



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Analisis Keberadaan Parameter Bakteriologis pada PAMSIMAS Banyu Panguripan

Luthfa Khoiriniswah

21513023

Dosen Pembimbing I:

Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T., IPM

Dosen Pembimbing II:

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

2025



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Analysis of the Presence of Bacteriological Parameters in PAMSIMAS Banyu Panguripan.

Luthfa Khoiriniswah

21513023

Supervisor I:

Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T., IPM

Supervisor II:

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2025

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

**Analisis Keberadaan Parameter Bakteriologis pada PAMSIMAS Banyu
Panguripan**

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.

Luthfa Khoiriniswah
21513023

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 16 Mei 2025 dan disetujui oleh:

Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T., IPM.

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T.

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana

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



(*[Signature]*) 20/5/2025
(*[Signature]*) 21/5/2025
(*[Signature]*)

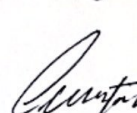
PERNYATAAN

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, 28 April 2025

Yang membuat pernyataan,




Luthfa Khoiriniswah
21513023

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirobbil' alamin puji dan syukur selalu dipanjatkan kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala* karena berkat rahmat, nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Keberadaan Parameter Bakteriologis pada PAMSIMAS Banyu Panguripan”. Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan berbagai tantangan yang akhirnya dapat diatasi berkat adanya kontribusi dalam membantu, membimbing dan memberikan dukungan kepada penulis, baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan adik tersayang yang selalu mengirimkan do'a, dukungan dan kepercayaan penuh kepada penulis sejak awal hingga akhir dalam menempuh pendidikan S1 ini.
2. Bapak Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan arahan, saran, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
4. Ibu Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan review, kritik, dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir.
5. Seluruh dosen, staff, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis selama masa perkuliahan.

6. Seluruh staff laboran terutama Mba Rina yang telah mebantu dan mengarahkan penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman terdekat penulis yang selalu kebersamai dan mendukung selama masa perkuliahan ini dan teman-teman Program Studi Teknik Lingkungan Angkatan 2021.

Demikian prakata yang dapat penulis sampaikan, penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan ilmu pengetahuan dari penulis yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir ini. Penulis menerima segala kritik dan saran yang dapat membangun untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir dan kemajuan yang lebih baik terhadap penulis. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca.

Billahi Taufiq wal hidayah,

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Sleman, 28 April 2025

Luthfa Khoiriniswah

Analisis Keberadaan Parameter Bakteriologis pada PAMSIMAS Banyu Panguripan

Mahasiswa : Luthfa Khoiriniswah
NIM : 21513023
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing : Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T., IPM.
Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Abstrak

PAMSIMAS merupakan salah satu program pemerintah untuk meningkatkan penyediaan air minum dalam bentuk jaringan perpipaan dan sanitasi masyarakat dengan memperhatikan kualitas air yang digunakan sesuai dengan standar baku mutu. PAMSIMAS Banyu Panguripan, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman merupakan salah satu dari 2 PAMSIMAS di Yogyakarta yang sudah menerapkan penggunaan desinfeksi berupa sinar ultraviolet untuk menghilangkan mikroorganisme pada sumber air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan sinar ultraviolet terhadap keberadaan *Total Coliform* dan *Cryptosporidium* pada sumber air di PAMSIMAS Banyu Panguripan. Pengujian dilakukan menggunakan metode pewarnaan *Ziehl Neelsen* untuk mengidentifikasi keberadaan *Cryptosporidium* yang diamati menggunakan mikroskop dan metode *Most Probable Number* (MPN) yang dapat mengidentifikasi keberadaan *Total Coliform* dengan 2 tahapan yaitu uji pendugaan dan uji penegasan melalui gas yang terbentuk pada tabung pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Total Coliform* ditemukan pada seluruh sampel. Pengujian pertama menggunakan 2 sampel yaitu air sumur sebanyak <1,8 MPN/100 ml dan reservoir 1 sebanyak 4,5 MPN/100 ml. Pengujian kedua menggunakan 5 sampel pada air sumur, reservoir 1 dan reservoir 2 sebanyak <1,8 MPN/100 ml kemudian distribusi terjauh reservoir 1 sebanyak 2 MPN/100 ml dan distribusi terjauh reservoir 2 sebanyak 1,8 MPN/100 ml. Sedangkan *Cryptosporidium* ditemukan pada sampel air sumur, reservoir 1 serta distribusi terjauh reservoir 1 dan 2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan metode desinfeksi berupa sinar ultraviolet di PAMSIMAS Banyu Panguripan belum efektif dalam menghilangkan *Total Coliform* dan *Cryptosporidium* pada sumber air yang digunakan.

Kata kunci: *Cryptosporidium*, Total Coliform, metode *Most Probable Number*, metode *Ziehl Neelsen*, PAMSIMAS.

Anlysis of the Presence of Bacteriological Parameters in PAMSIMAS Banyu Panguripan

Student : Luthfa Khoiriniswah
Student Number : 21513023
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor : Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T., IPM.
Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Abstract

PAMSIMAS is a government program aimed at improving the provision of drinking water through a piped network and community sanitation while ensuring that the water quality meets established standards. PAMSIMAS Banyu Panguripan, located in Prambanan District, Sleman Regency, is one of only two PAMSIMAS facilities in Yogyakarta that have implemented ultraviolet (UV) disinfection to eliminate microorganisms from the water source. This study aims to evaluate the effectiveness of ultraviolet disinfection in reducing the presence of Total Coliform and Cryptosporidium in the water sources of PAMSIMAS Banyu Panguripan. The examination was conducted using the Ziehl-Neelsen staining method to identify Cryptosporidium, observed under a microscope, and the Most Probable Number (MPN) method to detect Total Coliform, involving two stages: the presumptive test and the confirmatory test, based on gas formation in the test tubes. The results showed that Total Coliform was detected in all samples. The first test involved two samples: well water with <1.8 MPN/100 ml and reservoir 1 with 4.5 MPN/100 ml. The second test examined five samples: well water, reservoir 1, and reservoir 2, each with <1.8 MPN/100 ml; the farthest distribution point from reservoir 1 with 2 MPN/100 ml; and the farthest distribution point from reservoir 2 with 1.8 MPN/100 ml. Meanwhile, Cryptosporidium was detected in the well water, reservoir 1, and the farthest distribution points of both reservoir 1 and reservoir 2. These findings indicate that the ultraviolet disinfection method applied in PAMSIMAS Banyu Panguripan has not been effective in eliminating Total Coliform and Cryptosporidium from the water sources used.

Key words: Cryptosporidium, Total Coliform, Most Probable Number method, Ziehl-Neelsen method, PAMSIMAS.

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Minum	5
2.1.1 Sumber Air Minum.....	5
2.1.2 Pengolahan Air Minum.....	6
2.2 Standar Kualitas Air Minum.....	2
2.2.1 Standar Kualitas Air Minum Nasional	3
2.2.2 Standar Kualitas Air Minum International	4
2.3 Mikroorganisme.....	6
2.3.1 <i>Cryptosporidium</i>	6
2.3.2 Total <i>Coliform</i>	10
2.4 PAMSIMAS	11
2.5 Penelitian Terdahulu	12
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Lokasi	15
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Prosedur Analisis Data	18
3.3.1 Persiapan Penelitian.....	18

3.3.2	Pengambilan Sampel	20
3.3.3	Pengujian Sampel	20
3.3.4	Analisis Hasil dan Kesimpulan.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		24
4.1	Kondisi Eksisting PAMSIMAS Banyu Panguripan	24
4.2	Hasil Pengujian Sampel.....	29
4.2.1	Hasil Uji Total <i>Coliform</i> pada PAMSIMAS Banyu Panguripan 29	
4.2.2	Hasil Uji <i>Cryptosporidium</i> pada PAMSIMAS Banyu Panguripan.....	31
4.2.3	Hasil Uji Parameter Pelengkap di PAMSIMAS Banyu Panguripan.....	33
4.3	Analisis Hasil Pengujian.....	37
4.3.1	Analisis Kondisi Lingkungan di PAMSIMAS	38
4.3.2	Efektivitas Penggunaan Sinar Ultraviolet di PAMSIMAS.....	40
BAB V PENUTUP		44
5.1	Kesimpulan	44
5.2	Saran	44
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN		51
RIWAYAT HIDUP		56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis parameter bakteriologis pada kualitas air minum nasional.....	4
Tabel 2. 2 Standar jumlah kontaminan mikroorganisme (USEPA)	5
Tabel 2. 3 Referensi penelitian terdahulu	12
Tabel 3. 1 Alat dan bahan pengujian Total <i>Coliform</i> dan <i>Cryptosporidium</i>	17
Tabel 4. 1 Spesifikasi reservoir 1 dan 2 PAMSIMAS Banyu Panguripan.....	25
Tabel 4. 2 Ukuran panjang pipa distribusi yang digunakan di PAMSIMAS Banyu Panguripan.....	26
Tabel 4. 3 Hasil uji kualitas air PAMSIMAS Banyu Panguripan	28
Tabel 4. 4 Hasil pengujian keberadaan <i>Cryptosporidium</i> pada air sumur (sampel A), reservoir 1 (sampel B), distribusi terjauh reservoir 1 (sampel C), dan distribusi terjauh reservoir 2 (sampel E)	32
Tabel 4. 5 Hasil pengujian parameter fisik dan kimia di PAMSIMAS Banyu Panguripan	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Desinfeksi sinar ultraviolet	8
Gambar 2. 2 Ozon generator.....	8
Gambar 2. 3 Desinfeksi klorinasi	2
Gambar 2. 4 Siklus hidup <i>Cryptosporidium</i>	8
Gambar 2. 5 <i>Cryptosporidium</i>	8
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	16
Gambar 3. 2 Lokasi pengambilan sampel uji	16
Gambar 3. 3 Prosedur pembuatan media uji Total <i>Coliform</i> menggunakan metode MPN	19
Gambar 3. 4 Prosedur pengujian <i>Cryptosporidium</i> dengan metode <i>Ziehl Neelsen</i>	21
Gambar 3. 5 Prosedur uji pendugaan Total <i>Coliform</i>	22
Gambar 3. 6 Prosedur uji penegasan Total <i>Coliform</i>	23
Gambar 4. 1 Sistem distribusi air bersih PAMSIMAS Banyu Panguripan	25
Gambar 4. 2 (a) Reservoir 1: Mbanyuripan, (b) Reservoir 2: Randu joko	25
Gambar 4. 3 Pipa galvanis yang digunakan di PAMSIMAS Banyu Panguripan	27
Gambar 4. 4 (a) Lampu sinar UV <i>online shop</i> : graciaaquatic, (b) Lampu sinar UV yang digunakan PAMSIMAS Banyu Panguripan	28
Gambar 4. 5 Hasil pengujian keberadaan Total <i>Coliform</i> pada reservoir 1 (sampel B), distribusi terjauh reservoir 1 (sampel C), dan distribusi terjauh reservoir 2 (sampel E)	30
Gambar 4. 6 Hasil pengujian pH di PAMSIMAS Banyu Panguripan pada 5 titik sampling	35
Gambar 4. 7 Hasil pengujian suhu di PAMSIMAS Banyu Panguripan pada 5 titik sampling	36

