

TA/TL/2026/2101



JURUSAN  
TEKNIK LINGKUNGAN

## **TUGAS AKHIR**

### **Analisis Spasial dan Temporal Kualitas Air Sungai Code Berdasarkan Parameter Mikrobiologi**

**Muhammad Aufan Fakhruy**

**21513170**

**Dosen Pembimbing:**

**Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.**

**Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana**

**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**

**Universitas Islam Indonesia**

**2026**



DEPARTMENT  
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

## **BACHELOR THESIS**

### **Spatial and Temporal Analysis of Code River Water Quality Based on Microbiological Parameters**

**Muhammad Aufan Fakhruy**  
**21513170**

**Supervisor:**  
**Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.**

**Environmental Engineering Bachelor Program**  
**Faculty of Civil Engineering and Planning**  
**Universitas Islam Indonesia**  
**2026**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**Analisis Spasial dan Temporal Kualitas Air Sungai Code Berdasarkan  
Parameter Mikrobiologi**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

**Muhammad Aufan Fakhruy  
21513170**

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 5 Februari 2026 dan disetujui oleh

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.



(Pembimbing)

Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T., I.P.M.



(Penguji 1) 24/2/2026

Dr. Eng. A. Awaludin Nurmiyanto, S.T., M.Eng., I.P.M



(Penguji 2)

**Mengetahui,**

**Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana**



Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D

## PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
  - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
  - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.  
Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.
6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 27 Februari 2026

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Afan Fakhruy  
21513170

## PRAKATA

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala rahmat-Nya serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul penelitian *Analisis Spasial dan Temporal Kualitas Air Sungai Code Berdasarkan Parameter Mikrobiologi* yang dilaksanakan sejak September 2025. Penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia

Dalam penyusunan laporan Tugas akhir ini, penulis mengalami banyak kendala serta tantangan. Namun, berkat adanya bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat melewati semua hal tersebut. Maka, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah *Subhanahu Wa Ta'aala* yang mana nikmat sudah memberikan kemudahan, kelancaran serta anugerah dan kasih sayang-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Abah, mama, kaka dan adik serta seluruh keluarga penulis yang memberikan doa, semangat serta dukungan mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing dalam memberikan bimbingan, arahan, dan masukan serta senantiasa menyediakan waktunya untuk membagikan ilmu, membantu dan mendampingi penulis baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.

4. Bapak Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T., I.P.M. selaku dosen penguji 1 yang telah bersedia meluangkan waktu serta memberikan masukan terkait Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Eng. Ir. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji 2 yang telah bersedia meluangkan waktu serta memberikan masukan terkait Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen, staf dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang senantiasa memberikan ilmu dan pengalaman yang bermanfaat selama menempuh studi S1 di Teknik Lingkungan FTSP UII.
7. Seluruh staf Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII khususnya mba Rina Isnikartika, S.Si yang telah memberikan bantuan, ilmu dan pengalaman selama melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII..
8. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Penulis sadar bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari kesalahan dan keterbatasan ilmu pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai bahan evaluasi demi menjadikan penelitian ini lebih baik. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

Sleman, 27 November 2025

Muhammad Aufan Fakhrusy

## **Analisis Spasial dan Temporal Kualitas Air Sungai Code Berdasarkan Parameter Mikrobiologi**

Mahasiswa : Muhammad Aufan Fakhrusy  
NIM : 21513170  
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana  
Pembimbing : Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi kualitas mikrobiologis air Sungai Code berdasarkan parameter *Escherichia coli*, Total Coliform, *Salmonella typhimurium*, dan *Shigella sp.* serta mengkaji spasial dan temporal. Pengambilan sampel dilakukan di lima titik yang mewakili segmen hulu, tengah, dan hilir di Sungai Code. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi *E. coli* dan Total Coliform melebihi baku mutu kualitas air permukaan (1000-10000 MPN/100mL). Disepanjang sungai Code dari hulu, tengah hingga hilir mengalami lonjakan yang cukup signifikan yang diakibatkan oleh perbedaan lokasi dan musim. Konsentrasi *E. Coli* (2335 CFU/mL), Total Coliform (1600 CFU/mL), *Salmonella Typhimurium* (720 CFU/mL) dan *Shigella Sp.* (1560 CFU/mL). Nilai tertinggi terdapat bulan November yang merupakan puncak dari awal musim hujan. Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh musim dapat meningkatkan pencemaran mikrobiologi di perairan Sungai Code.

Kata kunci: *Escherichia coli*, *Total Coliform*, *Salmonella*, *Shigella*, *pencemaran mikrobiologis*.

## ***Spatial and Temporal Analysis of Code River Water Quality Based on Microbiological Parameters***

*Student* : Muhammad Aufan Fakhruy  
*Student Number* : 21513170  
*Study Program* : Environmental Engineering – Bachelor Program  
*Supervisor* : Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

### ***Abstract***

*This study aims to analyze the microbiological quality of the Code River water based on the parameters of Escherichia coli, Total Coliform, Salmonella typhimurium, and Shigella sp. and examine spatial and temporal. Sampling was carried out at five points representing the upstream, middle, and downstream segments of the Code River. The results showed that the concentration of E. coli and Total Coliform exceeded the surface water quality standard (1000-10000 MPN/100mL). Along the Code River from upstream, middle to downstream experienced a significant spike caused by differences in location and season. The concentration of E. Coli (2335 CFU/mL), Total Coliform (1600 CFU/mL), Salmonella Typhimurium (720 CFU/mL) and Shigella Sp. (1560 CFU/mL).. The highest value was in November which is the peak of the beginning of the rainy season. These results show that seasonal influences can also increase microbiological pollution in the Code River waters.*

*Keywords: Escherichia coli, Total Coliform, Salmonella, Shigella, microbiological contamination..*

## DAFTAR ISI

PRAKATA .....	i
Abstrak.....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
Lampiran.....	x
Lampiran.....	x
Lampiran.....	x
Lampiran.....	x
Lampiran.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Sungai Code .....	5
2.2 Faktor Peningkatan Konsentrasi di Sungai .....	6
2.3 Parameter Mikrobiologi .....	7
2.3.1 <i>Escherichia Coli</i> .....	8
2.3.2 <i>Total Coliform</i> .....	9
2.3.3 <i>Salmonella Typhumuirum</i> .....	10
2.3.4 <i>Shigella Sp.</i> .....	11
2.4 Hubungan Kualitas Air Sungai Dengan Lokasi dan Musim.....	12
BAB III METODE PENELITIAN .....	14

3.1 Waktu dan Lokasi .....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	16
3.3 Alur Tahapan Penelitian.....	17
3.4 Analisis Data .....	19
3.5 Metode Pengambilan Sampel Air Sungai .....	19
3.6 Metode Pengujian Sampel Air Sungai Code.....	20
3.7 Pengujian Bakteri .....	20
3.7.1 Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Total Coliform</i> .....	20
3.7.2 Bakteri <i>Salmonella Typhimurium</i> dan <i>Shigella, Sp.</i> .....	21
3.8 Metode Isolasi Bakteri .....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	24
4.1 Mutu Kualitas Air Sungai Code.....	24
4.2 Pengaruh Lokasi Terhadap Kualitas Air Sungai Code .....	24
4.2.1 Konsentrasi Bakteri <i>Escherichia Coli</i> dan <i>Total Coliform</i> .....	24
4.2.2 Konsentrasi Bakteri <i>Salmonella Typhimurium</i> dan <i>Shigella Sp.</i>	27
4.3 Pengaruh Musim Terhadap Kualitas Air Sungai Code.....	30
4.3.1 Konsentrasi <i>Escherichia Coli</i> .....	30
4.3.2 Konsentrasi Total Coliform.....	31
4.3.3 Konsentrasi <i>Salmonella Typhimurium</i> .....	32
4.3.4 Konsentrasi <i>Shigella Sp.</i> .....	34
4.4 Analisis Parameter Fisik .....	36
BAB V PENUTUP .....	38
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran .....	38
DAFTAR PUSTAKA .....	39
LAMPIRAN .....	45
Lampiran.....	45
Lampiran.....	46
Lampiran.....	46
Lampiran.....	51
Lampiran.....	52

Lampiran.....	57
RIWAYAT HIDUP .....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu .....	13
Tabel 4. 1 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Baku Mutu .....	22
Tabel 4. 2 Parameter Fisik .....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Venn Parameter Mikrobiologis .....	8
Gambar 3. 1 Peta Titik Lokasi Sampling.....	15
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian .....	18
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengujian <i>E.coli</i> dan <i>Total Coliform</i> .....	21
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengujian <i>Salmonella Typhi</i> dan <i>Shigella Sp.</i> .....	22
Gambar 4. 1 Konsentrasi <i>Escherichia Coli</i> Berdasarkan Lokasi .....	24
Gambar 4. 2 Konsentrasi Total Coliform Berdasarkan Lokasi.....	26
Gambar 4. 3 Konsentrasi <i>Salmonella Typhimurium</i> Berdasarkan Lokasi.....	27
Gambar 4. 4 Konsentrasi <i>Shigella Sp.</i> Berdasarkan Lokasi.....	29
Gambar 4. 5 Konsentrasi <i>Escherichia Coli</i> Terhadap Musim .....	30
Gambar 4. 6 Konsentrasi Total Colifrom Terhadap Musim .....	32
Gambar 4. 7 Konsentrasi <i>Salmonella Typhimurium</i> Terhadap Musim .....	34
Gambar 4. 8 Konsentrasi <i>Shigella Sp.</i> Terhadap Musim.....	36

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Dokumentasi pengambilan sampel air Sungai Code

Lampiran 2 Tabel Hasil Total Plate Count

Lampiran 3 Perhitungan *Total Plate Count*

Lampiran 4 Tabel Hasil Perhitungan Total Plate Count

Lampiran 5 Tabel Hasil Pengujian Parameter Fisik-Kimia

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sungai Code memiliki peran penting sebagai sumber air permukaan di Daerah Istimewa Yogyakarta, tetapi kondisi eksistingnya menunjukkan tekanan yang semakin besar akibat perkembangan kawasan perkotaan yang intensif. Aliran sungai ini melintasi wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi, sehingga berfungsi sebagai penerima akhir berbagai buangan domestik yang berkontribusi terhadap meningkatnya beban pencemar mikrobiologis. Kehadiran bakteri indikator, seperti *Escherichia coli* dan Total Coliform, sering ditemukan dalam konsentrasi yang melampaui ambang batas baku mutu, yang menandakan adanya kontaminasi fekal dari aktivitas manusia maupun hewan. Putra et al. (2021) menyebutkan bahwa kondisi tersebut mencerminkan keterbatasan sistem sanitasi perkotaan dan menjadi indikator utama dalam penilaian risiko kesehatan masyarakat di sekitar sungai.

Di Daerah Istimewa Yogyakarta, Sungai Code merupakan salah satu sungai besar yang melintas di kawasan permukiman padat penduduk (Lupiyanto & Wijaya, 2010). Kondisi kualitas air pada bagian tengah hingga hilir menunjukkan adanya indikasi pencemaran seperti perubahan warna, bau, dan peningkatan kekeruhan. Dari aspek mikrobiologis, keberadaan *bakteri Coliform* dan *Escherichia coli* menjadi indikator utama pencemaran biologis. Tingginya konsentrasi kedua bakteri ini sering berkaitan dengan masuknya bakteri patogen lainnya (Widyaningsih et al., 2016). Sampah organik rumah tangga, terutama sisa makanan, turut mendorong pertumbuhan mikroorganisme patogen di perairan.

Pencemaran mikrobiologis pada badan sungai merupakan fenomena yang bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh perbedaan kondisi ruang serta waktu. Secara spasial, kualitas air sungai cenderung mengalami degradasi dari daerah hulu ke arah hilir seiring dengan meningkatnya intensitas aktivitas manusia. Segmen sungai yang berada di kawasan permukiman padat dan pusat kegiatan perkotaan umumnya menerima beban pencemar mikrobiologis yang lebih besar dibandingkan dengan bagian hulu yang masih relatif alami. Kondisi ini

menunjukkan bahwa lokasi pengambilan sampel memiliki peranan penting dalam menentukan tingkat pencemaran mikrobiologis pada suatu sungai (Eneji *et al.*, 2012).

Selain perbedaan lokasi, kualitas mikrobiologis air sungai juga dipengaruhi oleh faktor temporal, terutama perubahan musim. Di wilayah beriklim tropis, peralihan dari musim kemarau ke musim hujan menyebabkan perubahan debit aliran serta meningkatkan proses limpasan permukaan dan pengadukan sedimen dasar. Pada fase awal hingga puncak musim hujan, aliran limpasan dari kawasan permukiman dan area terbangun berpotensi membawa kontaminan fekal ke badan sungai dalam jumlah yang lebih besar. Akibatnya, konsentrasi bakteri indikator maupun patogen cenderung meningkat pada periode tertentu (AlMahasneh *et al.*, 2025).

Beberapa bakteri mikrobiologis, seperti *Escherichia coli*, Total Coliform, *Salmonella typhimurium*, dan *Shigella* sp., menunjukkan respons yang sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan perairan. Keempat bakteri tersebut umumnya berasal dari sumber pencemar yang serupa, yaitu limbah domestik dan sistem sanitasi yang tidak memadai, sehingga pola sebarannya sangat dipengaruhi oleh variasi lokasi dan waktu pengamatan. Selain berfungsi sebagai indikator pencemaran, keberadaan bakteri patogen seperti *Salmonella* dan *Shigella* juga berkaitan dengan peningkatan potensi penyakit berbasis air. Oleh karena itu, pemantauan parameter mikrobiologis menjadi komponen penting dalam upaya pengelolaan dan pengendalian kualitas air sungai.

Sungai Code telah banyak dikaji dari berbagai aspek kualitas air, kajian yang secara khusus menggambarkan analisis spasial dan temporal berdasarkan parameter mikrobiologis masih diperlukan untuk memperoleh gambaran dinamika pencemaran yang lebih komprehensif. Pendekatan spasial memungkinkan identifikasi perbedaan tingkat pencemaran antar segmen sungai, sedangkan pendekatan temporal memberikan informasi mengenai fluktuasi kualitas air akibat pengaruh musim dan waktu pengamatan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kualitas mikrobiologis Sungai Code berdasarkan variasi lokasi dan waktu pengambilan sampel dengan menggunakan parameter *Escherichia coli*, Total Coliform, *Salmonella typhimurium*, dan *Shigella* sp.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan Masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana kondisi kualitas mikrobiologi di air Sungai Code berdasarkan parameter *Escherichia Coli*, *Total Coliform*, *Salmonella Typhimurium* dan *Shigella, Sp.*
- 2) Bagaimana pola tren perubahan kualitas mikrobiologis air Sungai Code berdasarkan analisis spasial dan temporal?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Menganalisis kondisi kualitas air Sungai Code berdasarkan parameter mikrobiologis (*Escherichia Coli*, *Total Coliform*, *Salmonella Typhimurium* dan *Shigella, Sp.*).
- 2) Mengidentifikasi pola tren perubahan kualitas mikrobiologis air Sungai Code berdasarkan analisis spasial dan temporal.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat antara lain :

- 1) Bagi mahasiswa  
Dapat menambah pengetahuan serta pengalaman terkait analisis suatu permasalahan lingkungan terutama pada kualitas air berdasarkan parameter indikator mikrobiologi lingkungan di Sungai Code.
- 2) Bagi masyarakat  
Memberikan informasi, pemahaman maupun menjadi referensi ilmu kepada masyarakat terkait kualitas air sungai yang ditinjau berdasarkan indikator mikrobiologi lingkungan di Sungai Code.
- 3) Bagi pemerintah  
Memberikan tambahan kajian terhadap pemantauan dan pemeliharaan kesehatan masyarakat yang timbul di area Sungai Code berdasarkan parameter indikator mikrobiologi lingkungan.

