembusan:

- 1.Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Tadulako;
- 2.Koordinator Prodi Kedokteran Universitas Tadulako.



Lampiran 8: Dokumentasi Penelitian



CURRICULUM VITAE



Nama Lengkap : Annisa Putri Sumantri
Nama Panggilan : Annisa / Ninis
Tempat/Tanggal Lahir : Makassar, 20 Desember 2002
Alamat : Jln. Kiri-Kiri, Polewali, Kab. Polewali Mandar,
Sulawesi Barat
Kontak : 082291412188
Email : annisa.aps20@gmail.com
Riwayat Pendidikan :

JENJANG	INSTANSI	JURUSAN	TAHUN
SD	SD Negeri 066 Pekkabata		2008 – 2014
SMP	SMP Negeri 3 Polewali		2014 – 2017
SMA	SMA Negeri 1 Polewali	MIPA	2017 – 2020
S-1	Universitas Tadulako	Fakultas Kedokteran Prodi Kedokteran	2022 - Sekarang

Riwayat Organisasi :

ORGANISASI	JABATAN	TAHUN
TBM AXIS	Divisi Kesekretariatan	2025 - Sekarang
BEM KM FK UNTAD	Anggota	2023 - Sekarang