Gambar 4. 8 Hasil pengujian <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS) di PAMSIMAS Banyu Panguripan pada 5 titik sampling.....	36
Gambar 4. 9 Sumber air (sumur) yang digunakan oleh PAMSIMAS Banyu Panguripan	39
Gambar 4. 10 Kondisi lingkungan reservoar 1 dan 2 PAMSIMAS Banyu Panguripan	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kegiatan Pembuatan media Uji dan Pengambilan Sampel.....	51
Lampiran 2 Pengujian dan Pengamatan Sampel.....	52
Lampiran 3 Identifikasi Keberadaan Total <i>Coliform</i> pada Sampel	53
Lampiran 4 Standar Baku Mutu Parameter Bakteriologis pada Permenkes No 2 Tahun 2023 dan USEPA	54
Lampiran 5 Alat dan bahan pengujian	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia sudah banyak sarana dan prasarana yang mendukung seperti Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), Penyediaan Air Minum dan Sanitasi berbasis Masyarakat (PAMSIMAS), Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan lainnya. Kurangnya perawatan sanitasi yang baik serta pengelolaan sarana dan prasarana yang tidak sesuai dapat menjadi faktor munculnya penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme merupakan makhluk hidup yang memerlukan bantuan alat berupa mikroskop untuk mengamatnya karena memiliki ukuran sangat kecil yang tidak bisa dilihat secara langsung dengan mata.

Sebagian besar masyarakat Indonesia hanya mengetahui dua mikroorganisme yang dapat memberikan dampak buruk pada kesehatan manusia yaitu *Total Coliform* dan *Escherichia Coli*. Kedua mikroorganisme tersebut dapat ditemukan pada air yang merupakan salah satu kebutuhan primer bagi makhluk hidup dalam aktivitas rutin seperti mencuci, memasak, mandi, minum dan lainnya. Manusia sebagai makhluk hidup sangat membutuhkan air untuk dikonsumsi karena sebagai asupan cairan dalam tubuh agar terhindar dari dehidrasi. Air yang digunakan saat ini berasal dari berbagai sumber air baku diantaranya air tanah dan air permukaan yang harus disesuaikan dengan ketentuan standar baku mutu pada proses pengolahannya agar aman untuk dikonsumsi.

Berdasarkan regulasi nasional yaitu Peraturan Menteri Kesehatan (PERMENKES) Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, terdapat 3 parameter wajib yang harus diperhatikan dalam air minum di Indonesia yaitu parameter mikrobiologi, fisik dan kimiawi. *Total Coliform* dan *Escherichia Coli* merupakan dua parameter mikrobiologi yang dapat menimbulkan penyakit diare ataupun penyakit lainnya. Walaupun standar terhadap parameter mikrobiologi

yang ditetapkan di Indonesia hanya merujuk pada 2 mikroorganisme, masih terdapat mikroorganisme lain yang berbahaya.

Merujuk pada regulasi internasional dari United States yaitu *Environmental Protection Agency* (EPA) yang menegaskan 8 jenis parameter mikrobiologi sebagai standar dalam penyediaan air minum yaitu *Cryptosporidium* spp., *Giardia Lamblia*, *Heterotrophic plate count* (HPC), *Legionella*, *Total Coliform*, *Escherichia Coli*, *Turbidity* dan *Virus (Enteric)*. Beberapa diantaranya termasuk kedalam protozoa patogen seperti *Cryptosporidium* spp. dan *Giardia Lamblia* yang dapat menyebabkan penyakit kriptosporidiosis dan giardiasis yang ditularkan melalui konsumsi air ataupun makanan (Putri dkk., 2024). Menurut Baldurson & Karanis (2011), dijelaskan bahwa *Cryptosporidium* merupakan parasit terbesar di badan air di seluruh dunia dengan presentase 60,3% diikuti oleh *Giardia Lamblia* sebesar 35,2% dan protozoa lainnya sebesar 4,5%. Berdasarkan penjelasan di atas, peneliti akan melakukan analisis keberadaan *Cryptosporidium* dan *Total Coliform* di PAMSIMAS Banyu Panguripan.

PAMSIMAS merupakan salah satu program pemerintah terhadap peningkatan penyediaan air minum dalam bentuk jaringan perpipaan dan sanitasi masyarakat yang mendapat dukungan dari Bank Dunia. Pemilihan lokasi di PAMSIMAS didasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) dan PDAM untuk mengetahui keberadaan mikroorganisme. Lokasi PAMSIMAS dipilih karena berfokus pada penyediaan air minum dan sanitasi untuk masyarakat di tingkat komunitas dan desa. Hal itu dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dan memastikan keamanan terhadap air yang disuplai ke masyarakat aman untuk dikonsumsi sehingga penyebaran penyakit dimasyarakat bisa berkurang. Hasil dari penelitian diharapkan bisa menjadi evaluasi dalam memperbaiki dan meningkatkan keberlanjutan program PAMSIMAS di masa mendatang demi menjamin kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah Total *Coliform* dan *Cryptosporidium* ditemukan pada proses pengolahan air di PAMSIMAS Banyu Panguripan?
2. Apakah desinfeksi sinar ultraviolet yang baru diterapkan pada salah satu PAMSIMAS di Yogyakarta yaitu PAMSIMAS Banyu Panguripan sudah efektif dalam menghilangkan Total *Coliform* dan *Cryptosporidium*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui efektivitas penggunaan metode desinfeksi berupa sinar ultraviolet yang digunakan pada PAMSIMAS Banyu Panguripan terhadap keberadaan *Cryptosporidium*.
2. Mengetahui efektivitas penggunaan metode desinfeksi berupa sinar ultraviolet yang digunakan pada PAMSIMAS Banyu Panguripan terhadap keberadaan Total *Coliform*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai mikroorganisme patogen lain yang memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia.
2. Menjadi bahan evaluasi bagi pemerintah dalam menganalisis permasalahan dan memperbaiki program PAMSIMAS di masa mendatang.
3. Sebagai pengetahuan dan referensi kepada mahasiswa yang akan melakukan penelitian dengan topik mikroba di air minum menggunakan standar air minum internasional.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Parameter bakteriologis yang dimaksud merupakan *Cryptosporidium* dan Total *Coliform*.
3. Penelitian tugas akhir berlokasi di PAMSIMAS Banyu Panguripan, Padukuhan Gamparan, Kelurahan Sumberharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.
4. Pengambilan sampel dilakukan pada 5 titik yaitu air sumur, reservoir 1, reservoir 2, distribusi terjauh reservoir 1, dan distribusi terjauh reservoir 2.
5. Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2024 – Februari 2025.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Minum

Air merupakan kebutuhan penting bagi kehidupan yang dapat digunakan dalam berbagai aktivitas manusia salah satunya adalah untuk dikonsumsi sebagai air minum atau digunakan sebagai campuran bahan makanan. Air yang dikonsumsi harus dalam kondisi yang bersih dan telah memenuhi standar baku mutu atau persyaratan yang telah ditetapkan agar aman dikonsumsi bagi tubuh. Menurut *World Health Organization* (WHO, 2022), sekitar 2,2 miliar orang belum memiliki layanan air minum yang dikelola dengan baik karena masih mengumpulkan air dari danau, sungai, kolam, sumur dan mata air yang tidak terlindungi sehingga tidak aman untuk dikonsumsi. Menurut Permenkes No 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan dijelaskan bahwa air minum merupakan air yang telah melalui proses pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung dikonsumsi.

2.1.1 Sumber Air Minum

Air baku yang digunakan untuk diolah menjadi air minum berasal dari beberapa sumber seperti:

a. Air Sungai

Air sungai yang dijadikan sebagai air minum memerlukan beberapa tahapan pengolahan agar bisa dikonsumsi. Tahapan pengolahan yang digunakan harus sesuai dengan persyaratan karena air sungai mengandung banyak parameter yang apabila dikonsumsi oleh manusia akan berdampak pada kesehatan. Air sungai memiliki kemampuan penyediaan air dalam jumlah besar sehingga menjadi salah satu alternatif sumber yang bisa digunakan.

b. Danau atau Rawa

Danau atau Rawa mampu menyediakan air dalam jumlah besar dan lebih konsisten penyediaannya terlebih pada saat musim kemarau. Dibandingkan dengan air sungai, danau atau rawa memiliki kualitas yang lebih baik namun tetap harus melalui tahapan pengolahan yang sesuai dengan standar agar bisa memenuhi kriteria air minum.

c. Mata Air

Mata air merupakan air yang keluar dari permukaan yang tidak terpengaruh oleh musim dan memiliki kualitas yang sama dengan air tanah. Penggunaan mata air sebagai air minum biasanya digunakan oleh masyarakat yang tinggal dipedesaan atau pegunungan.

d. Air Tanah

Air tanah berada di dalam strata batuan yang terus menerus terisi dari alam dan terbagi menjadi 2 jenis yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal dapat diperoleh dengan membuat sumur gali untuk mendapatkan air bersih, sedangkan air tanah dalam harus dilakukan pengeboran pada kedalaman tertentu untuk mendapatkan akses air bersih yang pada umumnya disebut sebagai sumur bor (Irhad., 2023). Apabila air tanah dalam memiliki tekanan rendah, maka perlu menggunakan alat tambahan seperti pompa.