## 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Lokasi penelitian dilakukan di daerah hulu, tengah, dan hilir Sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- 2) Periode pengambilan sampel dilakukan pada bulan September hingga Desember 2025 untuk merepresentasikan kondisi musim kemarau dan awal musim hujan.
- 3) Parameter biologi yang digunakan dalam pengujian yakni bakteri *Escherichia coli*, *Total Coliform*, *Salmonella Typhirium*, dan *Shigella Sp.*
- 4) Data pendukung lainnya yaitu parameter fisika (pH, DO, Suhu, TDS, EC, ORP) dilakukan pengujian langsung di Sungai Code sedangkan parameter biologi (bakteri) diuji di Laboratorium Bioteknologi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- 5) Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan pendekatan spasial dan temporal untuk mengidentifikasi pola distribusi dan tren perubahan konsentrasi bakteri berdasarkan lokasi dan waktu.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sungai Code**

Sungai Code memiliki peran yang penting dalam perkembangan Kota Yogyakarta dimana keberadaan Sungai Code secara hidtori membelah Kota Yogyakarta dan menjadi bagian barat dan timur. Selain itu, Sungai Code menjadi salah satu sungai terbesar di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan total panjang sungai yaitu sepanjang 41 km (BPLH, 2014). Sungai Code berada dikawasan yang cukup strategis dengan melewati tiga Kabupaten diantaranya adalah Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul serta berdekatan dengan beberapa pusat perbelanjaan dan tempat wisata yang membuat sungai tersebut berpotensi pengembangan ekowisata dan sosial budaya yang menarik (Setyowati, 2021).

Meningkatnya pertumbuhan penduduk dan beragamnya kegiatan manusia sekitara bandataran Sungai Code menjadi sangat kompleks dan semakin memperburuk kondisi kualita air sungai tersebut. Pada tahun 2015, status mutu di 33 Provinsi di Indonesia berada dalam kondisi tercemar berat sebanyak 68% dan yang memenuhi baku mutu hanya 2% (Pranowo, dkk, 2015). Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta menjadi salah satu Provinsi yang memiliki nilai Indeks Kualitas Air yang buruk sebesar 220,19 pada tahun 2017 (Setyowati, 2021).

Kualitas air dapat dilihat dair beberapa parameter yaitu suhu, pH, DO, BOD, COD, TDS dan mikroorganisme. Penentuan kualitas air dipengaruhi oleh keberadaan mikroorganisme seperti bakteri, virus dan protozoa, seringkali menjadikan bakteri *Coliform* sebagai bakteri indikator. Hal ini tersebut tidak hanya dapat membuat pertumbuhan bakteri *Coliform* akan tetapi juga meningkatkan bakteri patogen lainnya seperti *Salmonella sp.*, *Shigella sp.* dan *Vibrio cholera*. Bakteri yang sering di jumpai di air sungai yang menyebabkan pencemaran adalah bakteri *E-Coli*. Penyakit timbul akibat berkembang biaknya mikroba patogen di dalam air yang mana penyakit tersebut dapat menular dengan mudah (Anisafitri *et al.*, 2020).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2021 bahwa setiap orang mempunyai hak yang sama atas kualitas air yang baik. Kualitas air sungai yang berada di hulu lebih baik dibandingkan dengan sungai bagian hilir, sumber pencemaran berdasarkan asal pencemarannya antara lain sumber domestik seperti perkampungan, kota, pasar, jalan dan sebagainya serta sumber non domestik seperti pabrik industri, peternakan, pertanian dan sumber lainnya.

Di Daerah Istimewa Yogyakarta, kualitas air suatu perairan diatur dalam Peraturan Gubernur DIY No.20 Tahun 2008 dengan kriteria baku mutu yang terbagi ke dalam IV (empat) kelas. Dimana klasifikasi dari kelas tersebut antara lain:

- a. Kelas I: Air yang peruntukannya dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- b. Kelas II: Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan untuk peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas III: Air yang peruntukannya untuk pembudidayaan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan.
- d. Kelas IV: Air yang peruntukannya lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Dalam pemantauan kualitas air Sungai Code yang dilakukan Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta pada tahun 2023 mengacu pada kriteria baku mutu kelas II.

## **2.2 Faktor Peningkatan Konsentrasi di Sungai**

Peningkatan bakteri patogen yang ada di sungai meliputi tata guna lahan yang tidak terkontrol, sanitasi yang buruk, serta sumber limbah domestik dan pertanian yang ada di dekat DAS tersebut. Limpasan hujan akan membawa limbah ini ke badan sungai langsung yang secara langsung juga memasukkan mikroorganisme ke badan sungai. Deforestasi dan urbanisasi menyebabkan hilangnya penutup vegetasi yang berfungsi sebagai penyaring alami. Mekanisme penyebaran dan kontak langsung dari mikrona dipengaruhi oleh tingkat infiltrasi dan interaksi air

permukaan dengan air tanah yang ada di sekitar DAS tersebut (Mulyadi *et al*, 2017).

Perilaku masyarakat di sepanjang DAS, termasuk cara pengelolaan limbah domestik dan penggunaan air sungai, turut berkontribusi memperbesar konsentrasi bakteri. Hal ini menjadi perhatian utama pengelolaan DAS guna menurunkan dampak negatif terhadap kualitas air dan kesehatan

### **2.3 Parameter Mikrobiologi**

Pencemaran mikrobiologis merupakan salah satu permasalahan utama dalam kualitas air yang berdampak langsung terhadap kondisi lingkungan perairan. Lingkungan perairan memiliki kerentanan tinggi terhadap kontaminasi mikroorganisme yang berasal dari aktivitas permukiman, peternakan, serta kegiatan pertanian. Masukan limbah dari aktivitas tersebut dapat membawa mikroorganisme patogen ke badan air. Oleh karena itu, bakteri coliform sering digunakan sebagai indikator utama untuk menilai potensi risiko penyakit dalam suatu perairan (Aqielatunnisa, 2015).

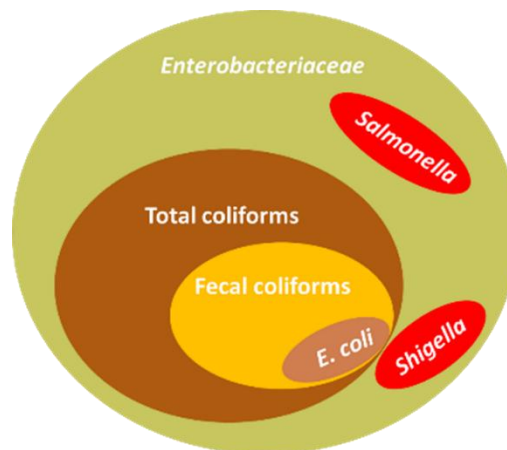
Bakteri berperan sebagai indikator yang efektif dalam menilai pencemaran mikrobiologis perairan permukaan karena mampu merespons perubahan kondisi lingkungan dengan cepat. Parameter mikrobiologi seperti total coliform, fecal coliform, dan *Escherichia coli* telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kontaminasi tinja pada berbagai lokasi tercemar di wilayah tropis. Penggunaan ketiga parameter tersebut bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan bakteri sebagai indikator pencemaran fekal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri-bakteri tersebut cukup sensitif dalam mendeteksi perubahan kualitas lingkungan perairan (Byamukama *et al.*, 2000).

Menurut Alcamo (2001), bakteri coliform merupakan kelompok bakteri gram negatif yang berbentuk batang dan tidak membentuk spora. Bakteri ini umumnya ditemukan di saluran pencernaan manusia, khususnya di usus halus. Keberadaan bakteri coliform di perairan sering dikaitkan dengan masuknya limbah organik. Oleh sebab itu, bakteri ini dijadikan indikator penting dalam analisis kualitas air.

Secara umum, bakteri coliform dikenal sebagai organisme indikator yang mencakup berbagai jenis bakteri yang dapat ditemukan di lingkungan, seperti

tanah, air permukaan, vegetasi, kulit, serta saluran pencernaan hewan berdarah panas termasuk manusia. Meskipun sebagian kecil bakteri coliform bersifat patogen dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan ringan, sebagian besar jenisnya tidak berbahaya. Keberadaan coliform tetap menjadi indikator penting karena menunjukkan potensi adanya mikroorganisme penyebab penyakit. Deteksi bakteri coliform pada air, makanan, dan minuman berperan dalam meningkatkan kewaspadaan terhadap pencemaran dan membantu penelusuran sumber kontaminasi.

Bakteri coliform dikelompokkan menjadi dua jenis utama, yaitu fecal coliform dan non-fecal coliform. Fecal coliform, seperti *Escherichia coli*, berasal dari tinja manusia atau hewan berdarah panas. Sementara itu, coliform non-fecal, seperti *Enterobacter aerogenes*, umumnya berasal dari lingkungan alami, termasuk hewan atau tumbuhan yang telah mati. Perbedaan kedua kelompok ini penting dalam menentukan sumber pencemaran mikrobiologis di suatu perairan (Fardiaz, 1993).



Gambar 2. 1 Diagram Venn Parameter Mikrobiologis

Sumber: <https://www.eurofinsus.com/food-testing/resources/microbiological-indicator-testing-overview-considerations-and-faq/>

### 2.3.1 *Escherichia Coli*

*Escherichia coli* merupakan bakteri utama yang termasuk dalam kelompok fecal coliform dan digunakan sebagai indikator pencemaran fekal. Di antara berbagai kelompok bakteri coliform, *E. coli* jarang ditemukan mampu tumbuh dan berkembang biak secara alami di lingkungan tanpa adanya kontaminasi tinja.

Kondisi ini menjadikan *E. coli* sebagai indikator paling spesifik dalam mendeteksi pencemaran feces. Selain itu, keberadaan *E. coli* sering dikaitkan dengan potensi kehadiran bakteri patogen lainnya.

Secara morfologi, *Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang yang umumnya hidup di saluran pencernaan manusia dan hewan berdarah panas. Bakteri ini bersifat fakultatif anaerob, sehingga mampu melakukan metabolisme melalui fermentasi maupun respirasi. Meskipun dapat tumbuh dalam kondisi aerob, pertumbuhan *E. coli* umumnya lebih optimal pada kondisi anaerob. Karakteristik tersebut memungkinkan *E. coli* bertahan dalam berbagai kondisi lingkungan.

Selain ditemukan di saluran pencernaan, *E. coli* juga dapat dijumpai di lingkungan terbuka seperti tanah dan air. Pencemaran organik yang ditandai dengan nilai BOD tinggi dapat menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan bakteri ini di dalam tanah. Ketika terjadi hujan atau pencairan salju, bakteri *E. coli* yang terdapat di tanah dapat terbawa oleh aliran air tanah menuju sungai. Akibatnya, konsentrasi *E. coli* yang tinggi di air tanah dan perairan permukaan dapat mengindikasikan adanya pencemaran tanah dan sungai (Sutiknowati, 2016).

### **2.3.2 Total Coliform**

*Total Coliform* merupakan kelompok bakteri indikator yang digunakan untuk mengetahui tingkat kebersihan air dan mendeteksi adanya kontaminasi organik maupun fekal. Kelompok ini mencakup berbagai genus, seperti *Klebsiella*, *Citrobacter*, dan *Enterobacter*, yang berasal dari tumbuhan, tanah ataupun tinja. Tidak semua coliform merupakan bakteri patogen, keberadaannya dengan jumlah yang tinggi mengindikasikan bahwa air telah menerima bahan organik atau limbah domestik. Sungai yang melewati kawasan yang padat penduduk cenderung memiliki nilai konsentrasi yang tinggi akibat pembuangan limbah domestik langsung ke badan sungai (Zubaidah *et al.*, 2022).

Sebagai parameter kualitas air, *total coliform* digunakan dalam memperkirakan kemungkinan keberadaan bakteri patogen. Jika nilai konsentrasi tinggi, maka peluang ditemukan bakteri penyebab penyakit juga meningkat.

Kondisi ini terjadi di sungai yang tidak memiliki sistem pengelolaan limbah domestik yang baik. *Total coliform* adalah indikator yang sangat berguna untuk menilai keamanan air, terutama pada kegiatan MCK

### **2.3.3 *Salmonella Typhumuirum***

*Salmonella* merupakan golongan bakteri gram negatif berbentuk batang dan bersifat anaerob fakultatif yang tergolong sebagai patogen enterik. Bakteri ini secara alami menghuni saluran pencernaan manusia serta hewan, khususnya ternak dan unggas, yang kemudian masuk ke ekosistem lingkungan melalui pembuangan feses. Kemunculan *Salmonella* di badan air menjadi indikator kuat adanya kontaminasi tinja yang berisiko memicu masalah kesehatan publik yang fatal. Oleh sebab itu, bakteri ini kerap dijadikan parameter utama untuk mendeteksi keberadaan patogen dalam evaluasi kualitas air (Winfield & Groisman, 2003).

Di lingkungan perairan, *Salmonella* memiliki daya tahan yang baik pada area yang mengandung sedimen tinggi serta kaya akan material organik. Badan sungai yang terpapar limbah rumah tangga, limpasan dari sektor peternakan, maupun limbah pasar tradisional sangat rentan terhadap kontaminasi bakteri ini. Faktor lingkungan di wilayah tropis, seperti suhu air yang hangat dan tingkat pH yang netral, turut mendukung persistensi *Salmonella*. Fenomena inilah yang menyebabkan bakteri tersebut sering ditemukan pada sungai-sungai di kawasan urban negara berkembang (Arisandi et al., 2020).

Jika ditinjau dari aspek spasial, konsentrasi *Salmonella* umumnya mengalami peningkatan pada bagian tengah hingga hilir sungai yang melewati area pemukiman padat penduduk. Sementara itu, secara temporal, densitas bakteri ini cenderung melonjak saat musim hujan akibat terbawa oleh limpasan permukaan (*run-off*) serta terjadinya pengangkatan kembali (resuspensi) sedimen yang tercemar dari dasar sungai. Penumpukan limbah selama periode kemarau yang kemudian terbilas kembali ke aliran air semakin memperburuk tingkat pencemaran. Dinamika ini membuktikan bahwa sebaran *Salmonella* di perairan sangat ditentukan oleh pengaruh lokasi dan perubahan musim (Huang et al., 2022).

Konsentrasi *Salmonella* yang diperbolehkan masuk ke dalam air, adalah 0 (nol) CFU/100 mL (tidak terdeteksi), karena *Salmonella* adalah patogen penyebab tifus dan gastroenteritis. Dalam air limbah atau air baku, konsentrasinya bisa berkisar dari beberapa sel hingga 8.000 organisme per 100 mL, yang kemudian diolah melalui filtrasi dan klorinasi (Said & Marsidi, 2017).

#### **2.3.4 *Shigella Sp.***

*Shigella sp.* merupakan kelompok bakteri patogen gram negatif berbentuk batang yang diidentifikasi sebagai agen utama penyebab penyakit disentri basiler. Karakteristik pembeda bakteri ini dibandingkan patogen lain adalah inangnya yang hampir secara eksklusif berasal dari tinja manusia dan sangat jarang ditemukan pada hewan. Dengan demikian, keberadaan *Shigella* di ekosistem perairan menjadi sinyal kuat adanya kontaminasi langsung dari kotoran manusia. Oleh karena itu, pemantauan bakteri ini menjadi parameter krusial dalam mengevaluasi risiko kesehatan masyarakat (Kotloff et al., 2018).

Munculnya kontaminasi *Shigella* di badan air umumnya berkorelasi dengan kualitas sanitasi yang buruk, terutama akibat pembuangan limbah domestik dan tinja yang langsung dialirkan ke sungai. Kawasan sungai yang membelah permukiman padat dengan sistem drainase terbuka memiliki kerentanan yang sangat tinggi terhadap paparan bakteri ini. Salah satu aspek yang membuat *Shigella* sangat berbahaya adalah dosis infeksi yang rendah; keberadaannya dalam konsentrasi kecil sekalipun sudah cukup untuk memicu infeksi pada manusia. Hal ini menempatkan *Shigella* sebagai salah satu patogen paling berisiko dalam air yang tercemar.

Berdasarkan tinjauan spasial, densitas *Shigella* cenderung lebih tinggi pada segmen sungai di area perkotaan dibandingkan dengan wilayah hulu yang masih terjaga kealamiannya. Secara temporal, peningkatan konsentrasi sering kali teramati pada fase awal musim hujan, di mana akumulasi polutan selama periode kemarau terbawa masuk ke aliran sungai. Meskipun peningkatan debit air selanjutnya dapat memberikan efek pengenceran yang menurunkan konsentrasi bakteri, risiko infeksi tetap dianggap tinggi. Pola distribusi ini menegaskan bahwa

keberadaan *Shigella* sangat dipengaruhi oleh dinamika aktivitas manusia dan perubahan musim (Kusuma et al., 2017).

#### **2.4 Hubungan Kualitas Air Sungai Dengan Lokasi dan Musim**

Kondisi ekosistem di sekitar badan air memegang peranan vital dalam menentukan kualitas air sungai. Dengan kata lain, faktor eksternal sering kali menjadi determinan utama dalam penurunan status mutu air. Berbagai polutan yang mencemari sungai dapat bersumber dari aktivitas antropogenik maupun keberadaan infrastruktur fisik di sekitarnya, seperti pembuangan limbah domestik (feses dan sisa makanan), limbah industri, hingga air limpasan yang dialirkan langsung melalui saluran drainase tanpa pengolahan terlebih dahulu. Beban pencemar ini bersifat fluktuatif sepanjang aliran, sehingga kualitas air di bagian hilir tidak selalu lebih buruk jika dibandingkan dengan segmen hulu atau tengah sungai.

Penelitian di Sungai Kabini, Karnataka, India, memberikan ilustrasi nyata mengenai dinamika ini. Penetapan stasiun pemantauan kualitas air di sungai tersebut dilakukan berdasarkan karakteristik lingkungan di sekitar titik sampel. Variasi kondisi lingkungan seperti area hulu, zona dekat *intake* perkotaan, titik yang berdekatan dengan saluran pembuangan industri, hingga fasilitas transportasi umum memberikan dampak yang berbeda-beda terhadap profil polutan yang ditemukan. Hasil observasi menunjukkan adanya korelasi langsung antara intensitas aktivitas di sekitar lokasi pengamatan dengan derajat pencemaran air; lokasi dengan aktivitas manusia yang padat cenderung memiliki kualitas air yang lebih rendah dibandingkan titik pengamatan dengan intervensi manusia yang minimal (Basu dan Lokesh, 2013).

Selain faktor lokasi, fluktuasi kualitas air juga sangat dipengaruhi oleh variabel musim. Secara umum, densitas *Fecal Coliform* cenderung mengalami peningkatan selama musim kemarau atau musim panas jika dibandingkan dengan musim penghujan. Fenomena ini berkaitan erat dengan karakteristik pertumbuhan bakteri di tanah dan kolom air. Pada kondisi suhu rendah atau saat musim dingin/penghujan, aktivitas biologis bakteri cenderung terhambat atau mengalami kematian, sehingga populasinya di lingkungan menjadi jauh lebih terbatas

dibandingkan pada periode suhu hangat yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme secara optimal (Cho dkk, 2016).

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

<b>Penulis</b>	<b>Parameter yang Diukur</b>	<b>Sampel yang Digunakan</b>	<b>Hasil Utama Penelitian</b>
Ika Afifah dkk (2022)	<i>Total Coliform, Escherichia coli</i> (MPN), pH, TDS, DO	8 sampel air sungai kelas II di DIY (termasuk Code)	Konsentrasi total Coliform antara 330 hingga 2300 MPN/100 ml, beberapa titik melampaui standar air kelas II.
Krisnadi, Husna Fatikha (2024,)	BOD, COD, Total Fosfat, pH, Total Coliform	Sampel air Sungai Code setiap lokasi	BOD, COD, Total Fosfat & Total Coliform melebihi baku mutu; pH dan suhu masih sesuai standar.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dimulai pada bulan September 2025. Penelitian dilaksanakan di aliran Sungai Code, Daerah Istimewa Yogyakarta untuk pengambilan sampel air sungai dan Laboratorium Bioteknologi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia sebagai tempat pengujian sampel. Penelitian diawali dengan melakukan preparasi alat dan bahan serta melakukan pengujian terhadap sampel air di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Proses pengambilan sampel air sungai dalam penelitian ini dilakukan sebanyak 6 kali dalam 4 bulan. Dimulai dari bulan September 2025 hingga bulan Desember 2025. Penentuan titik Lokasi pengambilan sampel berdasarkan *sample survey method*, ialah suatu pengambilan sampel dengan cara membagi daerah sampling menjadi beberapa titik sebagai perwakilan kondisi air Sungai terhadap jumlah keberadaan bakteri *Escherichia coli*, *Total Coliform*, *Salmonella typhimurium* dan *Shigella, sp.* Jumlah titik sampel yang diambil berjumlah 5 titik yang tersebar di aliran Sungai Code. Berikut adalah gambar titik pengambilan sampel air Sungai di Sungai Code.

Adapun uraian dari setiap titik adalah sebagai berikut :

1. *Site 1* (Jembatan Gantung Boyong)

Pengambilan sampel air sungai pada *site* ini dilakukan di Jembatan Gantung Boyong yang terletak di Desa Purowbinangun, Pakem, Sleman dengan garis lintang 7°38'17.11"S dan Garis Bujur 110°24'21.70"T. Lokasi ini dijadikan sebagai lokasi penelitian untuk aliran Sungai Code bagian hulu. Daerah ini masih banyak memiliki lahan hijau dan ekologi alamnya masih dalam kondisi baik sebab terletak di dekat bukit Turgo.

2. *Site 2* (Jembatan Ngentak)

Pengambilan sampel air pada *site* ini dilakukan di Jembatan Ngentak yang terletak di Jalan Kapten Haryadi, Ngentak, Sinduharjo, Ngaglik, Kabupaten Sleman. *Site* ini memiliki garis lintang 7°43'21.61"S dan 110°23'21.50"T.

Kondisi di *site* ini dipenuhi oleh perumahan warga dan pertanian. Pencemaran di sungai disebabkan oleh aliran drainase pemukiman dan pertanian yang mengalir ke badan sungai.

### 3. *Site* 3 (Jembatan Jambu)

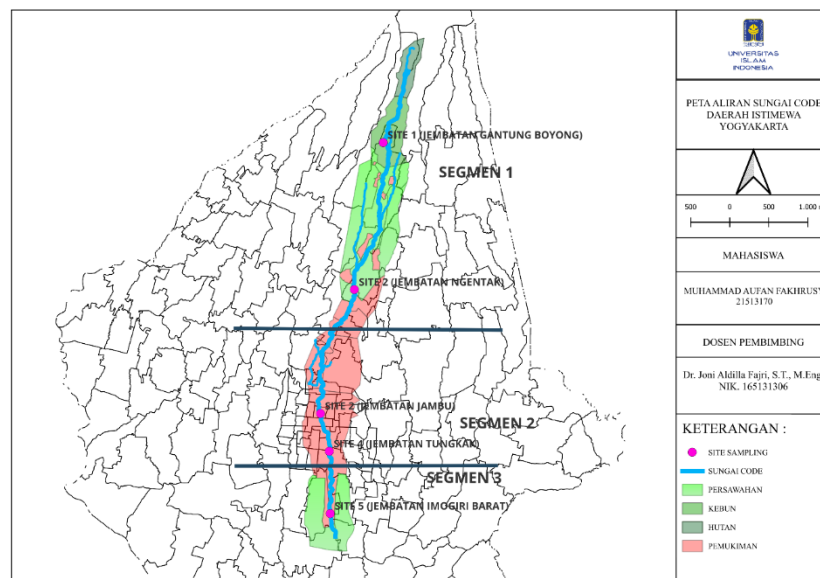
Pengambilan sampel air pada *site* ini dilakukan di Jembatan Jambu yang terletak di Jalan Mas Suharto, Suryatmajan, Danurejan, Kota Yogyakarta dengan garis lintang  $7^{\circ}47'38.55''S$  dan  $110^{\circ}22'10.69''T$ . *Site* ini didominasi oleh pemukiman, hotel, ruko/toko dan pusat perbelanjaan. Banyaknya aktivitas di daerah ini memungkinkan tingginya konsentrasi pencemar.

### 4. *Site* 4 (Jembatan Tungkak)

Pengambilan sampel air pada *site* ini dilakukan di Jembatan Tungkak yang terletak di Jalan Kolonel Sugiono, Kota Yogyakarta dengan garis lintang  $7^{\circ}48'56.85''S$  dan  $110^{\circ}22'29.04''T$ . Lokasi ini didominasi oleh pemukiman warga dan ruko/toko. Tepat disebelah lokasi ini terdapat SPBU aktif yang memungkinkan penambahan beban pencemar pada sungai ini.





### 5. *Site* 5 (Jembatan Imogiri Barat)

Pengambilan sampel air di *site* ini dilakukan di Jembatan Imogiri Barat yang terletak di Jalan Imogiri Barat, Glagah Kidul, Kecamatan Banguntapan dengan garis lintang  $7^{\circ}51'5.74''S$  dan  $110^{\circ}22'31.23''T$ . Lokasi ini dijadikan *site* hilir yang menampung seluruh beban pencemar dari seluruh *site*.



Gambar 3. 1 Peta Titik Lokasi Sampling

Tabel 3. 1 Lokasi Sampling Sungai Code

		
<p>Site 1</p>	<p>Site 2</p>	<p>Site 3</p>
		
<p>Site 3</p>		<p>Site 5</p>

### 3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini alat dan bahan yang digunakan untuk pengujian sampel adalah sebagai berikut:

- a. Peralatan untuk sampling air sungai, antara lain yaitu jirigen 1 liter untuk air sampel, *Coolbox*, *Ice pack*, *Multimeter Water Quality Tester* (pH, Suhu, DO, EC, TDS), Ember, Gayung, *Aquadest* Gelas Beaker

1000 mL.

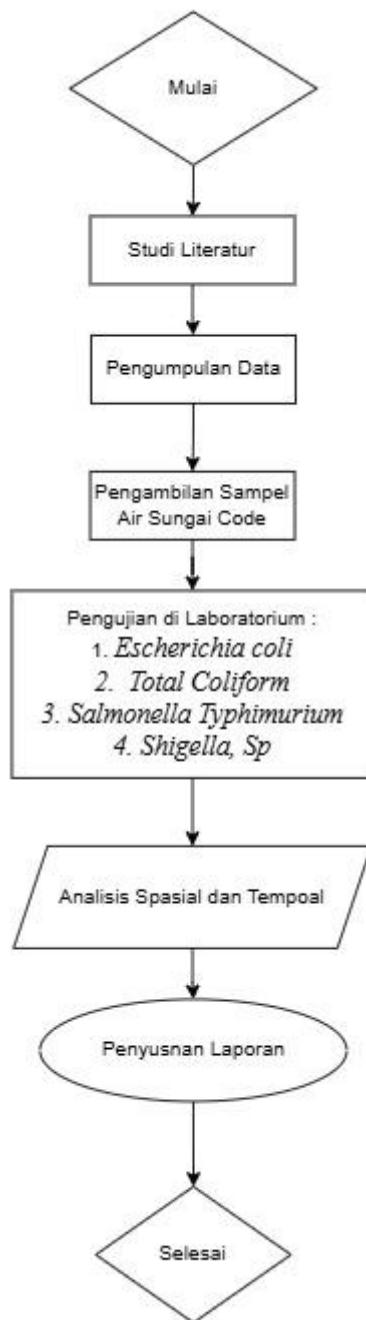
- b. Peralatan untuk pengujian Laboratorium, antara lain yaitu tabung reaksi, Erlenmeyer, Mikropipet, Gelas ukur, *Petri Dish*, LAF, Api bunsen, Inkubator, Gelas beaker, *Stirrer bar*, *Magnetic stir plate*, *Vortex mixer*, Timbangan digital, Sendok sugu, *Micropipette test tube* ukuran 10-200  $\mu$ L, 100-1000  $\mu$ L, Autoclave, oven, *Colony Counter*.
- c. Bahan untuk pengujian Laboratorium, antara lain yaitu Sampel air Sungai Code, Media *Cromocult Coliform Agar* (CCA), Media *Salmonella Shigella Agar* (SSA), *Aquadest*

### 3.3 Alur Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan melakukan analisis dan percobaan dengan metode kuantitatif. Metode ini dilakukan dengan mengemukakan hipotesis yang diturunkan dari suatu teori dan diuji kebenarannya berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian. Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel air Sungai Code di 5 lokasi titik sampling yang mewakili dari daerah hulu, tengah, dan hilir Sungai Code. Selanjutnya dilakukan dengan menguji sampel air Sungai Code dengan menggunakan media selektif *Cromocult Coliform Agar* (CCA) dan Media *Salmonella Shigella Agar* (SSA),

Hasil dari pengujian tersebut kemudian ditarik kesimpulan apakah terdapat bakteri *Escherichia coli*, *Total Coliform*, *Salmonella typhimurium* dan *Shigella, sp.* di air sungai tersebut. Data yang didapatkan digunakan untuk menganalisis kualitas air Sungai Code berdasarkan parameter biologi, jarak antar sungai dapat mempengaruhi jumlah bakteri serta untuk menganalisis dari keberadaan bakteri tersebut dengan jumlah tertentu dapat berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat yang ada di sekitaran sungai.

Alur tahapan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Analisis Data

Pada penelitian ini, dilakukan analisis terhadap *trend* data. Analisis ini dilakukan berdasarkan data spasial dan data temporal. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui *trend* data yang kemudian akan disesuaikan dengan hasil analisis data. Analisis data temporal merupakan sebuah analisis yang menunjukkan *trend* data masing-masing parameter berdasarkan tahun. Melalui analisis ini, dapat terlihat kenaikan atau penurunan data tiap parameter dari tahun ke tahun. Analisis ini dilakukan pada bulan September 2025 hingga Desember 2025.

Berbeda dengan analisis temporal, analisis spasial dilakukan agar dapat melihat *trend* data masing-masing parameter berdasarkan lokasi. Lokasi yang dimaksud pada analisis ini ialah segmen sungai. Sehingga, melalui analisis spasial ini dapat diketahui kenaikan atau penurunan data setiap parameter berdasarkan segmen hulu, tengah, dan hilir sungai. Analisis *trend* data ini, dilakukan melalui Diagram Bar pada software Origin. Berdasarkan data tersebut, *trend* akan ditentukan berdasarkan perubahan nilai konsentrasi tiap site. Sehingga, dapat diketahui *trend* data tiap parameter mengalami kenaikan atau penurunan.