Air tanah dangkal memiliki kualitas yang lebih baik secara fisik, kimia dan biologi, namun jika dilihat dari segi kuantitasnya sangat kurang karena bergantung pada musim. Menurut sebuah penelitian, 50% penyakit global disebabkan karena adanya kontaminasi pada air minum oleh mikroba atau kandungan berbahaya lainnya yang terdapat pada air (Wen dkk., 2020). Penyakit yang ditimbulkan oleh mikroorganisme patogen yang terdapat pada air minum seperti kolera, tifus, polio dan diare yang bisa mengakibatkan kematian (WHO, 2022).

2.1.2 Pengolahan Air Minum

Pada prinsipnya, air yang melalui tahapan pengolahan merupakan air yang belum memenuhi persyaratan air minum. Sedangkan untuk sumber air bersih

seperti mata air atau sumur dangkal dapat dikonsumsi apabila direbus terlebih dahulu hingga mendidih (Tuakia, 2006). Air minum yang didistribusikan ke masyarakat melalui berbagai sumber seperti PDAM, DAMIU, PAMSIMAS dan sumber lainnya memiliki pengolahan desinfeksi yang berbeda untuk menghilangkan mikroorganisme patogen agar memenuhi standar kualitas air minum yang ditetapkan. Pengolahan desinfeksi yang biasanya digunakan yaitu:

1) Sinar Ultraviolet (UV)

Sinar ultraviolet merupakan metode pengolahan yang bisa digunakan pada air minum untuk menghilangkan mikroorganisme dalam air. Prinsip penggunaan metode ini adalah dengan melibatkan perpindahan energi dari sinar ultraviolet yang akan merusak DNA dan RNA mikroorganisme sehingga kemampuan untuk berkembang biak menjadi terhambat. Keberhasilan dalam menghilangkan mikroorganisme dalam air tergantung pada konsentrasi mikroba dan polutan yang terkandung serta efektifitas yang dilihat dari intensitas radiasi sinar ultraviolet, karakteristik air, konfigurasi reaktor dan durasi penyinaran (Hudaya dkk., 2010).

Berdasarkan panjang gelombangnya, sinar ultraviolet terbagi menjadi beberapa jenis yaitu sinar UV-A antara 315 – 400 nm yang dapat memberikan perubahan warna kulit menjadi hitam, sinar UV-B antara 280 – 315 nm dapat menyebabkan kulit terbakar, sinar UV-C antara 200 – 280 nm efektif dalam membunuh mikroorganisme, dan UV-vakum antara 100 – 200 nm yang memiliki kemampuan dapat diserap oleh semua bahan dan hanya diteruskan pada saat kondisi vakum (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2. 1 Desinfeksi sinar ultraviolet
Sumber: Hitech UV

2) Ozonisasi

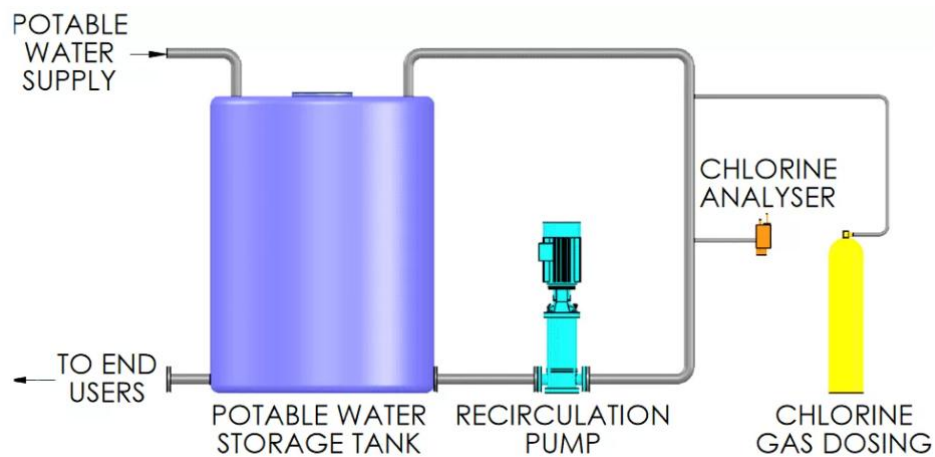
Ozonisasi merupakan metode pengolahan dengan ozon (O_3) sebagai oksidator berupa molekul gas yang tidak berwarna dan dihasilkan dari oksigen (O_2) melalui proses pemecahan molekul gas (Jannah dkk., 2021). Ozon akan larut dalam air dan bereaksi terhadap mikroorganisme dengan merusak dinding sel yang mengakibatkan kematian pada mikroorganisme tersebut. Penggunaan ozon dilakukan pertama kali pada tahun 1906 di *Bon Voyage Water Treatment Plant*, Nice, Prancis dan dianggap lebih efektif daripada penggunaan klorin.



Gambar 2. 2 Ozon generator
Sumber: Mapurna

3) Klorinasi

Klorinasi merupakan metode pengolahan dengan memberikan klorin (gas klor, senyawa hipoklorit, klor dioksida, bromin klorida, dihidroisosianurat dan kloroamin) ke dalam air untuk membunuh mikroorganisme (Silvana & Rodiah, 2020). Namun dalam penggunaannya dapat menimbulkan bau dan rasa yang kurang disukai oleh sebagian masyarakat dan dapat bersifat toksik apabila melebihi batas yang diperbolehkan yaitu 0,2-0,5 mg/l.



Gambar 2. 3 Desinfeksi klorinasi
Sumber: Makwater

2.2 Standar Kualitas Air Minum

Standar kualitas air minum merupakan baku mutu yang telah ditetapkan untuk menunjukkan kualitas air minum berdasarkan sifat fisik, kimia maupun biologi (Tuakia, 2006). Menurut Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, air digolongkan menjadi beberapa kelas berdasarkan kegunaannya yaitu:

- Kelas I

Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- Kelas II

Air yang peruntukannya digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- Kelas III

Air yang peruntukannya digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- Kelas IV

Air yang peruntukannya digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.2.1 Standar Kualitas Air Minum Nasional

Di Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan No 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan merupakan regulasi yang digunakan sebagai acuan standar baku mutu kualitas air minum yang menjelaskan bahwa terdapat 3 parameter wajib yang harus diperhatikan mengenai standar kualitas air minum, yaitu:

3.1 Parameter fisik

Syarat fisik air minum merupakan sesuatu yang nampak dan bisa diamati oleh panca indra manusia sehingga air minum harus dalam keadaan jernih, tidak berwarna dan tidak berbau. Parameter fisik memiliki standar baku mutu yang ditetapkan dan apabila kadarnya melebihi baku mutu, maka air minum tersebut tercemar secara fisik (Suhesty dkk., 2022).

3.2 Parameter kimia

Air minum tidak boleh mengandung zat/bahan kimia tertentu yang apabila melebihi batas ketentuan akan berdampak buruk pada kesehatan manusia.

3.3 Parameter biologi

Air minum tidak boleh mengandung bakteri berbahaya yang dapat menyebabkan penyakit. Bakteriologis tersebut adalah *Escherichia Coli* dan *Total Coliform* yang dapat menyebabkan penyakit pada saluran pencernaan. Proses filtrasi dan desinfeksi harus dimaksimalkan sebaik mungkin agar dapat menyaring dan membunuh bakteri dengan baik (Suhestry dkk., 2022).

Dapat dilihat pada **Tabel 2.1** mengenai syarat kualitas air minum berdasarkan parameter yang diperbolehkan.

Tabel 2. 1 Jenis parameter bakteriologis pada kualitas air minum nasional

No	Jenis parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1	<i>Escherichia Coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA

Sumber : Permenkes Nomor 2 Tahun 2023

2.2.2 Standar Kualitas Air Minum International

Seperti di Indonesia yang menggunakan regulasi nasional berupa Permenkes No 2 tahun 2023 sebagai acuan standar kualitas air minum, negara-negara lain juga memiliki regulasi yang mengatur hal tersebut dan tetap mengacu pada lingkup international yaitu WHO. Di Singapura, mereka memiliki perusahaan yang mengatur kesediaan air dan kualitas untuk masyarakatnya yaitu PUB *Singapore's National Water Agency* dengan regulasi yang mereka gunakan yaitu *Singapore Environmental Public Health (Water Suitable For Drinking) No 2 Regulations 2019*. Standar kualitas air pada regulasi tersebut terbagi menjadi 4

parameter yaitu mikrobiologi, fisik, radiologi dan kimia. Berbeda dengan Indonesia dan Singapura, Amerika Serikat juga memiliki regulasi mengenai standar kualitas air minum yang lebih unggul untuk memberikan kesejahteraan dan perlindungan kesehatan kepada masyarakatnya yaitu USEPA (*United States Environmental Protection Agency*). EPA telah menerbitkan NPDWR (*National Primary Drinking Water Regulation*) sebagai regulasi yang mengatur tentang kualitas air minum khususnya untuk parameter bakteriologis. Dalam NPDWR dijelaskan mengenai MCL (*Maximum Contaminant Levels*) sebagai batas maksimum kontaminan yang diperbolehkan dalam air minum dan MCLG (*Maximum Contaminant Level Goals*) merupakan batasan dimana tidak ada efek pada kesehatan yang diketahui atau diharapkan terjadi.