### 3.5 Metode Pengambilan Sampel Air Sungai

Metode pengambilan sampel air sungai pada penelitian ini adalah *Grab Sampling*. Metode ini mengacu pada SNI 03-7016-2004 tentang Tata Cara Pengambilan Contoh dalam Rangka Pemantauan Kualitas Air pada Suatu Daerah Pengaliran Sungai. Dalam proses pengambilan dilakukan dengan cara aseptis agar sampel terhindar kontaminasi. Secara umum langkah yang dilakukan pada pengambilan ini adalah menyiapkan wadah untuk sampel berupa jirigen 1 liter. Sebelum sampel dimasukkan, jirigen dibilas dengan aquades dan dibilas dengan air sampel yang hendak diambil. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam jirigen dan diberi label. Kemudian jirigen yang berisi air sampel dimasukkan ke dalam *Coolbox* yang berisikan *icepack*. Pemberian *icepack* bertujuan agar bakteri yang ada di air sampel tersebut memiliki aktivitas yang sedikit ketika disimpan.

Adapun untuk parameter dilakukan dengan pengujian langsung dilokasi sampling menggunakan *Multimeter Water Quality Tester*. Parameter fisika diujikan secara langsung karena kondisi air tersebut cepat berubah.

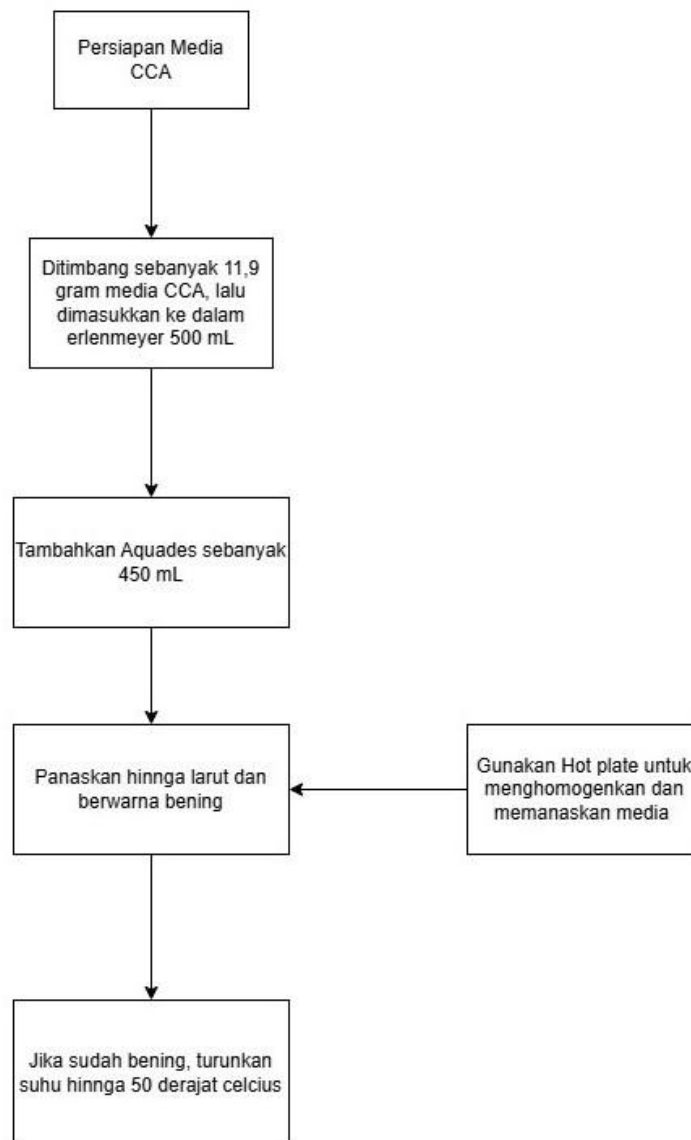
### **3.6 Metode Pengujian Sampel Air Sungai Code**

Pengujian sampel yang dilakukan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua menurut tempat pengujiannya, yaitu pengujian secara langsung di lokasi (*in-situ*) dan pengujian selain di lokasi sampling (*ex-situ*). Parameter yang diujikan secara *in-situ* adalah parameter fisika yang meliputi pH, DO, TDS, EC, ORP, dan suhu di uji menggunakan *multimeter water quality*. Untuk parameter mikrobiologi yang terdiri dari *Escherichia coli*, *Total Coliform*, *Salmonella typhimurium* dan *Shigella, sp.* akan diujikan secara *ex-situ* di laboratorium mengikuti ISO 6222:1999.

### **3.7 Pengujian Bakteri**

#### **3.7.1 Bakteri *Escherichia coli* dan *Total Coliform***

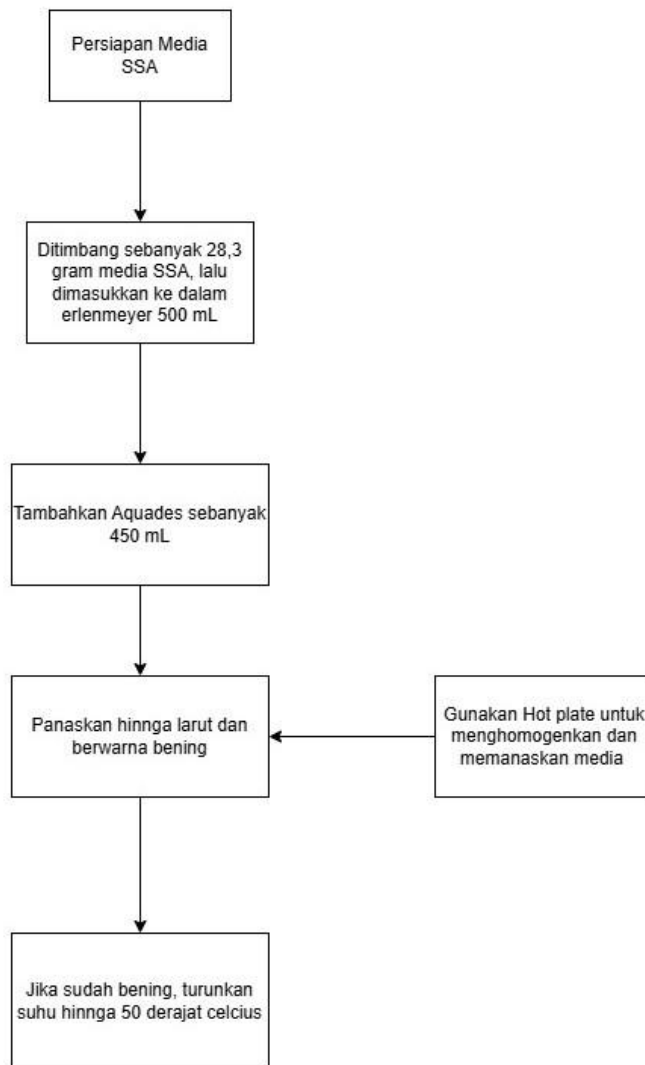
Penggunaan media pada bakteri ini adalah *Cromocult Coliform Agar (CCA)*. Pembuatan media diawali dengan menimbang media CCA sebanyak 11,9 gr, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 mL dan ditambahkan dengan 450 mL aquades. Media di aduk dengan *magnetic stirrer* dan dipanaskan hingga media berwarna bening. Setelah bening turunkan suhu *hot plate* ke suhu 50°C. Media dituangkan ketika suhu media sudah benar-benar 50°C.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengujian *E.coli* dan *Total Coliform*

### 3.7.2 Bakteri *Salmonella Typhimurium* dan *Shigella, Sp.*

Penggunaan media pada bakteri ini adalah *Salmonella Shigella Agar (SSA)*. Pembuatan media diawali dengan menimbang media SSA sebanyak 28,3 gr, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 mL dan ditambahkan dengan 450 mL aquades. Media di aduk dengan *magnetic stirrer* dan dipanaskan hingga media berwarna bening. Setelah bening turunkan suhu *hot plate* ke suhu 50°C. Media dituangkan ketika suhu media sudah benar-benar 50°C.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengujian *Salmonella Typhi* dan *Shigella Sp.*

### 3.8 Metode Isolasi Bakteri

Metode ini digunakan untuk menganalisis keberadaan bakteri di suatu sampel, yaitu sampel air Sungai Code. Bakteri *Escherichia Coli* dan *Total Coliform* menggunakan media *Cromocult Coliform Agar* (Haramoto *et al.*, 2012). Untuk bakteri *Salmonella Typhimurium* dan *Shigella, Sp.* menggunakan media *Salmonella Shigella Agar*. Dari keempat bakteri tersebut akan dilakukan pengujian dengan cara masing-masing *site* sampel air akan dilakukan pengenceran sebanyak 3 kali dengan serial pengenceran  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ . Pengenceran dilakukan dengan menambahkan larutan NaCl 0,9% sebanyak 9 mL dan

ditambahkan air sampel sebanyak 1 mL kedalam tabung reaksi yang sudah disteril. Kemudian masing-masing serial pengenceran diambil sebanyak 1 mL dan dikultur. Proses kultur bakteri menggunakan teknik *Pour Plate* yang dimana 1 mL sampel yang sudah diencerkan dituang ke dalam cawan petri yang sudah steril, lalu ditambahkan dengan media agar yang masih cair dengan suhu ruang di tiap cawan petri sesuai dengan peruntukan bakterinya masing-masing. Selanjutnya didiamkan hingga media mengeras. Media yang sudah mengeras kemudian dimasukkan ke dalam inkubator untuk proses inkubasi pada suhu antara 35°C-37°C selama kurang lebih 24 jam dalam posisi terbalik. Cawan petri diletakkan dengan cara terbalik agar menghindari proses kondensasi dari media agar. Setelah 24 jam, cawan petri diamati dan jumlah koloni yang tumbuh dihitung secara kasat mata atau menggunakan alat *colony counter*. Banyaknya koloni bakteri dihitung berdasarkan koloni per unit atau CFU dalam setiap 1 mL sampel. Berikut adalah rumus yang dapat digunakan :

$$N = \frac{n \times fp}{\text{Volume Sampel (mL)}} \quad (1)$$

Keterangan :

N = Kelimpahan Bakteri

n = Jumlah Koloni

fp = Faktor Pengenceran

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Mutu Kualitas Air Sungai Code**

Pada Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 parameter mikrobiologi terbagi menjadi dua, yaitu *Fecal Coliform* dan *Total Coliform*. Pada penelitian ini menggunakan parameter mikrobiologi dan parameter fisik. Untuk parameter penunjang lainnya yang diujikan adalah Suhu, TDS, pH.

Dalam peraturan ini, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas, yaitu:

1. Air kelas satu adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Air kelas dua adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Air kelas tiga adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Air kelas empat adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

Berikut adalah perbandingan hasil penelitian dengan baku mutu di Peraturan Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008.

Tabel 4. 1 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Baku Mutu

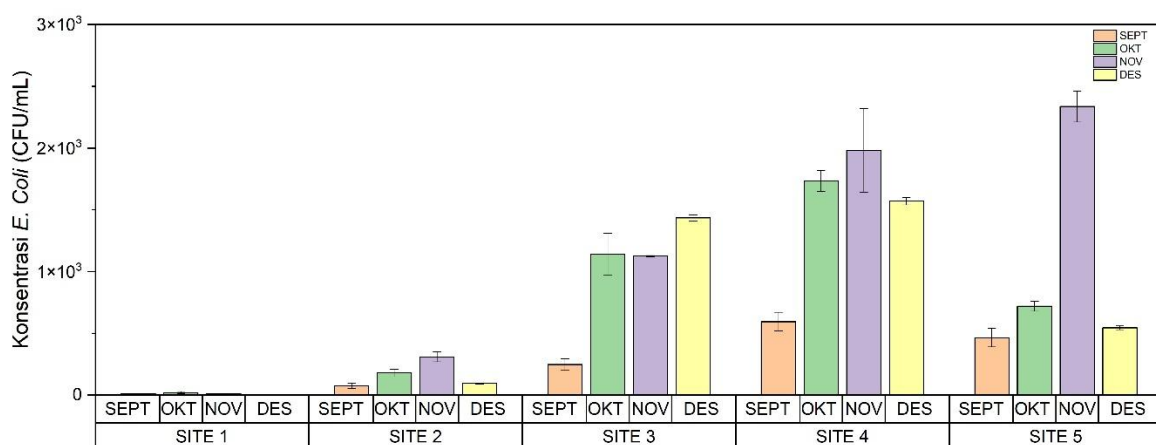
Parameter	Baku mutu				SITE				
	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	1	2	3	4	5
<b>FISIK</b>									
pH	6-9	6-9	6-9	5-9	6.5	6.6	6.6	6.7	6.8
TDS (mg/L)	1000	1000	1000	5000	93.9	123.6	144.8	154.0	164.8
Suhu	dev 3	dev 3	dev 3	dev 3	24.9	28.2	29.2	29.4	29.2
DO (mg/L)	6	4	3	0	11.9	11.4	9.9	8.8	9.4
<b>Mikrobiologi</b>									
Fecal Coliform	100	1000	2000	2000	-	-	-	-	-
Total Colifrom	1000	5000	10000	10000	118	270	770	970	779
E.Coli	-	-	-	-	25	344	966	1410	755
Salmonella Typhumurium	-	-	-	-	8	144	206	465	225
Shigella Sp.	-	-	-	-	85	335	585	760	350

Dari hasil pengujian, kualitas air secara keseluruhan dikategorikan ke dalam kelas III. Penetapan kelas ini didasarkan pada prinsip parameter pembatas yang mana kelas kualitas air ditentukan oleh parameter dengan tingkat terendah. Secara umum, parameter fisik dan parameter mikrobiologi dikategorikan ke dalam kelas I. Namun, parameter Fecal Coliform hanya ada site 4 dan 5 yang memenuhi baku mutu kelas III dan tidak memenuhi kelas I ataupun kelas II. Kondisi ini menunjukkan bahwa adanya pencemaran mikrobiologi yang signifikan, meskipun sebagian besar parameter menunjukkan kualitas yang memenuhi kriteria. Keberadaan Fecal Coliform sebagai parameter pembatas menyebabkan kualitas air sungai Code hanya layak untuk peruntukan kelas III, yaitu untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk pertanian, dan atau peruntukan lainnya yang mensyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut

## 4.2 Pengaruh Lokasi Terhadap Kualitas Air Sungai Code

### 4.2.1 Konsentrasi Bakteri *Escherichia Coli* dan *Total Coliform*

Uji Bakteri *Escherichia Coli* dan *Total Coliform* dilakukan pada suhu inkubasi 35 derajat celcius dengan menggunakan media Chromocult Coliform Agar (CCA) untuk pembentukan koloni *Escherichia Coli* dan *Total Coliform*. Koloni yang terbentuk pada bakteri *Escherichia Coli* akan terlihat berwarna Biru Violet. Sedangkan pada bakteri *Total Coliform* berwarna merah.