Tabel 2. 2 Standar jumlah kontaminan mikroorganisme (USEPA)

No	Kontaminan	MCLG	MCL / <i>Treatment Technique</i> (TT)
1	<i>Cryptosporidium</i>	0	TT
2	<i>Giardia lamblia</i>	0	TT
3	<i>Heterotrophic plate count</i> (HPC)	n/a	TT
4	<i>Legionella</i>	0	TT
5	Total <i>Coliform</i> (termasuk <i>fecal coliform</i> dan <i>E.Coli</i>)	0	5%
6	<i>Turbidity</i>	n/a	TT
7	Virus (<i>enteric</i>)	0	TT

Sumber: USEPA's NPDWR (2024)

Treatment Technique (TT) merupakan suatu proses yang dibutuhkan untuk mengurangi tingkat kontaminan pada air minum. EPA menetapkan aturan pengolahan air pada suatu sistem yang menggunakan air permukaan atau air tanah dengan cara:

- Desinfeksi
- Penyaringan (filter)
- Memenuhi kriteria untuk menghindari penyaringan agar kontaminan dapat dikontrol pada tingkatan tertentu

2.3 Mikroorganisme

Mikroorganisme merupakan makhluk hidup dengan ukuran sangat kecil dan membutuhkan mikroskop untuk melakukan pengamatannya karena tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata telanjang. Mikroorganisme dapat dijumpai di daratan ataupun di perairan. Mikroorganisme tidak hanya hidup bersama kelompoknya melainkan dapat berasosiasi dengan organisme lain tergantung dengan faktor lingkungan pada habitatnya seperti suhu, pH, oksigen dan lainnya. Mikroorganisme dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok yaitu:

1. Bakteri: bersifat patogen dan non patogen yang memiliki 4 macam cat yaitu cat utama (Gram A), cat penguat (Gram B), cat pelentur (Gram C) dan cat penutup (Gram D). Bakteri yang mampu mempertahankan cat utama disebut dengan bakteri Gram positif dan sebaliknya untuk bakteri Gram negatif.
2. Fungi: merupakan kelompok eukariotik yang bersel tunggal atau multiseluler dan berperan dalam proses dekomposisi yang dapat menyebabkan penyakit pada hewan dan manusia.
3. Protozoa: organisme eukariotik uniseluler dimana inti selnya terikat dengan membran dan bergerak menggunakan flagela atau pseudopodia. Bersifat heterotrof dan beberapa protozoa menggunakan proses fagositosis dan struktur khusus seperti sitostom untuk memperoleh makanan (Putri dkk., 2024).
4. Alga: merupakan organisme fotosintetik yang bersifat eukariotik. Bersel tunggal atau multiseluler yang dapat memproduksi oksigen dan karbohidrat sehingga berperan penting dalam rantai makanan khususnya di perairan.
5. Virus: mengandung asam nukleat sebagai DNA atau RNA yang dilindungi oleh kapsid protein dan hanya dapat bereproduksi dengan cara menginfeksi sel inang.

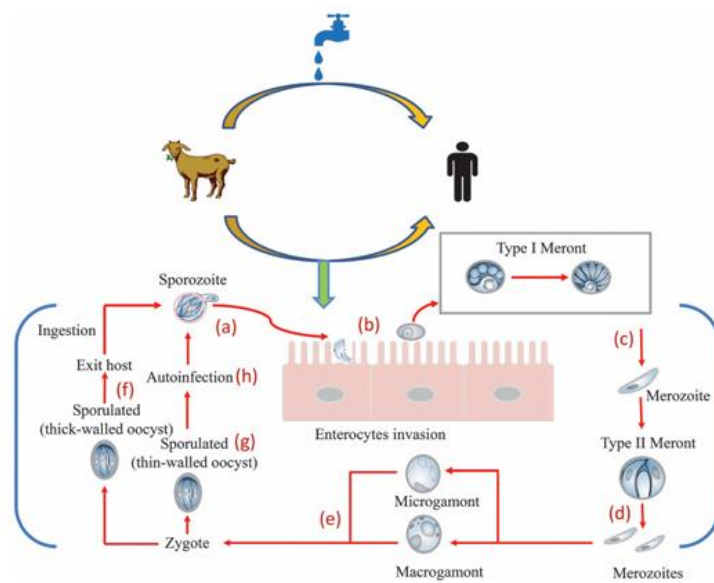
2.3.1 *Cryptosporidium*

Pada tahun 1907, Tyzzer menjelaskan tentang *Cryptosporidium* yang ditemukan pada kelenjar lambung tikus dan diberi nama *Cryptosporidium muris*. Pada tahun 1912 kembali ditemukan pada usus dengan spesies hewan yang sama

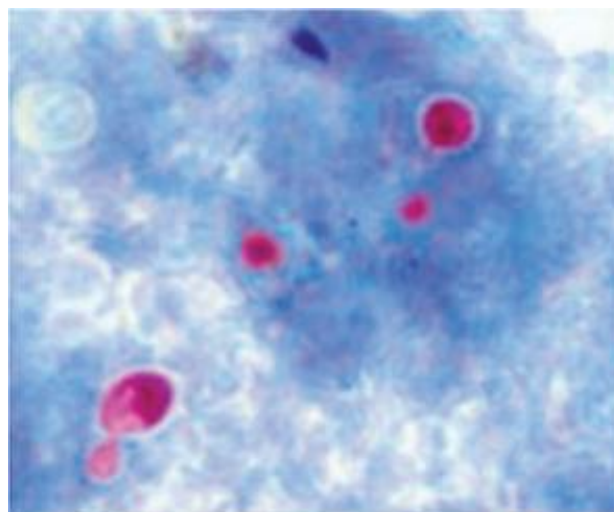
dan diberi nama *Cryptosporidium parvum* yang saat ini sudah diganti menjadi *Cryptosporidium tyzzeri*. Pada tahun 1976 pertama kali diakui sebagai patogen terhadap manusia karena ditemukan pada anak berusia tiga tahun dan individu yang mengalami immunosupresi. *Cryptosporidium* diklasifikasikan kedalam Filum Apicomplexa, Kelas Sporozoasida, Subkelas Coccodiasina, Ordo Eucoccidiorida, Subordo Eimeriorina dan Famili Cryptosporidiidae. *Cryptosporidium* memiliki nama ilmiah *Cryptosporidium* spp dengan tipe bakteri protozoa patogen berukuran 4-6 μm . Berdasarkan buku “(Enteric Protozoa in Drinking Water: Giardia and Cryptosporidium Document for Public Consultation Prepared by the Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water Consultation Period Ends, 2017)”, *Cryptosporidium* memiliki siklus hidup multi tahap yang terjadi di dalam satu inang dengan berevolusi melalui enam tahapan yaitu: 1) Eksistasi; 2) Skizogoni; 3) Gametogoni; 4) Pembentukan zigot dari hasil pembuahan makrogametosit oleh mikrogamet; 5) Pembentukan dinding ookista; dan 6) sporogoni seperti pada **Gambar 2.4**.

Tubuh inang yang sudah terinfeksi akan mengeluarkan ookista *Cryptosporidium* melalui feses dan akan menyebar di lingkungan melalui air atau melakukan kontak langsung dengan feses tersebut. Ookista yang masuk ke dalam saluran pencernaan pada tubuh inang baru akan mengalami tahapan eksistasi dimana sporozoit akan keluar dari ookista dan akan menempel pada sel epitel yang ditandai dengan huruf (a). Sporozoit akan melakukan reproduksi aseksual (skizogoni) menjadi *type I meront* (generasi pertama) yang kemudian membelah menjadi merozoit dan dapat menginfeksi sel epitel lainnya. Beberapa merozoit pada generasi pertama akan berkembang menjadi *type II meront* (generasi kedua) dan akan kembali membelah menjadi merozoit yang ditandai dengan huruf (b), (c), dan (d). Merozoit akan mengalami tahapan gametogoni yaitu pembentukan sel kelamin menjadi mikrogametosis yang berkembang menjadi mikrogamet dan makrogametosis yang berkembang menjadi makrogamet dan ditandai dengan huruf (e). Setelah itu akan terbentuk zigot dari hasil pembuahan antara makrogamet dengan mikrogamet dan terbagi kedalam 2 dinding yaitu ookista berdinding tebal dan tipis yang ditandai dengan huruf (g) dan (f). Ookista

berdinding tebal akan dikeluarkan dari tubuh inang dan akan mengalami pembentukan sporozoit di dalam ookista yang bersifat infeksiif dan secara langsung dapat menyebar di lingkungan. Sedangkan ookista berdinding tipis akan terlibat dalam autoinfeksi di dalam tubuh inang.



Gambar 2. 4 Siklus hidup *Cryptosporidium*
Sumber: Gerace dkk., (2019)



Gambar 2. 5 *Cryptosporidium*
Sumber: Gerace dkk., (2019)

Cryptosporidium merupakan protozoa patogen yang terdapat di badan air dan menyebabkan penyakit kriptosporidiosis atau penyakit diare pada tubuh manusia dan hewan karena termasuk kedalam agen parasit terbesar. Umumnya dapat ditemukan di limbah, air permukaan, ataupun air olahan dengan penularan melalui orang ke orang, kontak dengan hewan, dan air minum yang terkontaminasi karena adanya sanitasi yang buruk atau sistem pengolahan air yang tidak memadai (Tsaridou & Karabelas, 2021). Selain itu, ookista *Cryptosporidium* dapat bertahan pada rentang suhu antara -10°C - 27°C (Fayer dkk., 1998). Kenaikan suhu yang tinggi dan pengeringan di tanah dapat meningkatkan kematian pada *Cryptosporidium*, sedangkan kondisi tanah yang lembab dan cuaca yang ekstrem seperti curah hujan yang meningkat dapat menyebabkan keberadaan *Cryptosporidium* (Wang dkk., 2023). Hingga saat ini, terdapat 26 spesies *Cryptosporidium* yaitu *C. andersoni*, *C. baileyi*, *C. bovis*, *C. canis*, *C. cuniculus*, *C. erinacei*, *C. fayeri*, *C. felis*, *C. fragile*, *C. galli*, *C. hominis*, *C. macropodum*, *C. meleagridis*, *C. molnari*, *C. muris*, *C. parvum*, *C. ryanae*, *C. scrofarum*, *C. serpentis*, *C. suis*, *C. tyzzeri*, *C. ubiquitum*, *C. varanii*, *C. viatorum*, *C. wrairi*, dan *C. xiaoi*. 2 jenis diantaranya yaitu *Cryptosporidium parvum* dan *Cryptosporidium hominis* merupakan penyebab dari kriptosporidiosis paling besar (Guo dkk., 2015).

Berdasarkan standar internasional EPA yang menjelaskan batas keberadaan *Cryptosporidium* sebesar 0, maka perlu dilakukan pengolahan dengan benar terhadap penyediaan air minum sebesar 99,9%. Pengujian *Cryptosporidium* dapat dilakukan menggunakan metode *Ziehl Neelsen* yang merupakan metode dengan pewarnaan dalam mendeteksi keberadaan bakteri tahan asam yaitu *Mycobacterium Tuberculosis* yang bisa digunakan juga pada mikroorganisme lain seperti *Cryptosporidium* spp., *Giardia lamblia* dan lainnya. Metode ini dikembangkan oleh Franz Ziehl (1857-1926) dan Friedrich Neelsen (1854-1894) pada tahun 1882 yang terdiri dari 3 tahapan pewarnaan. Pada tahapan pertama akan dilakukan pewarnaan menggunakan *carbol fuchsin*, tahapan kedua dengan dekolorisasi menggunakan ethanol dan HCL terkonsentrasi dan tahapan ketiga dilakukan pewarnaan *counterstain*.

2.3.2 Total *Coliform*

Total *Coliform* merupakan kelompok bakteri yang dapat ditemukan di perairan, tanah, hewan, tumbuhan dan manusia yang sering digunakan sebagai indikator bersifat enteropatogenik dan/atau toksigenik bagi kesehatan (Maheux dkk., 2014). Total *Coliform* memiliki nama ilmiah Total *Coliform* berbentuk batang (*Bacillus*) dengan ukuran 0,5-3 μm yang diklasifikasikan kedalam domain Bacteria, Filum Proteobacteria, Kelas Gammaproteobacteria, Ordo Enterobacterale, Famili Enterobacteriaceae, dan Genus *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, dan lain-lain. Bakteri ini melakukan reproduksi secara aseksual melalui pembelahan biner yaitu satu sel akan membelah menjadi dua sel setiap 20-30 menit, berbentuk gram negatif yang tidak menghasilkan spora dan termasuk ke dalam jenis fakultatif anaerobik yaitu dapat bernafas menggunakan oksigen dan dalam kondisi oksigen yang terbatas dapat memfermentasi laktosa pada suhu 35-37°C dalam waktu 24-48 jam (Hidayati dkk, 2022; Figueras & Borrego, 2010).

Total *Coliform* dapat bertahan hidup karena memperoleh nutrisi berupa energi dan karbon yang berasal dari substrat organik seperti senyawa karbohidrat (glukosa dan laktosa), asam amino dan bahan organik lainnya dari lingkungan yang mendukung proses metabolisme dan pertumbuhan sel (Hidayati dkk, 2022; Sakyi dkk., 2012; Gleeson & Gray, 1996). Energi akan digunakan untuk aktivitas sel sedangkan karbon akan digunakan dalam pembentukan sel. Total *Coliform* terbagi ke dalam 2 golongan yaitu *fecal coliform* dan *non fecal coliform*. Salah satu jenis bakteri *fecal coliform* yang umumnya banyak diketahui oleh masyarakat adalah *Escherichia coli* yang berasal dari kotoran manusia atau hewan berdarah panas dan bakteri *non fecal coliform* yang berasal dari hewan atau tanaman yang telah mati seperti *Klebsiella* dan *Aerobacter* (Pakpahan dkk., 2015). Total *Coliform* menghasilkan zat beracun yaitu *indol* dan *skatol* yang dapat menimbulkan permasalahan pada kesehatan manusia seperti zat etionin yang menyebabkan kanker (Jannah dkk., 2021).

Sejak awal abad ke-20, Total *Coliform* sudah digunakan sebagai indikator kualitas air. Keberadaan Total *Coliform* dalam air memberikan dampak pada sistem penyediaan dan distribusi air yang menandakan bahwa kualitas sistem

tersebut perlu diperbaiki (Maheux dkk., 2014). Metode *Most Probable Number* (MPN) merupakan metode yang dapat digunakan untuk menguji keberadaan Total *Coliform* melalui pengukuran pada jumlah produksi gas yang dihasilkan oleh mikroorganisme dengan menggunakan tabung Durham yang diinkubasi selama 48 jam dan mulai dikembangkan pada tahun 1900-an menggunakan tabung reaksi.

Metode ini akan memperkirakan jumlah Total *Coliform* dalam 100 ml sampel air dengan 2 tahapan pengujian yaitu uji pendugaan (*Presumptive test*) dan uji penegasan (*Confirmative test*) yang akan memisahkan sel bakteri agar tidak membentuk rantai atau koloni (Razi dkk., 2021). Laktosa digunakan sebagai bahan/media uji penduga (*Presumptive Test*) yang dilanjutkan dengan uji penegasan (*Confirmative test*) apabila reaksi menunjukkan nilai positif dengan adanya gas pada tabung (Simamora, 2015).

2.4 PAMSIMAS

Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (PAMSIMAS) merupakan salah satu program gabungan solusi dan aksi nyata dari pemerintah pusat dan daerah yang mendapat dukungan Bank Dunia dalam meningkatkan penyediaan air minum, sanitasi dan menciptakan kesejahteraan masyarakat terhadap pola hidup bersih, sehat, dan aman. Pelaksanaan program PAMSIMAS tertuang dalam Undang-Undang No 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2005-2025 sebagai bentuk komitmen negara dalam mewujudkan akses air minum dan sanitasi yang berkelanjutan bagi masyarakat. Program ini bertujuan untuk meningkatkan akses layanan air minum dan sanitasi yang layak bagi masyarakat dengan penghasilan rendah di pedesaan dan pinggiran kota agar dapat berperilaku hidup bersih dan sehat sehingga kualitas hidup masyarakat menjadi lebih baik. Program PAMSIMAS secara rinci bertujuan untuk:

1. Meningkatkan penerapan perilaku hidup bersih dan sehat di masyarakat.
2. Meningkatkan akses masyarakat terhadap air minum dan fasilitas sanitasi yang berkelanjutan secara efektif.

3. Meningkatkan kapasitas masyarakat dan kelembagaan lokal dalam penyelenggaraan air minum dan sanitasi berbasis masyarakat.
4. Meningkatkan efektifitas dan keberlanjutan dalam jangka waktu panjang terhadap pembangunan dan pengembangan infrastruktur air minum dan sanitasi di masyarakat.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum, terdapat 2 jenis sistem penyediaan yaitu:

1. SPAM Jaringan Perpipaan; Infrastruktur penyedia air minum yang dialirkan kepada konsumen melalui sistem jaringan perpipaan untuk memastikan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas air minum.
2. SPAM Bukan Jaringan Perpipaan; Infrastruktur penyedia air minum yang dialirkan kepada konsumen tanpa sistem jaringan perpipaan untuk memastikan keamanan terhadap penyediaan air minum yang diakses secara langsung oleh konsumen.

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya dibutuhkan sebagai acuan dan perbandingan pada penelitian yang akan dilaksanakan agar dapat dilakukan modifikasi ataupun pembaharuan.

Tabel 2. 3 Referensi penelitian terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Tuakia., 2006	Monitoring Kualitas Air Minum Isi Ulang di sekitar Jalan Glagah Sari dan Sorogenen Yogyakarta untuk Parameter Bakteriologis	Parameter bakteriologis yang diidentifikasi adalah Total <i>Coliform</i> dan <i>E.Coli</i> pada depot air minum isi ulang dengan menggunakan metode <i>Most Probable Number</i> (MPN) dengan mengacu pada regulasi nasional Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/Menkes/SK7VII/2002.

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
2	Nufutomo & Muntalif., 2017	<i>Cryptosporidium</i> sebagai Indikator Biologi dan Indeks Nsf-Wqi untuk Mengevaluasi Kualitas Air (Studi kasus: Hulu Sungai Citarum, Kabupaten Bandung)	Parameter bakteriologis yang diidentifikasi merupakan protozoa <i>Cryptosporidium</i> dan Total <i>Coliform</i> menggunakan metode pewarnaan <i>Ziehl Neelsen</i> dan metode MPN. Untuk pengambilan sample dilakukan dengan menggunakan <i>composite sampling</i> dan <i>random sampling</i> di Sungai Citarum yang termasuk kedalam kategori buruk. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan keberadaan parameter bakteriologis yang diuji dengan faktro fisik dan kimia air sungai Citarum. Dari hasil penelitian ini, keberadaan Total <i>Coliform</i> dapat dipengaruhi oleh DO, turbiditas, COD, NO ₂ , NH ₄ dan PO ₄ . Sedangkan untuk pengaruh keberadaan <i>Cryptosporidium</i> terhadap parameter fisik dan kimia tidak terlalu signifikan.
3	Divya & Solomon., 2016	<i>Effect of some water quality parameters especially Total Coliform and Fecal Coliform in surface water of Chalakudy River</i>	Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi dampak parameter kualitas air di Sungai Chalakudy yang menunjukkan tingginya kontaminasi dari Total <i>Coliform</i> dan <i>Fecal Coliform</i> . Keberadaan mikroba yang didapat berasal dari kotoran manusia dan hewan karena sistem pembuangan yang kurang memadai dan terbawa oleh limpasan air hingga ke sungai.
4	Navratinova, Nurjazuli & Joko., 2019	Hubungan Desinfeksi Sinar Ultraviolet (UV) dengan Kualitas Bakteriologis Air Minum pada Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU)	Ditemukan adanya korelasi antara higiene sanitasi dengan kualitas bakteriologis air minum. Sedangkan penggunaan desinfeksi sinar UV tidak ada korelasi yang signifikan dengan kualitas air minum. Penyimpanan terhadap air baku serta pengolahan yang kurang

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			baik juga dapat memicu keberadaan bakteri coliform dan E.Coli pada DAMIU.
5	Wangi., 2024	Identifikasi Protozoa <i>Cryptosporidium</i> dan <i>Giardia Lamblia</i> pada PDAM Sleman Unit Nogotirto melalui Metode <i>Ziehl Neelsen</i>	Sampel yang digunakan berasal dari air baku, unit reservoar dan unit distribusi. Hasil dari pengujian yang dilakukan adalah ditemukan keberadaan <i>Cryptosporidium</i> dan <i>Giardia lamblia</i> pada setiap titik sampling.
6	Gerace, Presti & Biondo., 2019	<i>Cryptosporidium Infection: Epidemiology, Pathogenesis, and Differential Diagnosis</i>	Infeksi <i>Cryptosporidium</i> dapat terjadi melalui rute <i>fecal-oral</i> karena adanya kontaminasi pada air atau makanan sehingga ookista masuk ke dalam tubuh inang. <i>Cryptosporidium</i> dapat menyebabkan penyakit seperti diare akut dan dapat dideteksi menggunakan mikroskop melalui pewarnaan <i>Ziehl Neelsen</i> , ELISA, dan PCR.
7	Ruhcayhani., 2024	Identifikasi Protozoa <i>Giardia lamblia</i> dan <i>Cryptosporidium</i> dengan Metode <i>Ziehl Neelsen</i> pada PDAM Unit Tridadi, Sleman	Sampel air yang digunakan berasal dari air baku (sumur bor dan <i>deep well</i>), reservoir dan pipa distribusi. Hasil pengujian ditemukan pada seluruh sampel menggunakan metode <i>Ziehl Neelsen</i> .