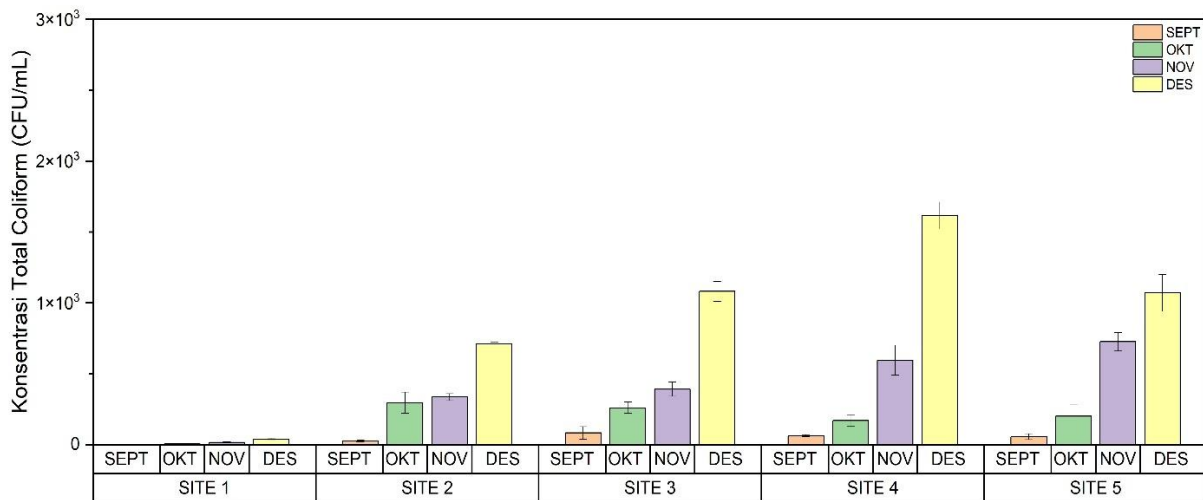
Gambar 4. 1 Konsentrasi *Escherichia Coli* Berdasarkan Lokasi

Konsentrasi bakteri *Escherichia Coli* yang ada di sungai Code menunjukkan pola peningkatan yang sangat jelas dari bagian hulu hingga ke bagian hilir sungai (grafik 4.1). Pada *site 1* nilai konsentrasi *Escherichia Coli* menunjukkan masih berada pada rentang yang sangat rendah yaitu 10-20 CFU/mL pada bulan September hingga November. Kenaikan nilai konsentrasi terlihat pada *site 2* dengan konsentrasi mencapai 55-310 CFU/mL. Nilai konsentrasi terus mengalami kenaikan yang signifikan pada *site 3* hingga *site 5*, terutama pada bulan Oktober dan November. Pada *site 4*, nilai konsentrasi meningkat dari  $5,95 \times 10^2$  CFU/mL menjadi  $1,735 \times 10^3$  CFU/mL dan mencapai  $1,968 \times 10^3$  CFU/mL. Nilai tertinggi konsentrasi terjadi pada *site 5* pada bulan November yaitu sebesar  $2,335 \times 10^3$  CFU/mL.

Pola ini menggambarkan adanya gradien pencemaran mikrobiologis yang meningkat dari hulu ke hilir yang sering dijumpai di sungai perkotaan dengan kegiatan manusia yang tinggi. Kegiatan manusia di daerah sungai, limbah domestik, pembuangan tinja ke drainase serta limpasan dari pemukiman padat di sepanjang bantaran sungai merupakan hal yang menyebabkan peningkatan nilai konsentrasi tersebut (Lestari *et al.*, 2022).

Lestari *et al.* (2022) menyatakan bahwa nilai konsentrasi bakteri meningkat tajam pada bagian hilir sungai yang dilalui oleh pemukiman padat di Sungai Ciliwung. Hal ini menunjukkan pola yang sama dengan yang ditemukan di Sungai Code. Hal ini menegaskan bahwa tingginya konsentrasi bakteri ini berkaitan langsung dengan aktivitas manusia yang ada di sekitaran sungai dan pengelolaan sanitasi yang tidak memadai.

Baku mutu pada Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008 adalah 1000-10000 MPN/100 mL. Jika dibandingkan dengan peraturan tersebut, seluruh site dikategorikan dalam air Kelas III.



Gambar 4. 2 Konsentrasi Total Coliform Berdasarkan Lokasi

Grafik 4.2 menunjukkan tren yang sejalan dengan bakteri *Escherichia Coli*, yaitu meningkat dari hulu hingga ke hilir. *Site 1* menunjukkan nilai konsentrasi berada pada kisaran 80-300 CFU/mL dari bulan September hingga Desember. Nilai meningkat ketika di *site 2* menjadi 120-500 CFU/mL. Kenaikan yang sangat signifikan terjadi pada *site 3* dengan nilai konsentrasi mencapai 900- 950 CFU/mL pada bulan Oktober dan November. Puncak nilai konsentrasi terjadi di *site 4* dan *site 5* pada bulan Desember. Pada *site 4*, nilai konsentrasi pada bulan September 540 CFU/mL menjadi 1000 CFU/mL pada bulan Oktober. Pada bulan November mencapai 1500 CFU/mL. Pada *site 4* bulan Desember menunjukkan nilai yang lebih tinggi yaitu pada bulan September hingga Desember adalah 720-1600 CFU/mL. Pola ini kembali dengan menunjukkan bahwa segmen hilir menerima beban pencemaran yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan segmen hulu.

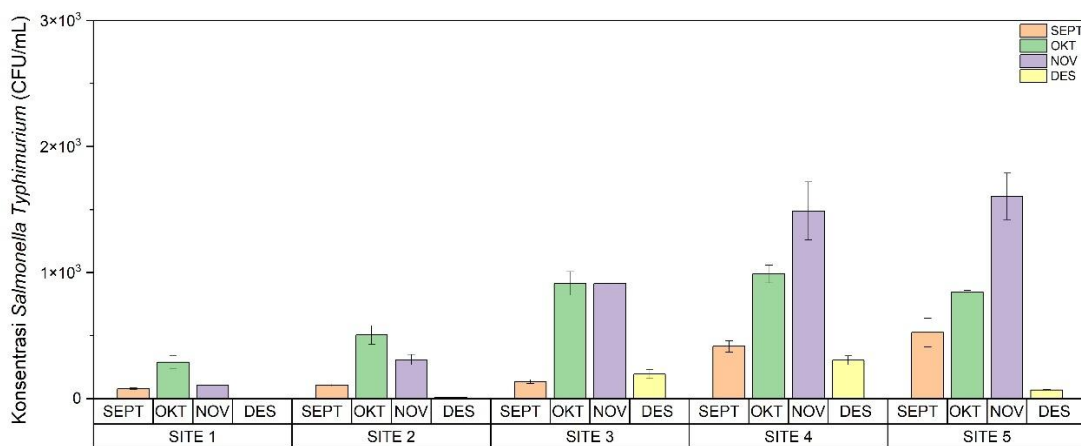
*Total Coliform* merupakan indikator pencemar mikrobiologis yang menggambarkan keberadaan suatu bakteri fekal dan potensi masuknya patogen ke badan air. Peningkatan konsentrasi *Total Coliform* biasanya berkaitan dengan tingginya buangan limbah domestik ke badan sungai (Widyaningsih *et al.*, 2016). Kondisi ini menunjukkan bahwa Sungai Code yang melewati kawasan pada pemukiman membuat parameter ini sangat sensitif terhadap perubahan kegiatan

manusia. Nilai tertinggi terjadi pada bulan Desember, hal ini menunjukkan bahwa hujan meningkatkan pencemaran melalui limpasn permukaan. Konidisi basah dapat mempercepat perpindahan kontaminan dari pemukiman ke badan air (Masachesi *et al.*, 2021).

Pada penelitian Zubaidah *et al.* (2022) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *Total Coliform* umumnya ditemukan di sungai yang melintasi daerah padat pendduk dan memiliki pengelolaan limbah domestik yang kurang memadai. Dalam penelitian ini juga nilai konsentrasi bakteri meningkat tajam di daerah padat penduduk. Hal ini serupa dengan kondisi Sungai Code.

#### 4.2.2 Konsentrasi Bakteri *Salmonella Typhimurium* dan *Shigella Sp.*

*Salmonella typhimurium* dan *Shigella, sp.* merupakan agen utama yang menyebabkan infeksi gastrointestinal terutama pada negara berkembang. Media yang digunakan dalam pengujian *Salmonella typhimurium* dan *Shigella, sp.* adalah media selektif *Salmonella Shigella Agar (SSA)* yang mempunyai kandungan pepton, laktosa, natrium-sitrat, natrium tiosulfat, besi (III) sitrat, *brilliant green*, *natural red* dan *bile salt*. Koloni yang akan terlihat pada media selektif SSA adalah warna hitam untuk *Salmonella typhimurium*. Sedangkan *Shigella, sp* akan terlihat berwarna bening.

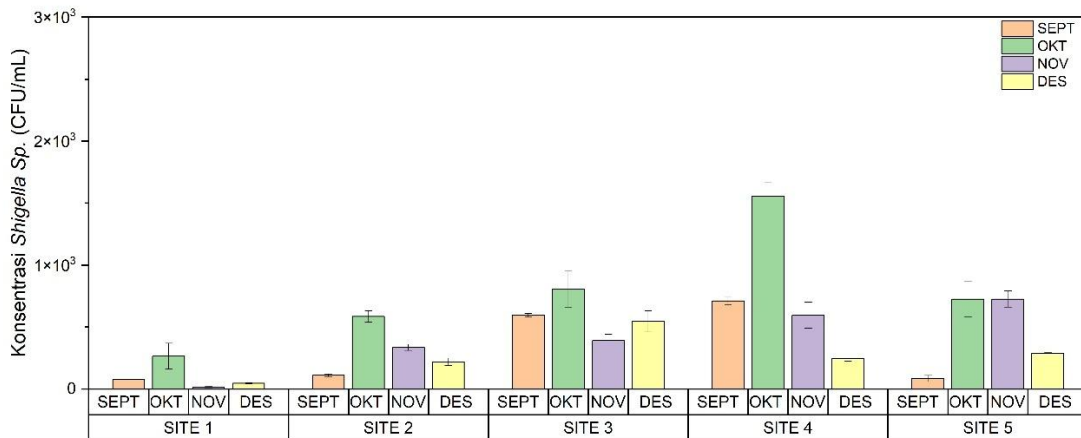


Gambar 4. 3 Konsentrasi *Salmonella Typhimurium* Berdasarkan Lokasi

Pada grafik 4.3, bakteri *Salmonella typhimurium* memiliki peningkatan yang konsisten pada nilai konsentrasi dari hulu hingga ke hilir. Pada bulan September hingga November di *site 1* nilai konsentrasi memiliki nilai yang terendah, yaitu 5-20 CFU/mL. Peningkatan nilai konsentrasi mulai terlihat pada *site 2*, yang mana konsentrasi mencapai 30-300 CFU/mL terutama pada bulan Oktober dan November. Nilai konsentrasi meningkat lebih tajam dari *site 3* hingga *site 4* dengan peningkatan yang signifikan pada bulan November. Konsentrasi tertinggi tercatat pada *site 5* pada bulan November yaitu sebesar 720 CFU/mL.

Pola ini menunjukkan adanya pencemaran bakteri patogen yang meningkat dari hulu ke hilir. Hal ini sejalan dengan kemungkinan bertambahnya aktivitas manusia, pemukiman padat di sepanjang aliran sungai. Segmen kedua pada aliran sungai ini merupakan penyebab utama tingginya nilai konsentrasi bakteri. Konsentrasi tertinggi terjadi pada bulan November bertepatan dengan puncak awal musim hujan. Pada periode ini, limpasan permukaan membawa kontaminan fekal dalam jumlah yang lebih ke badan sungai. Awal musim hujan juga menjadi penyebab terjadinya resuspensi sedimen tercemar yang selama musim kemarau mengendap di dasar sungai, sehingga bakteri patogen kembali terbawa (Huang *et al.*, 2022).

Penelitian Zubaidah *et al.*, (2022) menunjukkan peningkatan konsentrasi *salmonella* di sungai yang terhubung langsung dengan limbah dari rumah tangga. Dari penelitian tersebut *salmonella* sering ditemukan dengan area yang memiliki pengelolaan sanitasi yang kurang memadai. Hal tersebut ditemukan juga di Sungai Code konsentrasi bakteri ini dapat menyebabkan risiko penyakit demam tifoid yang tinggi.



Gambar 4. 4 Konsentrasi *Shigella Sp.* Berdasarkan Lokasi

Konsentrasi bakteri *Shigella sp.* pada Sungai Code juga menunjukkan pola peningkatan yang kuat dari hulu ke hilir. Pada *site 1*, nilai konsentrasi berada pada rentang 50–250 CFU/mL, dengan nilai terendah terjadi pada bulan November. Peningkatan tajam terlihat pada *site 2* dan *site 3*, di mana nilai konsentrasi berada pada kisaran 150–900 CFU/mL. Puncak konsentrasi *Shigella sp.* terjadi pada *site 4* pada bulan Oktober, mencapai sekitar  $1,560 \times 10^2$  CFU/mL, sebelum menurun sedikit pada bulan November. *Site 4* juga menunjukkan konsentrasi yang tinggi pada kisaran 750–900 CFU/mL.

Pola pada grafik 4.4 menggambarkan bahwa *Shigella sp.* sangat dipengaruhi oleh kegiatan antropogenik di sepanjang sungai. *Shigella* merupakan bakteri yang sangat berkaitan dengan kontaminasi fekal manusia, sehingga meningkatnya kepadatan pemukiman, kebiasaan MCK di tempat terbuka, serta saluran drainase rumah tangga yang bermuara langsung ke sungai secara langsung meningkatkan konsentrasinya. Wilayah permukiman padat memiliki risiko tinggi terhadap peningkatan bakteri enterik di aliran sungai.

Puncak konsentrasi bakteri yang terjadi pada Oktober menunjukkan adanya hubungan kuat dengan curah hujan awal musim yang belum terlalu deras, namun cukup untuk membawa limpasan permukaan dari area pemukiman dan pasar. Limpasan ini mengangkut tinja, sampah organik, dan sedimen yang mengandung bakteri *Shigella*, sehingga menyebabkan peningkatan signifikan pada bulan tersebut (Huang *et al.*, 2022). Pada bulan November dan Desember,

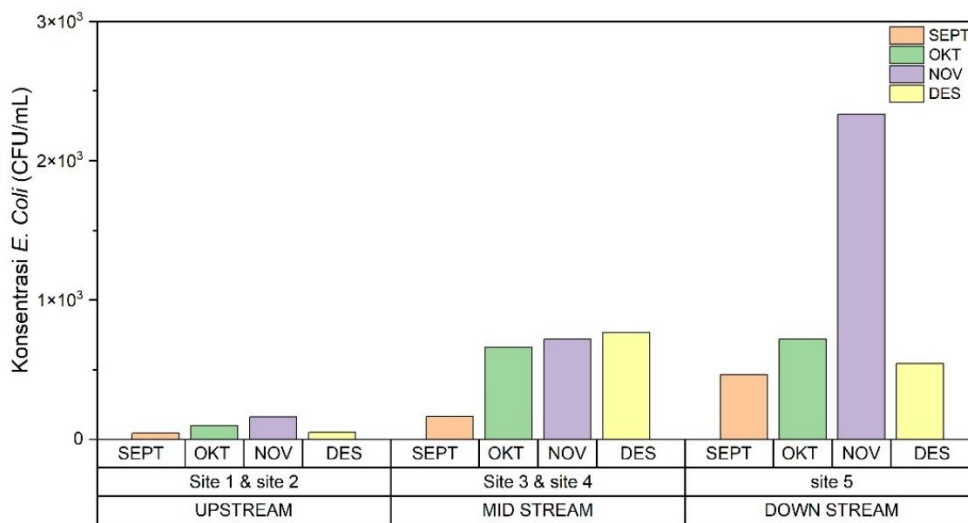
terjadi sedikit penurunan di beberapa site akibat debit sungai yang lebih besar, sehingga terjadi efek pengenceran meskipun total kontaminan masih tinggi.