Berdasarkan **Tabel 2.3**, penulis akan melakukan penelitian tugas akhir dengan mengidentifikasi 2 jenis mikroba yang berbeda namun memiliki dampak buruk yang sama terhadap manusia yaitu Total *Coliform* dan *Cryptosporidium*. Kedua mikroba tersebut memiliki metode yang berbeda dalam pengujiannya yaitu dengan metode MPN untuk pengujian Total *Coliform* dan metode pewarnaan *Ziehl Neelsen* untuk pengujian *Cryptosporidium*. Penelitian akan dilakukan pada salah satu PAMSIMAS di Kabupaten Sleman, Yogyakarta yang sudah menggunakan metode desinfeksi berupa Sinar ultraviolet.

BAB III

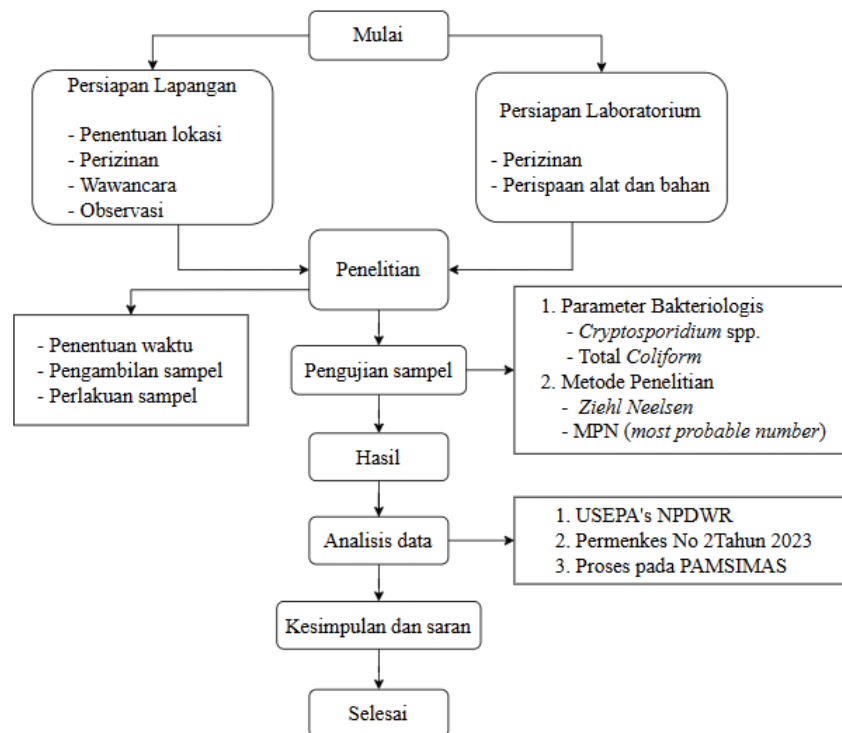
METODE PENELITIAN

Dalam melaksanakan pengujian Total *Coliform* menggunakan metode MPN dan *Cryptosporidium* menggunakan metode pewarnaan *Ziehl Neelsen* di PAMSIMAS Banyu Panguripan, dibutuhkan skema penelitian yang akan dilakukan dari awal hingga akhir penelitian. Tahapan kegiatan tersebut dibutuhkan untuk membantu dan mempermudah jalannya penelitian mulai dari persiapan yang diperlukan, pengambilan dan pengujian sampel hingga analisis hasil yang didapat dari pengujian di laboratorium dan lapangan. Skema penelitian dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.

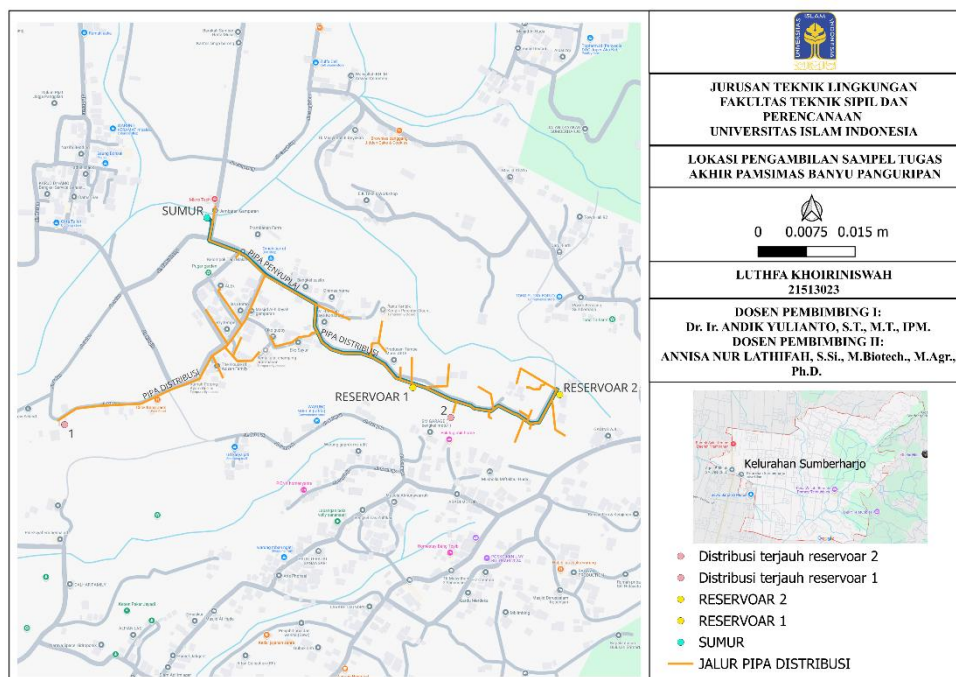
3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, dimulai pada bulan Desember 2024 hingga Februari 2025. Dalam rentang waktu tersebut, kegiatan penelitian dilaksanakan dari tahap awal yaitu persiapan penelitian di lapangan dan laboratorium hingga analisis hasil pengujian.

Lokasi penelitian dilaksanakan pada dua tempat yaitu di lapangan dan laboratorium. Untuk pengambilan sampel secara spesifik dilakukan di PAMSIMAS Banyu Panguripan tepatnya di Padukuhan Gamparan, Kelurahan Sumberharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dengan 5 titik lokasi pengambilan sampel yaitu air sumur, reservoir 1, distribusi terjauh reservoir 1, reservoir 2, dan distribusi terjauh reservoir 2 yang dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. Sedangkan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian



Gambar 3. 2 Lokasi pengambilan sampel uji

3.2 Alat dan Bahan

Dalam pengujian keberadaan *Cryptosporidium* dengan metode *Ziehl Neelsen* dan Total *Coliform* dengan metode MPN memiliki perbedaan alat dan bahan yang digunakan seperti pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3. 1 Alat dan bahan pengujian Total *Coliform* dan *Cryptosporidium*

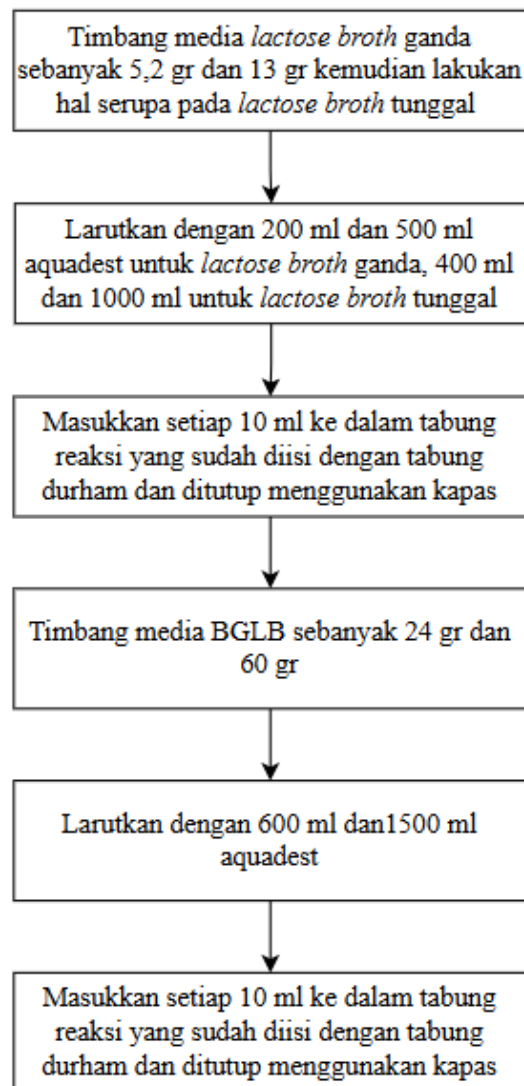
No	Jenis Metode <i>Most Probable Number</i> (MPN) Alat	Keterangan
1	Tabung durham	Tabung kecil untuk mengetahui keberadaan Total <i>Coliform</i> yang diukur dengan adanya gelembung/gas
2	Tabung reaksi	Wadah media pengujian yang kemudian diisi dengan 1 tabung durham untuk setiap tabung reaksi
3	Autoklaf	Alat untuk mensterilkan media dan peralatan lainnya pada suhu 121°C
4	Inkubator	Alat inkubasi sampel untuk pertumbuhan mikroorganisme selama 2x24 jam
5	<i>Laminar Air Flow</i> (LAF)	Alat yang digunakan saat pengujian untuk melindungi sampel agar tidak terkontaminasi
Bahan		
6	<i>Lactose Broth</i> (LB)	Media berwarna kuning untuk pertumbuhan bakteri dalam memfermentasi laktosa. LB ganda untuk pengenceran 10 ml dan LB tunggal untuk pengenceran 1 dan 0,1 ml
7	<i>Brilliant Green Lactose Broth</i> (BGLB)	Media berwarna hijau untuk mengidentifikasi keberadaan Total <i>Coliform</i>
Metode <i>Ziehl Neelsen</i> Alat		

8	Mikroskop Olympus BX53	Untuk mengamati keberadaan <i>Cryptosporidium</i> atau mikroorganisme lain yang tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata. Alat ini dilengkapi dengan sistem pencahayaan yang dapat membantu untuk melihat visualisasi objek yang diamati dan memiliki lensa dengan perbesaran 40, 100, 400 dan 1000 yang dapat memperjelas pengamatan objek
Bahan		
9	<i>Carbol Fuchsin</i> 0,3%	Digunakan dalam pewarnaan ZN A dengan memberikan warna merah pada apusan sampel. Dibantu dengan proses pemanasan untuk mempertahankan warna merah dengan menembus dinding lipid pada BTA
10	HCL alkohol 3%	Digunakan dalam pewarnaan ZN B dan akan melunturkan cat pewarna ZN A. Berfungsi untuk mengeraskan dinding sel lipid dimana BTA akan mempertahankan sifatnya
11	<i>Methylene Blue</i> 0,3%	Digunakan dalam pewarnaan ZN C dengan memberikan warna pada bakteri non-BTA dan BTA akan tetap mempertahankan hasil pewarnaan ZN A.