Penelitian Huang *et al.* (2022) menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi *Shigella* di sungai yang terkontaminasi fekal bakteri juga dapat menyebabkan penyakit saluran pencernaan yang dapat menular, yaitu disentri. Konsentrasi *Shigella* yang tinggi di Sungai Code dapat menyebabkan timbulnya penyakit disentri, terutama bagi yang menggunakan air tersebut tanpa pengolahan lebih lanjut.

### 4.3 Pengaruh Musim Terhadap Kualitas Air Sungai Code

#### 4.3.1 Konsentrasi *Escherichia Coli*

Berikut adalah hasil pengujian bakteri *E. Coli* yang ada di sungai Code berdasarkan Waktu Sampling.



Gambar 4. 5 Konsentrasi *Escherichia Coli* Terhadap Musim

Gambar grafik 4.5 menunjukkan bahwa konsnetrasi bakteri pada musim hujan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan musim kemarau. Pada musim penghujan yaitu dari bulan Oktober hingga November menunjukkan nilai kisaran bakteri pada  $1,968 \times 10^3$  CFU/mL hingga  $2,335 \times 10^3$  CFU/mL. Konsentrasi terendah ditemukan pada bulan Septermber dan tertinggi pada bulan November.

Nilai konsentrasi tertinggi terjadi dibulan November yang bertepatan dengan puncak awal musim hujan. Pada periode ini, limpasan permukaan lebih banyak membawa material organik dan kontaminan fekal yang masuk ke badan sungai. Awal musim hujan di daerah tropis menyebabkan peningkatan yang signifikan bakteri indikator fekal akibat pergerakan ulang sedimen tercemar dan limpasan dari pemukiman (Badgley *et al.*, 2019).

Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008, Konsentrasi *E. Coli* diklasifikasikan dalam kelas II yang memiliki ambang batas 5000 MPN/100 mL. Baik pada musim kemarau ataupun hujan, sungai Code memiliki kondisi yang sudah tidak memenuhi baku mutu.

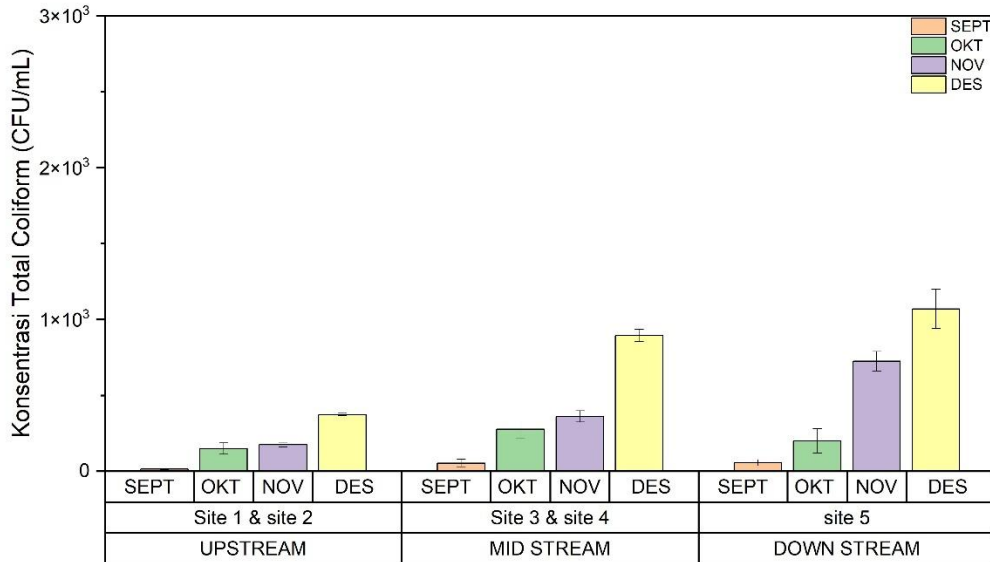
#### **4.3.2 Konsentrasi Total Coliform**

Pola distribusi pada bakteri ini menunjukkan bahwa tren peningkatan yang sangat signifikan seiring dengan perpindahan dari musim kemarau ke musim hujan. Berdasarkan grafik 4.6 Nilai tertinggi pada site 4 dan 5 pada bulan November yang mana konsentrasi bakteri melampaui 1500 CFU/mL. Hal ini menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi dapat memicu kenaikan nilai konsentrasi bakteri dari daratan. Menurut Putra *et al.* (2021)., peningkatan *Coliform* pada musim hujan di perkotaan disebabkan oleh fenomena *wash-out* dari permukaan tanah yang terkontaminasi limbah domestik.

Konsentrasi bakteri meningkat saat aliran air mencapai wilayah hilir. Pada musim kemarau, sebit air yang rendah menyebabkan bakteri mengendap di dasar sungai bersama sedimen. Saat musim hujan debit akan meningkat dan terjadi resuspensi yang kaya akan bahan organik. Karakteristik sungai Code yang melewati kawasan padat penduduk menyebabkan akumulasi polutan organik di bagian hilir menjadi jauh lebih besar dibandingkan dengan daerah hulu yang mana saat itu terjadi pengenceran oleh air hujan

Tingginya angka bakteri ini pada bulan November memberikan gambaran buruk mengenai sanitasi di sepanjang bantaran sungai. Meluapnya sistem drainase dan infiltrasi hujan ke dalam tangki septik warga yang tidak kedap dengan air merupakan faktor yang besar teradap kebocoran bakteri ke badan air. Hal ini sejalan dengan penelitian Wandrivel *etl al.* (2012) yang menunjukkan bahwa kualitas mikrobiologis air permukaan akan menurun drastis pada musim hujan

akibat pembuangan limbah cair domestik yang belum terkelola dengan baik di area urban,



Gambar 4. 6 Konsentrasi Total Coliform Terhadap Musim

#### 4.3.3 Konsentrasi *Salmonella Typhimurium*

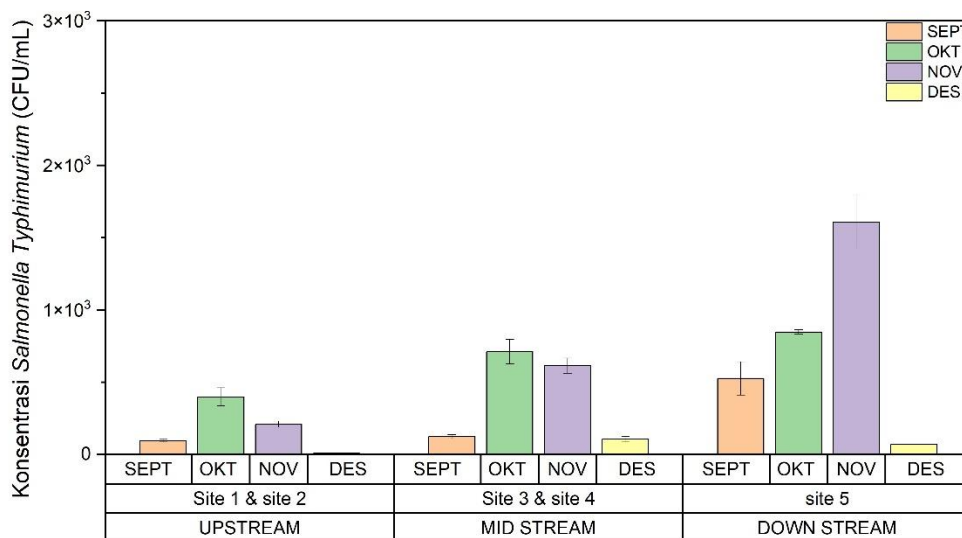
Keberadaan bakteri *Salmonella* di Sungai Code memperlihatkan pola fluktuasi yang berbeda dibandingkan indikator mikrobiologi lainnya, namun tetap menunjukkan keterkaitan yang kuat dengan perubahan musim. Pada periode kemarau (September), konsentrasi *Salmonella* di seluruh lokasi pengamatan berada pada tingkat yang sangat rendah. Namun, saat memasuki puncak musim hujan pada bulan November, terjadi peningkatan yang sangat tajam, terutama di Site 5, dengan nilai konsentrasi yang melampaui 700 CFU/mL. Lonjakan ini mengindikasikan bahwa *Salmonella* kemungkinan besar masuk ke badan sungai melalui limpasan air hujan yang membawa kontaminan dari sumber pencemar spesifik, seperti timbunan sampah pasar dan limbah peternakan skala rumah tangga. Penelitian Arisandi et al. (2020) menyatakan bahwa *Salmonella* mampu bertahan dengan baik di perairan yang mengandung bahan organik tinggi, khususnya selama musim hujan.

Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa Site 4 dan Site 5 merupakan lokasi dengan tingkat kerentanan tertinggi terhadap kontaminasi *Salmonella*.

Kondisi ini diduga berkaitan dengan tingginya intensitas aktivitas manusia di wilayah tersebut dibandingkan daerah hulu. Selama musim hujan, masuknya material organik ke dalam sungai meningkat secara signifikan dan menyediakan sumber nutrisi berupa karbon dan nitrogen yang mendukung keberlangsungan hidup bakteri patogen ini. Widiyanti dan Ristiati (2014) menyatakan bahwa konsentrasi *Salmonella* di perairan sangat dipengaruhi oleh masukan limbah organik dari aktivitas domestik, yang volumenya cenderung meningkat saat curah hujan tinggi.

Sebagai bakteri patogen yang tergolong *waterborne*, *Salmonella* memiliki peran penting sebagai indikator risiko kesehatan masyarakat di sepanjang aliran Sungai Code. Peningkatan konsentrasi yang signifikan pada bulan November berpotensi meningkatkan risiko penyakit infeksi saluran pencernaan, termasuk demam tifoid, terutama bagi masyarakat yang masih melakukan kontak langsung dengan air sungai. Fardiaz (2015) menjelaskan bahwa keberadaan bakteri patogen di perairan pada musim hujan sering berkaitan dengan tingginya beban kontaminasi permukaan serta terbatasnya proses degradasi alami mikroorganisme tersebut.

Perbedaan nilai konsentrasi yang mencolok antara bulan September dan November menunjukkan bahwa kemampuan pemulihan alami (*self-purification*) Sungai Code belum memadai untuk menahan lonjakan beban bakteri patogen pada musim hujan. Debit aliran yang meningkat memiliki peran dalam memperluas distribusi kontaminasi dari satu titik sumber ke wilayah hilir. Pracoyo (2016) menegaskan bahwa upaya pengendalian sumber pencemar di bagian hulu dan tengah sungai sangat penting, mengingat kondisi musim hujan berfungsi sebagai faktor penguat terhadap masuknya *Salmonella* ke dalam ekosistem sungai.



Gambar 4. 7 Konsentrasi *Salmonella Typhimurium* Terhadap Musim

#### 4.3.4 Konsentrasi *Shigella* Sp.

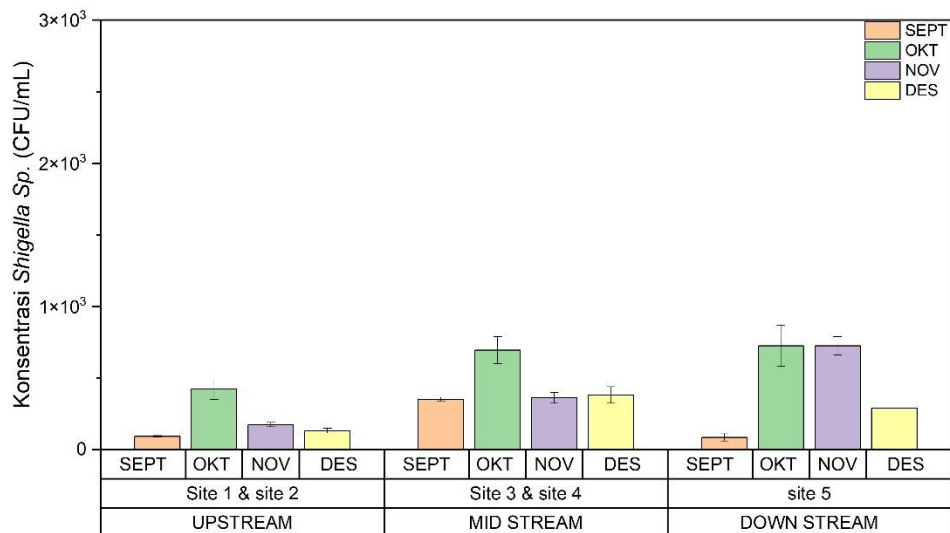
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dinamika bakteri *Shigella* sp. di Sungai Code memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan indikator mikrobiologi lainnya. Konsentrasi tertinggi *Shigella* justru tercatat pada bulan Oktober, khususnya di Site 4, dengan nilai mendekati 1500 CFU/mL, sementara pada bulan November terjadi kecenderungan penurunan. Fenomena ini mengindikasikan bahwa *Shigella* sangat dipengaruhi oleh fase awal musim hujan, di mana hujan pertama berperan dalam mengangkut akumulasi pencemar yang tertahan selama periode kemarau panjang. Lonjakan tajam tersebut merefleksikan terjadinya masukan pencemar secara tiba-tiba ke badan sungai, yang berasal dari sistem pembuangan domestik dan lingkungan permukiman. Kusuma et al. (2017) menjelaskan bahwa bakteri patogen enterik seperti *Shigella* sering muncul dalam jumlah tinggi pada masa peralihan musim akibat terganggunya endapan limbah yang sebelumnya terakumulasi.

Penurunan konsentrasi *Shigella* pada bulan November di beberapa titik pengamatan diduga berkaitan dengan meningkatnya volume air sungai yang menyebabkan terjadinya pengenceran alami. Meskipun demikian, nilai konsentrasi pada periode ini masih lebih tinggi dibandingkan kondisi musim

kemarau. Peningkatan debit aliran yang signifikan berpengaruh terhadap keberlanjutan koloni bakteri di perairan, baik melalui proses pencucian maupun perubahan kondisi fisik air. Suryani (2018) menyebutkan bahwa *Shigella* memiliki sensitivitas tinggi terhadap fluktuasi parameter lingkungan seperti pH dan suhu, yang sering mengalami perubahan tajam selama musim hujan di daerah tropis.

Pola distribusi *Shigella* yang dominan pada Site 3 dan Site 4 menunjukkan keterkaitan yang kuat dengan karakteristik penggunaan lahan di sekitar Sungai Code, yang didominasi oleh kawasan perkotaan padat. Sampah domestik dan limbah padat yang menumpuk di bantaran sungai selama musim kemarau akan terangkut oleh aliran air hujan pada awal musim penghujan. Proses ini menyebabkan pelepasan bakteri patogen ke aliran utama sungai dalam jumlah besar. Penelitian oleh Nurmala (2020) mengungkapkan bahwa tingginya kontaminasi *Shigella* di sungai perkotaan berkorelasi erat dengan kebiasaan pembuangan sampah tidak terkelola dan sistem drainase yang langsung bermuara ke sungai tanpa melalui mekanisme penyaringan alami.

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa fase awal musim hujan merupakan periode yang sangat rentan terhadap penurunan kualitas mikrobiologis air Sungai Code akibat keberadaan *Shigella*. Lonjakan konsentrasi bakteri pada bulan Oktober meningkatkan potensi terjadinya penyakit berbasis air, khususnya disentri, pada masyarakat di sekitar aliran sungai. Oleh karena itu, pola musiman ini perlu menjadi perhatian utama dalam strategi pengawasan kesehatan lingkungan. Utami et al. (2021) menekankan bahwa pemantauan kualitas air pada masa transisi musim sangat penting, karena beban patogen umumnya mencapai nilai maksimum sebelum mengalami pengenceran pada fase hujan yang lebih stabil.



Gambar 4. 8 Konsentrasi *Shigella Sp.* Terhadap Musim

#### 4.4 Analisis Parameter Fisik

Keberadaan bakteri fekal seperti *Escherichia coli* dan *Total Coliform* di sepanjang aliran Sungai Code sangat dipengaruhi oleh kondisi parameter fisik air yang menjadi media hidupnya. Berdasarkan hasil pengujian in-situ yang tercantum dalam dokumen, suhu air sungai berada pada kisaran 23,1°C hingga 29,8°C. Kondisi suhu ini dikategorikan sebagai lingkungan yang sangat ideal bagi pertumbuhan bakteri kelompok mesofilik, termasuk bakteri koli. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sayuti dkk. (2005) dan Hidayati dkk. (2006) yang menyatakan bahwa meskipun suhu optimum bagi pertumbuhan bakteri *Coliform* adalah 37°C, namun fluktuasi suhu pada rentang 15°C hingga 45°C tetap memberikan dukungan metabolisme yang aktif bagi bakteri tersebut untuk berkembang biak di perairan alami. Suhu yang relatif hangat di titik-titik hilir Sungai Code mempercepat laju pembelahan sel bakteri, yang menjelaskan mengapa terjadi lonjakan konsentrasi bakteri dari Site 1 menuju Site 6.

Selain faktor suhu, derajat keasaman (pH) di lokasi penelitian yang berkisar antara 6,29 hingga 6,9 juga memegang peranan krusial. Nilai pH yang mendekati netral ini merupakan rentang paling stabil untuk mencegah denaturasi protein dan kerusakan enzim pada sel bakteri. Sebagaimana dijelaskan dalam literatur oleh Kurniati (2020), perubahan pH yang terlalu ekstrem (terlalu asam atau terlalu

basa) dapat menghentikan aktivitas biologis mikroorganisme. Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang mengkaji analisis kualitas air sungai terhadap *Coliform*, rata-rata sungai yang memiliki kualitas biologis buruk memiliki pH ideal di kisaran 7,0. Dengan demikian, kondisi pH di Sungai Code saat ini sangat mendukung kelangsungan hidup bakteri fekal yang masuk dari limbah domestik maupun buangan industri di sekitar aliran sungai.

Parameter fisik lainnya yang signifikan adalah *Total Dissolved Solids* (TDS), yang dalam hasil pengujian menunjukkan kenaikan dari 88,6 ppm di hulu hingga mencapai 164,8 ppm di hilir. Peningkatan nilai TDS ini sering kali dikorelasikan dengan peningkatan beban pencemaran organik. Menurut Effendi (2003), tingginya konsentrasi zat terlarut dapat disebabkan oleh aktivitas penduduk dan limpasan tanah yang membawa nutrisi bagi bakteri. TDS yang tinggi mengindikasikan banyaknya sedimen terlarut yang dapat melindungi bakteri dari radiasi sinar ultraviolet (UV) matahari yang secara alami dapat mematikan kuman. Fenomena ini menjelaskan mengapa meskipun air mengalir, konsentrasi bakteri tidak berkurang secara alami, melainkan meningkat karena terlindungi oleh partikel terlarut dan didukung oleh ketersediaan oksigen terlarut (DO) yang cukup tinggi di sepanjang aliran sungai.

Tabel 4. 2 Parameter Fisik

Parameter	Site				
	1	2	3	4	5
pH	6.5±0.167	6.6±0.17	6.6±0.152	6.7±0.166	6.8±0.162
EC	187.8± 3.7	215.6±13.8	293±12.5	317.8±19.3	330.2±9.3
ORP	28.2±7.9	-0.2±13.2	27.8±10.6	19.8±7.1	37.8±6.0
TDS	93.9±1.9	123.6±16.7	144.8±5.6	154±9.7	164.8±8.4
Suhu	24.9±0.5	28.2±0.4	29.2±0.4	29.4±0.5	29.2±0.4
DO	11.9±0.6	11.4±0.2	9.9±0.3	8.8±0.5	9.4±0.5

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan data yang telah didapatkan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan parameter mikrobiologi yang diuji, didapatkan hasil bahwa kualitas air Sungai Code telah mengalami pencemaran mikrobiologi yang sangat tinggi pada seluruh *site*. Konsentrasi *Escherichia coli*, *Total Coliform*, *Salmonella typhimurium*, dan *Shigella sp.* secara konsisten meningkat dari hulu menuju hilir. Seluruh parameter mikrobiologi menunjukkan bahwa air Sungai Code dikategorikan dalam air kelas III berdasarkan Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008.
2. Berdasarkan analisis tren spasial dan temporal, dapat disimpulkan bahwa pencemaran mikrobiologis di Sungai Code bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh kombinasi faktor lokasi dan waktu. Tren peningkatan konsentrasi bakteri dari hulu ke hilir serta lonjakan nilai pada periode awal musim hujan menunjukkan bahwa Sungai Code memiliki kerentanan tinggi terhadap pencemaran mikrobiologis.

#### **5.2 Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dijadikan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan analisis data menggunakan uji statistik guna memperkuat interpretasi hasil. Uji statistik seperti ANOVA atau *Kruskal–Wallis* dapat digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan kualitas mikrobiologis antar lokasi (analisis spasial), sedangkan *uji t* atau *Mann–Whitney* dapat diterapkan untuk membandingkan perbedaan kualitas air dalam aspek temporal.
2. Frekuensi sampling pada penelitian selanjutnya dapat diperbanyak sehingga mampu menangkap fluktuasi harian dan musiman secara lebih akurat. Transisi antar musim akan memberikan pola kontaminasi bakteri yang lebih representatif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alcama, I. E. 2001. *Fundamentals of Microbiology*. Jones and Bartlett: Boston.
- AlMahasneh, L., Rahbeh, M., Naoum, S., Salameh, E., & Abuhamoor, D. (2025). *Spatial and temporal variations in water quality trends concerning land use dynamics and environmental management*. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 11(4), 1613–1632
- Akhnah, A. M., Widyastuti, D. A., & Rachmawati, R. C. (2021). *Identifikasi Genera Bakteri Coliform pada Air Sungai Desa Datar Kabupaten Jepara*. *Jurnal Pendidikan dan Biologi* 14(2), pp124-131.
- Agustina, N., Nugraheni, I. A., & Naim, A. (2024). *Analisis Kualitas Mikrobiologis Air Sungai melalui Deteksi Total Coliform dan Escherichia coli menggunakan Metode Most Probable Number (MPN)*. *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*. 2
- Anisafitri, J., Khairuddin, K. dan Rasmi, D.A.C. (2020a). *Analisis Total Bakteri Coliform Sebagai Indikator Pencemaran Air Pada Sungai Unus Lombok*. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(3), pp. 266–272.
- Arisandi, D., Widianarko, B., & Yudo, S. (2020). *Survival of Salmonella in aquatic environments with high organic matter*. *Journal of Water and Health*, 18(4), 512–520.
- Aqielatunnisa, Afiefah. 2015. *Analisis Bakteri Coliform (Fekal dan Non Fekal) Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sungai Gajah Wong, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta : Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

- Byamukama, Dennis, Frank Kansime, Robert L. Mach, Andreas H. Farnleitner. 2000. *Determination of Escherichia coli with Chromocult Coliform Agar Showed a High Level of Discrimination Efficiency for Differing Fecal Pollution Levels in Tropical Waters of Kampala, Uganda*. Journal of Applied and Environmental Microbiology. Vol. 66. No. 2. Hal. 864-868.
- Hadi, M. P., Fadlillah, L. N., Widasmara, M. Y., Muziasari, W. I., & Subaryono. (2018). *Potensi sumber bakteri resisten antibiotik berdasarkan kondisi kualitas air dan penggunaan lahan di Sungai Code, Yogyakarta: Suatu tinjauan metodologis*. Jurnal Penelitian Lingkungan dan Bencana (JPLB), 21, 88–100.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Eneji, A., Onuche, A., & Sha’Ato, R. (2012). *Spatial and temporal variation in water quality of River Benue, Nigeria*. Journal of Environmental Protection, 3(8A), 915–921.
- Fardiaz, Srikandi. 1993. *Analisis Mikrobiologi Pangan*. PT. Raja Grafindo Persada: Jakarta Utara
- Hadi, W., & Santoso, A. B. (2022). Analisis Kualitas Air Sungai Code Akibat Limpasan Domestik dan Industri: Pendekatan Spasial dan Temporal. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 13(1), 45-58
- Haramoto, E. et al. (2012). *Occurrence of Viruses and Protozoa in Drinking Water Sources of Japan and Their Relationship to Indicator Microorganisms*. Food and Environmental Virology, 4(3), pp. 93–101

- Hidayati, Y.A.; Harlia, E. dan Suryanto, D., (2006). *Deteksi Jumlah Total Bakteri dan Coliform pada Kompos Kotoran Domba Sebagai Indikator Sanitasi Lingkungan, Fakultas Peternakan, Lokakarya Nasional Keamanan Pangan Produk Peternakan*, Universitas Padjadjaran, Bandung
- Huang, J., et al. (2022). *Seasonal variation of fecal bacteria in tropical urban rivers*. *Water*, 14(6), 617.
- Hamidi D. et al. (2021) *Analisis Status Mutu Air Sungai Code Menggunakan Metode STORET*. Skripsi. Teknik Lingkungan.
- Husna, H. et al. (2019). *Identifikasi Salmonella, Shigella dan E.coli pada Sie Balu Bahan Pangan Olahan Asal Daging*. *Processing Food of Meat*.
- Imoliana, W. T., & Kristianto, S. (2025). *Analisis Cemaran Escherichia coli terhadap Kesehatan Masyarakat di Kecamatan Jayapura Selatan*. *Jurnal BIOSHELL*, 14(1), 119–131.
- Islam, M. A., et al. (2022). *Fecal contamination from septic tanks in urban watersheds*. *Water*, 14(9), 1356.
- Iswadi, I. (2018). *Fage Litik Spesifik Escherichia coli pada Limbah Cair Pasar Tradisional di Kota Banda Aceh*. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 4(2), p. 95.
- Kimbrough, D.E. et al. (2006). *The effect of electrolysis and oxidation-reduction potential on microbial survival, growth, and disinfection*. *International Journal of Environment and Pollution*, 27(1–3), pp. 211–221.
- Kirana, K.H. et al. (2019). *Identifikasi Kualitas Air Sungai Citrarum Hulu Melalui Analisa Parameter Hidrologi dan Kandungan Logam Berat (Studi Kasus: Sungai Citarum Sektor 7)*. *Wahana Fisika*, 4(2), pp. 120–128.

- Kotloff, K. L., et al. (2018). *Global burden of Shigella infections: Implications for vaccine development. The Lancet Infectious Diseases*, 18(11), 1225–1235.
- Kurniati, E et al. (2020). *Analisis Pengaruh pH dan Suhu pada Desinfeksi Air Menggunakan Microbubble dan Karbondioksida Bertekanan. Journal of Natural Resources and Enviromental Management*, 10(2);247-256
- Kusuma, Z., Prijono, S., & Kurniawan, A. (2017). Seasonal variation of pathogenic bacteria in tropical rivers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 70, 012019.
- Lestari, A., Amalia, R. H. T., Sunarti N. R., Amelia dan Fatiqin, A. (2022). *Analisis Total Coliform Pada Perairan Sungai Di Kabupaten Musi Rawas Utara Sumatera Selatan. Journal of Biotropical Research and Nature Technology*. 1(1).
- Lupiyanto, R. and Wijaya, D. (2010). *Pengelolaan Kawasan Sungai Code Berbasis Masyarakat. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 2(1), pp. 7–20.
- Marlina, N., Hudori, dan Hafidh, R. (2017). *Pengaruh Kekasaran Saluran dan Suhu Air Sungai Pada Parameter Kualitas Air COD, TSS di Sungai Winongo Menggunakan Software QUAL2Kw. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*.
- Mendes, B. A. R., Suarna, I. W., & Wijana, I. M. S. (2024). *Studi kualitas air, status mutu air dan beban pencemaran Sungai Badung. JWIKAL - Jurnal Wilayah, Kota, dan Lingkungan Berkelanjutan*, 2(3), 117–132.
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta (2008), Penetapan Air Sungai Di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

- Putra, A. R. S. D., & Purwanto, P. (2021). Impact of Seasonal Variation on Microbial Water Quality in Urban Rivers: A Case Study in Yogyakarta. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*, 5(3), 102-110.
- Said, N. I., & Marsidi, R. (2017). *Mikroorganisme patogen dan parasit di dalam air limbah domestik serta alternatif teknologi pengolahan*. *Jurnal Air Indonesia*, 1(1), 65–81.
- Saraswati, S. P., dkk. (2019). Karakteristik Kualitas Air Sungai Berdasarkan Parameter Mikrobiologi pada Musim Hujan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(1), 23-34.
- Sayuti, I.; Wulandari, S. & Fatimah, S., (2005). *Bakteri Enterik dalam Minuman Jamu Gendong di Kota Pekanbaru*, PMIPA, FKIP, Universitas Riau, Pekanbaru, Biogen. 2(1), 16-19.
- Setyowati, P. (2021). *Gambaran Pengelolaan Sanitasi Lingkungan Di Sungai Code Yogyakarta*. *UNM Environmental Journals*, 4, pp. 87–94.
- Setiayawan, A.S. et al. (2014) ‘*Characteristics of Fecal Indicators in Channels of Johkasou Systems*’, *Journal of Water and Environment Technology*, 12(6),
- Sutiknowati, Lies Indah. 2016. *Bioindikator Pencemar, Bakteri Escherichia coli*. *Oseana*. Vol. 41. No. 4. Hal 63-71.
- Song, J. et al. (2011). *Effects of pH and ORP on microbial ecology and kinetics for hydrogen production in continuously dark fermentation*. *Bioresource Technology*, 102(23), pp. 10875–10880.