3.3 Prosedur Analisis Data

3.3.1 Persiapan Penelitian

Pada tahapan persiapan yang merupakan langkah awal penelitian untuk mempersiapkan hal-hal yang diperlukan selama penelitian berlangsung di lapangan ataupun laboratorium. Persiapan yang dilakukan meliputi perizinan dilokasi penelitian dan menentukan titik pengambilan sampel sebanyak 5 titik berdasarkan jalur distribusi PAMSIMAS. Ketersediaan peralatan untuk pengambilan sampel di PAMSIMAS Banyu Panguripan menggunakan 5 botol kaca berukuran 140 ml, *blue ice*, *ice box* untuk menyimpan sampel, korek api dan alkohol. Persiapan pengujian di laboratorium dengan membuat media pengujian Total *Coliform* menggunakan metode MPN dari media *lactose broth* ganda dan tunggal serta BGLB.



Gambar 3. 3 Prosedur pembuatan media uji Total *Coliform* menggunakan metode MPN

Setelah 10 ml media sudah terisi pada tabung reaksi dan ditutup dengan kapas, kemudian media dimasukkan ke dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121 °C. Selanjutnya media disuhu ruangan dan dimasukkan ke dalam kulkas.

3.3.2 Pengambilan Sampel

Pada penelitian ini menggunakan sampel air bersih yang berasal dari sumur bor. Pengambilan sampel air di PAMSIMAS Banyu Panguripan dilakukan pada 5 titik sampling yaitu air sumur, reservoir 1, distribusi terjauh reservoir 1, reservoir 2 dan distribusi terjauh reservoir 2 menggunakan botol kaca yang dilapisi dengan aluminium foil dan sudah disterilkan menggunakan korek api dan alkohol. Sampel air yang diambil akan disimpan pada wadah dengan ketentuan berikut:

- Wadah berbahan gelas atau plastik
- Tidak menyerap (adsorpsi) senyawa kimia
- Tidak menimbulkan reaksi antara senyawa kimia
- Tidak mudah pecah
- Bersih dan tertutup rapat

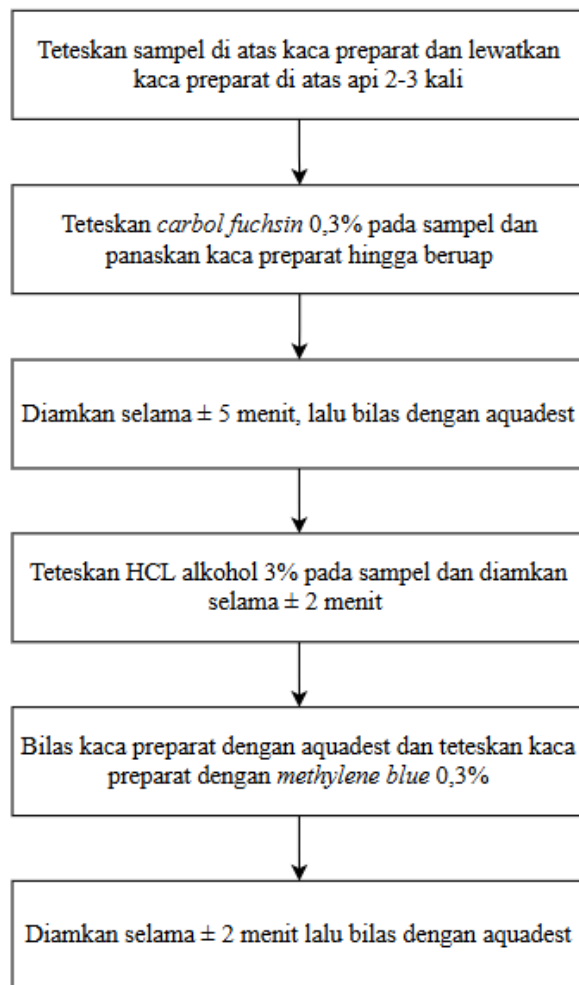
Sampel yang sudah diambil selanjutnya dimasukkan ke dalam *ice box* berisi *blue ice* agar kondisi sampel tetap terjaga sampai dilakukan pengujian di laboratorium.

3.3.3 Pengujian Sampel

Dalam melakukan pengujian terhadap keberadaan *Cryptosporidium* dan Total *Coliform* pada sampel air di PAMSIMAS Banyu Panguripan, metode yang digunakan untuk menguji keberadaan parameter bakteriologis tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *Ziehl Neelsen* atau disebut juga dengan metode teknik pewarnaan dan metode MPN. Metode *Ziehl Neelsen* akan dilakukan dengan 3 tahapan pewarnaan (ZN A) *carbol fuchsin*, (ZN B) dekolorisasi dan (ZN C) pewarnaan *counterstain*. Sedangkan metode MPN akan dilakukan dengan tahapan uji pendugaan dan uji penegasan.

A. Prosedur penggunaan metode *Ziehl Neelsen*

Pengujian *ziehl neelsen* dilakukan dengan menggunakan 3 larutan pewarna yaitu *carbol fuchsin* 0,3% HCL alkohol 3%, dan *methylene blue* 0,3%.



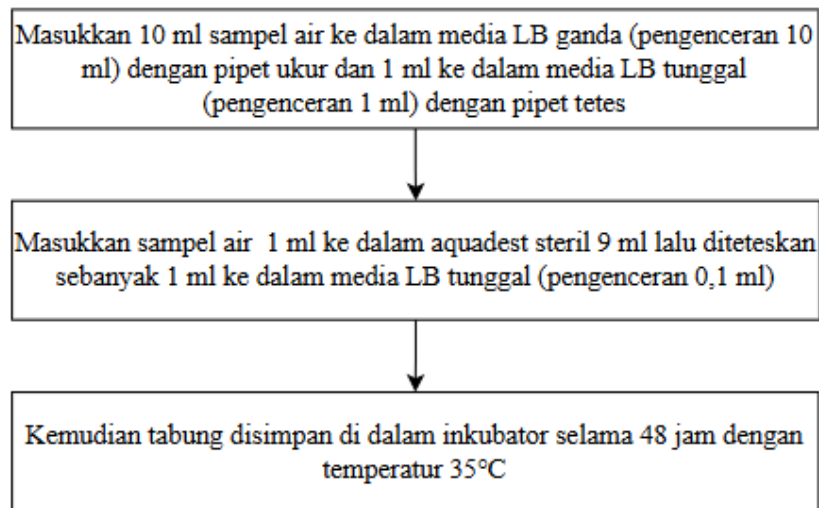
Gambar 3. 4 Prosedur pengujian *Cryptosporidium* dengan metode Ziehl Neelsen

Preparat yang sudah dalam keadaan kering dilakukan pengamatan mikroskop menggunakan perbesaran 4x dan 10x untuk memastikan keberadaan *Cryptosporidium* dengan pengulangan uji sampel dilakukan sebanyak 5 kali. Indikator keberadaan *Cryptosporidium* pada sampel yang diuji adalah berbentuk bulat atau oval berwarna merah.

B. Prosedur penggunaan metode MPN

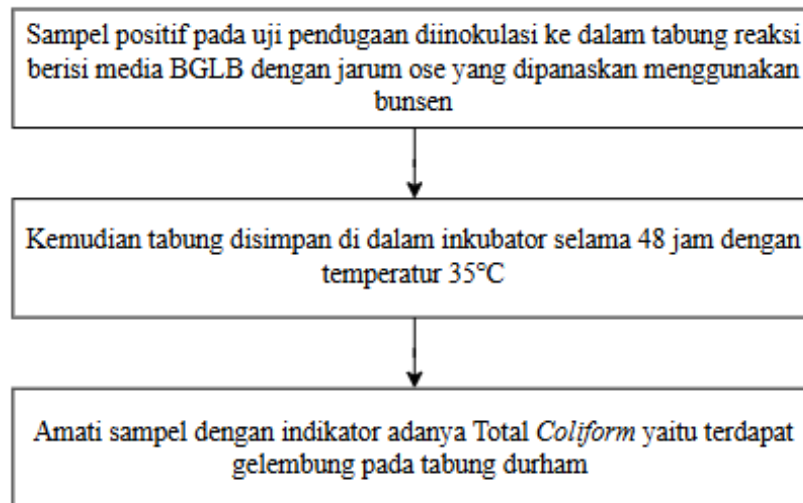
Pengujian Total *Coliform* dilakukan menggunakan *Laminar Air Flow* (LAF) untuk menghindari kontaminasi agar pengujian tetap dalam keadaan steril. Media

yang digunakan pada tahap uji pendugaan adalah *lactose broth* ganda dan tunggal dengan pengenceran sebanyak 3 kali yaitu 10 ml, 1 ml dan 0,1 ml.



Gambar 3. 5 Prosedur uji pendugaan Total *Coliform*

Apabila setelah 48 jam ditemukan gelembung pada media LB ganda dan tunggal, maka sampel tersebut diduga positif adanya Total *Coliform*. Akan tetapi, beberapa bakteri non *coliform* juga dapat menghasilkan nilai positif palsu sehingga harus dilakukan pengujian tahap selanjutnya yaitu uji penegasan (*Confirmative test*). Pada uji penegasan (*Confirmative Test*), media yang digunakan adalah media BGLB yang berfungsi untuk menghambat pertumbuhan bakteri gram positif dan meningkatkan pertumbuhan bakteri *coliforms* (Simamora, 2015).