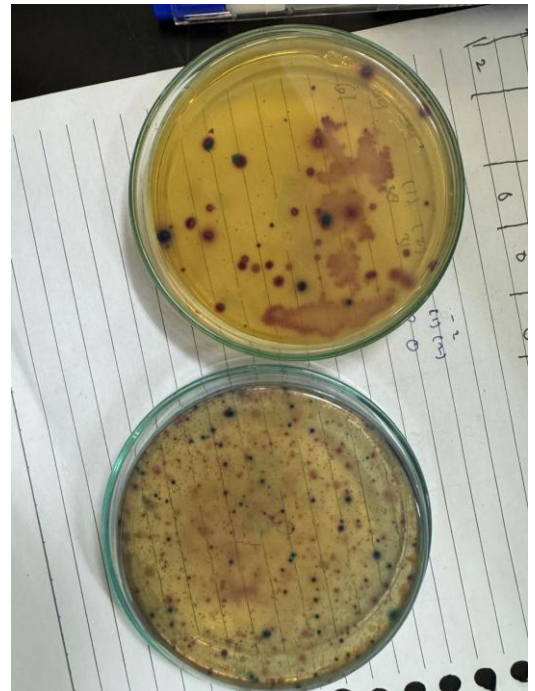
- Suryani, A. S. (2018). Pemanfaatan Air Sungai Code oleh Masyarakat dan Kaitannya dengan Kualitas Bakteriologis. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(4), 382-391.
- Suryaningsih, N., & Wijayanti, Y. (2020). *Higiene sanitasi kantin dan tingkat kepadatan lalat dengan keberadaan Escherichia coli pada jajanan di kantin sekolah dasar di Kecamatan Gunungpati*. HIGEIA Journal of Public Health Research and Development, 4(Special 2), 426–436.
- Wandrivel, R., Suharti, N., & Lestari, Y. (2012). Kualitas Air Minum yang Diproduksi Depot Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Pauh Kota Padang Berdasarkan Pemeriksaan Coliform. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 1(3), 129-133.
- Widyadhana Anwar, Y. (2025). *Pengaruh pencemaran air sungai terhadap kesehatan lingkungan dan masyarakat: Literature review*. Jurnal Kesehatan Tambusai, 6(2), 5061–5073.
- Widyaningsih, W., Supriharyono, S. and Widyorini, N. (2016). *Analisis Total Bakteri Coliform Di Perairan Muara Kali Wisu Jepara*. Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES), 5(3), pp. 157–164.
- Winfield, M. D., & Groisman, E. A. (2003). Role of nonhost environments in the lifestyles of *Salmonella*. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(7), 3687–3694.
- Zubaidah, T., Hamzani, S., & Arifin, A. (2022). *Kualitas Air Sungai Dikaji dari Total Coli*. Buletin Profesi Insinyur, 5(2).
- Zhang, X., Zhi, X., Chen, L., & Shen, Z. (2020). *Spatiotemporal variability and key influencing factors of river fecal coliform within a typical complex watershed*. *Water research*, 178, 115835.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Dokumentasi Sampling Air Sungai



Lampiran 2 Dokumentasi Hasil Inkubasi Bakteri



Lampiran 3 Tabel Hasil Total Plate Count

<b>E COLI</b>									
SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>		
	1	2	1	2	1	2	1	2	
1	82	73	9	9	6	5	1	2	
2	85	90	10	27	2	1			
4	288	203	81	83	18	16	5	3	
5	25	26	52	67	22	86	16	17	
6	114	120	31	22	3	3	5	4	

<b>TOTAL COLIFORM</b>									
SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>		
	1	2	1	2	1	2	1	2	
1	89	67	38	31					
2	61	71	0	0					
4	88	35	67	39	59	56	14	16	
5	60	57	46	37	40	30	11	16	
6	105	100	81	50	1	3	6	10	

<b>SALMONELLA</b>									
-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	4	2	1				
2	3	8	3	2				
4	45	17	13	6	2			
5	56	69	10	18	1	1		
6	36	76	2	2				

### SHIGELLA

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	76	52	48	20				
2	84	68	1	1				
4	140	152	9	3				
5	40	80	17	18	2	4		
6	112	48	11	6				

### E COLI

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	13	8	2					
2	98	57	11	10				
4	296	200	169	204				
5	194	244	144	97	24	37	18	10
6	96	138	54	39	13	4	1	

### TOTAL COLIFORM

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	74	88	5	14				
2	97	119	74	90	66	63	37	37
4	152	122	62	105	15	18		
5	34	92	48	45	63	53	23	13
6	60	72	64	41	26	7	2	1

**SALMONELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	3	1						
2	34	11	2	18				
4	127	37	34	25	1			
5	56	52	15	12	2	1		
6	28	20	6	3	1	1	1	

**SHIGELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	73	76						
2	60	100	12	10	10	16	2	3
3	224	342	61	58	2	3		
5	188	217	68	74	6	9	4	5
6	75	83	23	16	2	2		

**E COLI**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	5	5	1		1			1
2	53	67	15	21	3	2	2	2
4	161	151	127	172	65	37	3	2
5	356	272	211	293	101	85	13	6
6	152	123	190	145	38	32	4	5

**TOTAL COLIFORM**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	25	47	3	2	1	4		
2	74	51	58	43	17	22	2	4
4	89	109	126	145	92	84	18	25
5	128	184	106	92	93	96	47	38
6	105	64	83	86	38	63	9	10

**SALMONELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	5	4	1	2	2			
2	10	16	6	2				
4	68	51	29	24	4			
5	31	42	21	13	2	5	3	
6	33	32	9	11	3		2	

**SHIGELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	49	61	16	37	9	4	1	2
2	80	53	67	95	28	23	13	8
3	204	224	95	66	54	49	15	12
5	164	104	66	87	71	56	25	26
6	116	84	87	58	45	53	7	6

**E COLI**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	2	1	3				
2	78	67	112	81	12	20	2	2
4	173	146	131	97	92	105	10	16
5	321	229	182	165	117	137	33	39
6	98	103	68	76	45	54	6	10

**TOTAL COLIFORM**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	72	47	34	24	5			
2	140	116	55	58	49	43	22	36
4	120	92	101	82	83	78	23	33
5	132	160	121	106	77	96	20	8
6	107	74	79	84	0	57	40	36

**SALMONELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	1						
2	42	36	22	37				
4	92	61	30	22	8			
5	198	177	120	169	38	31	27	
6	68	77	28	12	7	2	1	

**SHIGELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	3	5						
2	80	73	54	63	35	46	2	5
4	202	212	106	92	44	65		
5	248	216	144	167	128	152	10	5
6	116	96	12	15	11	12	3	2

**E COLI**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	3	6	1	1				
2	170	141	27	35	5	3	1	
4	348	336	113	112	23	14	4	6
5	396	368	164	232	39	40	1	3
6	276	296	221	246	39	41	2	

**TOTAL  
COLIFORM**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	108	104	24	22	1	2		
2	116	96	58	88	43	32	4	7
4	248	208	98	85	55	59	12	13
5	256	292	172	126	88	65	6	12

6	280	272	142	179	60	67	6	8
---	-----	-----	-----	-----	----	----	---	---

### SALMONELLA

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	4	6	1					
2	31	43	1	2	1			
4	73	76	16	21	7			
5	63	89	29	30	2	3	1	5
6	113	133	30	38	2			

### SHIGELLA

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	9	13	1	2	2	1		
2	50	62	31	36	10	22	1	
4	131	123	44	34	33	25	6	1
5	184	164	49	70	29	30	2	6
6	248	216	79	66	30	44	1	2

#### Lampiran 4 Perhitungan *Total Plate Count*

Contoh perhitungan *Total Plate Count* (CFU/mL)

Perhitungan pada bakteri *E.Coli* pada pengujian 5 di *site* 3 dengan pengenceran 10<sup>-1</sup> :

$$N = \frac{n \times fp}{\text{Volume Sampel (mL)}}$$

$$= \frac{113 \times 10^1}{1 \text{ mL}}$$

$$= 1130 \text{ CFU/mL}$$

Lampiran 5 Tabel Hasil Perhitungan Total Plate Count

**E COLI**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	82	73	90	90	600	500	1000	2000
2	85	90	100	270	200	100	0	0
4	288	203	810	830	1800	1600	5000	3000
5	25	26	520	670	2200	8600	16000	17000
6	114	120	310	220	300	300	5000	4000

**TOTAL COLIFORM**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	89	67	380	310	0	0	0	0
2	61	71	0	0	0	0	0	0
4	88	35	670	390	5900	5600	14000	16000
5	60	57	460	370	4000	3000	11000	16000
6	105	100	810	500	100	300	6000	10000

**SALMONELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	4	20	10	0	0	0	0
2	3	8	30	20	0	0	0	0
4	45	17	130	60	200	0	0	0
5	56	69	100	180	100	100	0	0
6	36	76	20	20	0	0	0	0

**SHIGELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	76	52	480	200	0	0	0	0
2	84	68	10	10	0	0	0	0
4	140	152	90	30	0	0	0	0
5	40	80	170	180	200	400	0	0

6	112	48	110	60	0	0	0	0
---	-----	----	-----	----	---	---	---	---

### E COLI

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	13	8	20	0	0	0	0	0
2	98	57	110	100	0	0	0	0
4	296	200	1690	2040	0	0	0	0
5	194	244	1440	970	2400	3700	18000	10000
6	96	138	540	390	1300	400	1000	0

### TOTAL COLIFORM

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	74	88	50	140	0	0	0	0
2	97	119	740	900	6600	6300	37000	37000
4	152	122	620	1050	1500	1800	0	0
5	34	92	480	450	6300	5300	23000	13000
6	60	72	640	410	2600	700	2000	1000

### SALMONELLA

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	3	1	0	0	0	0	0	0
2	34	11	20	180	0	0	0	0
4	127	37	340	250	100	0	0	0
5	56	52	150	120	200	100	0	0
6	28	20	60	30	100	100	1000	0

### SHIGELLA

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	73	76	0	0	0	0	0	0
2	60	100	120	100	1000	1600	2000	3000
4	224	342	610	580	200	300	0	0
5	188	217	680	740	600	900	4000	5000
6	75	83	230	160	200	200	0	0

**E COLI**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	5	5	10	0	100	0	0	1000
2	53	67	150	210	300	200	2000	2000
4	161	151	1270	1720	6500	3700	3000	2000
5	356	272	2110	2930	10100	8500	13000	6000
6	152	123	1900	1450	3800	3200	4000	5000

**TOTAL COLIFORM**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	25	47	30	20	100	400	0	0
2	74	51	580	430	1700	2200	2000	4000
4	89	109	1260	1450	9200	8400	18000	25000
5	128	184	1060	920	9300	9600	47000	38000
6	105	64	830	860	3800	6300	9000	10000

**SALMONELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	5	4	10	20	200	0	0	0
2	10	16	60	20	0	0	0	0
4	68	51	290	240	400	0	0	0
5	31	42	210	130	200	500	3000	0
6	33	32	90	110	300	0	2000	0

**SHIGELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	49	61	160	370	900	400	1000	2000
2	80	53	670	950	2800	2300	13000	8000
4	204	224	950	660	5400	4900	15000	12000
5	164	104	660	870	7100	5600	25000	26000
6	116	84	870	580	4500	5300	7000	6000

**E COLI**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	2	10	30	0	0	0	0
2	78	67	1120	810	1200	2000	2000	2000
4	173	146	1310	970	9200	10500	10000	16000
5	321	229	1820	1650	11700	13700	33000	39000
6	98	103	680	760	4500	5400	6000	10000

**TOTAL COLIFORM**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	72	47	340	240	500	0	0	0
2	140	116	550	580	4900	4300	2000	2000
4	120	92	1010	820	8300	7800	10000	16000
5	132	160	1210	1060	7700	9600	33000	39000
6	107	74	790	840	0	5700	6000	10000

**SALMONELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	1	0	0	0	0	0	0
2	42	36	220	370	0	0	0	0
4	92	61	300	220	800	0	0	0
5	198	177	1200	1690	3800	3100	27000	0
6	68	77	280	120	700	200	1000	0

**SHIGELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	3	5	0	0	0	0	0	0
2	80	73	540	630	3500	4600	2000	5000
4	202	212	1060	920	4400	6500	0	0
5	248	216	1440	1670	12800	15200	10000	5000
6	116	96	120	150	1100	1200	3000	2000

**E COLI**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	3	6	10	10	0	0	0	0
2	170	141	270	350	500	300	1000	0
4	348	336	1130	1120	2300	1400	4000	6000
5	396	368	1640	2320	3900	4000	1000	3000
6	276	296	2210	2460	3900	4100	2000	0

**TOTAL COLIFORM**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	108	104	240	220	100	200	0	0
2	116	96	580	880	4300	3200	4000	7000
4	248	208	980	850	5500	5900	12000	13000
5	256	292	1720	1260	8800	6500	6000	12000
6	280	272	1420	1790	6000	6700	6000	8000

**SALMONELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	4	6	10	20	200	100	0	0
2	31	43	310	360	1000	2200	1000	0
4	73	76	440	340	3300	2500	6000	1000
5	63	89	490	700	2900	3000	2000	6000
6	113	133	790	660	3000	4400	1000	2000

**SHIGELLA**

SITE	0		10 <sup>-1</sup>		10 <sup>-2</sup>		10 <sup>-3</sup>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	9	13	10	20	200	100	0	0
2	50	62	310	360	1000	2200	1000	0
4	131	123	440	340	3300	2500	6000	1000
5	184	164	490	700	2900	3000	2000	6000
6	248	216	790	660	3000	4400	1000	2000

Lampiran 6 Tabel Hasil Pengujian Parameter Fisik-Kimia

SITE	PARAMETER					
	pH	EC ( $\mu$ S)	ORP (mV)	TDS (ppm)	SUHU ( $^{\circ}$ C)	DO (mg/L)
1	6.29	177.2	27	88.6	23.1	11.1
2	6.48	242	48	121	28.2	11.4
4	6.5	310	56	153	29.8	8.9
5	6.9	376	28	182	28.4	7.3
6	7.08	354	52	190	30.3	8.2

SITE	PARAMETER					
	pH	EC ( $\mu$ S)	ORP (mV)	TDS (ppm)	SUHU ( $^{\circ}$ C)	DO (mg/L)
1	6.55	198.5	20	99.3	26.2	13.8
2	6.18	236	2	117	29.6	11.6
4	6.36	318	25	155	30.3	10.1
5	6.5	337	13	166	31	8.9
6	6.39	343	30	170	29.8	8.8

SITE	PARAMETER					
	pH	EC ( $\mu$ S)	ORP (mV)	TDS (ppm)	SUHU ( $^{\circ}$ C)	DO (mg/L)
1	7.01	190	7	95.2	25.5	12.4
2	6.42	236	-18	187	28.4	11.2
4	6.7	307	23	151	29.2	10.8
5	6.66	323	12	156	30.3	10.3
6	6.8	334	27	167	29.3	11.2

SITE	PARAMETER					
	pH	EC ( $\mu$ S)	ORP (mV)	TDS (ppm)	SUHU ( $^{\circ}$ C)	DO (mg/L)
1	6	182.5	55	91	24.6	12.3
2	6.58	178	-4	92	27.6	11.9
4	6.23	280	42	140	28.1	9.8
5	6.12	287	43	139	28.3	8.5
6	6.37	301	53	138	27.9	8.9

SITE	PARAMETER					
	pH	EC ( $\mu$ S)	ORP (mV)	TDS (ppm)	SUHU ( $^{\circ}$ C)	DO (mg/L)
1	6.53	191	32	95.4	25.2	10.1
2	7.2	186	-29	101	27.2	11
4	7.1	250	-7	125	28.8	9.9
5	7.08	266	3	127	29	9
6	7.12	319	27	159	28.6	10

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir pada 12 Oktober 2002 di Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Khairunnizan dan Ibu Yulia Riana Sari. Penulis menempuh pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Banjarmasin pada tahun 2015 hingga 2018. Kemudian penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Banjarmasin dan lulus pada tahun 2021. Penulis melanjutkan studinya ke Perguruan Tinggi mengambil Program Studi Teknik Lingkungan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Selama duduk di bangku perkuliahan, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan non-akademik. Penulis pernah aktif sebagai panitia malam keakraban Lintas Lingkungan pada tahun 2022 sebagai Staff Divisi Perlengkapan. Pada tahun 2023 hingga 2024 penulis aktif juga dalam Organisasi Kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan sebagai Staff Departement Kewirausahaan. Penulis telah melaksanakan Kerja Praktik sebagai syarat akademik pada bulan April 2024 di PT. Air Minum Bandarmasih dengan judul Analisis Pengolahan Air Bersih di PT. Air Minum Bandarmasih.