Gambar 3. 6 Prosedur uji penegasan Total *Coliform*

3.3.4 Analisis Hasil dan Kesimpulan

Hasil yang telah diperoleh dari pengujian di laboratorium berupa data mengenai keberadaan *Cryptosporidium* dan Total *Coliform* pada sampel air dari PAMSIMAS Banyu Panguripan akan dianalisis berdasarkan kadar maksimum yang diperbolehkan pada regulasi yang ditetapkan yaitu EPA dan Permenkes No 2 Tahun 2023. Apabila dari hasil pengujian ditemukan keberadaan *Cryptosporidium* dan Total *Coliform*, maka akan dikaji mengenai proses dan metode desinfeksi yang digunakan oleh PAMSIMAS Banyu Panguripan yaitu sinar UV serta faktor lainnya seperti kondisi lingkungan disekitar PAMSIMAS atau aktivitas yang dapat menimbulkan keberadaan dari *Cryptosporidium* dan Total *Coliform*. Penyajian data yang didapat untuk Total *Coliform* berupa tabel yang berisi jumlah sampel dan hasil dari pengenceran 10 ml, 1 ml dan 0,1 ml untuk setiap media. Sedangkan hasil pengujian *Cryptosporidium* berupa gambar dari pengamatan yang dilakukan menggunakan mikroskop. Kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan akan membantu dalam penyampaian saran dan kritik terhadap PAMSIMAS Banyu Panguripan untuk dijadikan evaluasi apabila ditemukan kekurangan dalam penyediaan air minum kepada masyarakat.

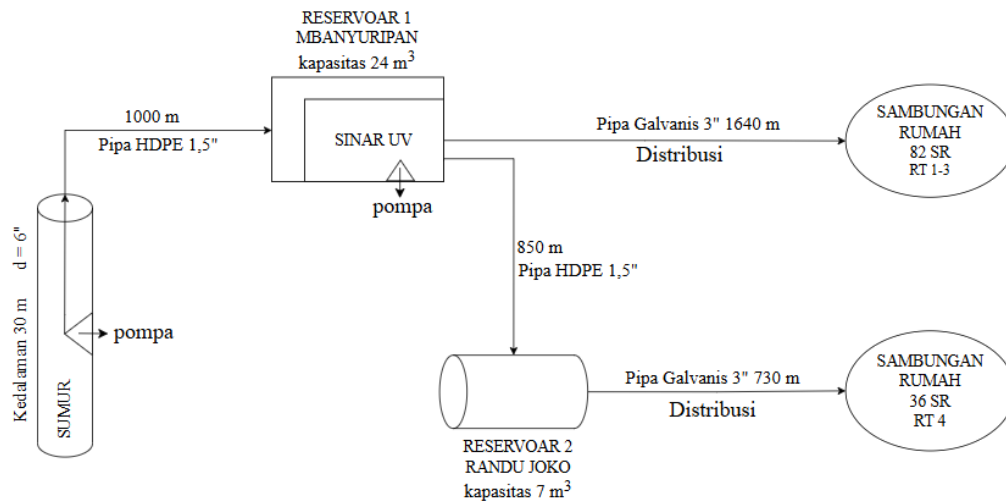
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting PAMSIMAS Banyu Panguripan

Pengambilan sampel tugas akhir berupa air bersih dilakukan pada salah satu PAMSIMAS di Yogyakarta yaitu PAMSIMAS Banyu Panguripan yang berlokasi di Padukuhan Gamparan, Kelurahan Sumberharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. PAMSIMAS Banyu Panguripan termasuk salah satu dari 2 PAMSIMAS di Yogyakarta yang sudah menggunakan desinfeksi dalam pengolahan air bersih yaitu dengan menggunakan teknologi sinar ultraviolet sebelum air didistribusikan kepada masyarakat untuk meminimalisir adanya mikroorganisme yang memberikan dampak buruk pada kesehatan manusia. PAMSIMAS Banyu Panguripan memiliki 2 reservoir dengan sumber air bersih yang digunakan berasal dari sumur dengan kedalaman 30 meter dan berdiameter 6 inci. Reservoir 1 diberi nama Mbanyuripan dan reservoir 2 diberi nama Randu Joko.

Sistem pendistribusian di PAMSIMAS Banyu Panguripan diawali dari sumur yang akan mengalirkan air menuju reservoir 1 dengan kapasitas 24 m^3 menggunakan bantuan pompa yang terletak di kedalaman sumur 16 m. Kemudian air yang masuk ke dalam reservoir 1 akan didesinfeksi menggunakan lampu sinar ultraviolet untuk menghilangkan mikroorganisme dalam air. Penyaluran pada reservoir 1 terbagi menjadi 2 yaitu didistribusikan menuju sambungan rumah secara gravitasi pada layanan reservoir 1 dan dialirkan dengan bantuan pompa menuju reservoir 2. Air yang sudah ditampung pada reservoir 2 dengan kapasitas 7 m^3 akan langsung didistribusikan menuju sambungan rumah layanan reservoir 2 secara gravitasi. Sistem tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.1** berikut.



Gambar 4. 1 Sistem distribusi air bersih PAMSIMAS Banyu Panguripan

Tabel 4. 1 Spesifikasi reservoir 1 dan 2 PAMSIMAS Banyu Panguripan

Reservoir	Bentuk dan Ukuran	Kapasitas
1	Persegi cor beton 3x4x2 meter	24 m ³
2	Tabung bahan plastik viber jenis resin, diameter 1,8 m dan panjang 2,8 m	7 m ³



(a)



(b)

Gambar 4. 2 (a) Reservoir 1: Mbanyuripan, (b) Reservoir 2: Randu joko

Berdasarkan spesifikasi bentuk dan ukuran reservoir pada **Tabel 4.1** dan **Gambar 4.2**, kedua reservoir tersebut telah melayani 118 Sambungan Rumah (SR) dengan 4 Rukun Tetangga (RT) dan 2 Rukun Warga (RW) yaitu RT 1 – 4 dan RW 27 – 28. Dari hasil wawancara yang dilakukan dengan pengurus PAMSIMAS, resevoar 1 telah melayani 82 SR dari RT 1 – 2 untuk RW 27 dan RT 3 untuk RW 28 dengan total 281 jiwa. Sedangkan resevoar 2 telah melayani 36 SR dari RT 4 untuk RW 28 dengan total 146 jiwa. Pompa yang digunakan pada kedua reservoir memiliki spesifikasi yang sama yaitu merk Drakos dengan daya 3hp/220/1phase 4-sp5-25 2,2 kW. Pompa yang digunakan sudah dilengkapi dengan *warning system* level air yaitu apabila air yang berada di bak penampung kurang dari batas yang ditentukan, maka alarm akan berbunyi dan akan mengirimkan sinyal peringatan. Untuk area pelayanan reservoir 1 dan reservoir 2 dialirkan secara gravitasi menggunakan pipa besi galvanis berukuran 3 inci seperti pada **Gambar 4.3** dan pipa utama dari sumur sampai reservoir 2 menggunakan pipa jenis HDPE berukuran 1,5 inci.

Tabel 4. 2 Ukuran panjang pipa distribusi yang digunakan di PAMSIMAS Banyu Panguripan

Titik Awal	Titik Akhir	Panjang (m)
Sumur	Reservoir 1	1000
Reservoir 1	Reservoir 2	850
Reservoir 1	SR terjauh	1640
Reservoir 2	SR terjauh	730



Gambar 4. 3 Pipa galvanis yang digunakan di PAMSIMAS Banyu Panguripan
Sumber: Pengurus PAMSIMAS Banyu Panguripan

Sinar ultraviolet yang digunakan pada PAMSIMAS Banyu Panguripan berfungsi untuk mensterilkan air dari mikroba dengan menggunakan lampu merk YMN sebanyak 2 buah lampu dengan daya sebesar 40 watt, panjang gelombang 240 nm, dan tegangan sebesar 220 volt seperti pada **Gambar 4.4**. Dalam operasional penggunaannya sudah diatur secara otomatis dengan sistem *on* 5 menit dan sistem *off* 10 menit sehingga dalam sehari lampu sinar ultraviolet akan menyala selama 8 jam. Posisi lampu sinar ultraviolet berada pada kedalaman 1 m dengan posisi vertikal namun agak miring $\pm 35^\circ$. Penggunaan sinar ultraviolet ini mulai dilaksanakan pada bulan Juli 2024 dimana sebelumnya PAMSIMAS Banyu Panguripan sempat menggunakan desinfeksi berupa klorin. Pergantian jenis desinfeksi dilakukan karena masyarakat tidak senang dengan bau yang ditimbulkan oleh klorin dan terdapat usaha produksi tempe yang apabila air tersebut digunakan dengan klorin maka akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme sehingga produksi tempe tidak bisa dilakukan. Alasan tersebut membuat para pengurus PAMSIMAS menggantikannya dengan alternatif desinfeksi lain yaitu sinar ultraviolet.



(a)



(b)

Gambar 4. 4 (a) Lampu sinar UV *online shop*: graciaaquatic, (b) Lampu sinar UV yang digunakan PAMSIMAS Banyu Panguripan

Tabel 4. 3 Hasil uji kualitas air PAMSIMAS Banyu Panguripan

No	Parameter	Hasil	Satuan
1	Total <i>Coliform</i>	16	CFU/100 ml
2	Suhu	25,5	°C
3	Total Dissolve Solid (TDS)	510	mg/L
4	Kekeruhan	0,59	NTU
5	Bau	Tidak berbau	
6	pH	7,58	

Sumber: PAMSIMAS Banyu Panguripan oleh UPTD Laboratorium Kesehatan

Pengujian kualitas air oleh PAMSIMAS Banyu Panguripan untuk parameter biologi dilakukan 2 kali dalam setahun dan untuk parameter fisika dilakukan 1 kali dalam setahun. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh pihak PAMSIMAS pada bulan Agustus 2024 seperti pada **Tabel 4.3** didapati keberadaan Total *Coliform* sebanyak 16 CFU/100 ml pada reservoar 1. Pemeliharaan terhadap PAMSIMAS yang dilakukan oleh para pengurus berupa pengurasan bak penampung air sumur yang dilakukan 3 bulan sekali, sedangkan pemeriksaan sistem panel dan lampu sinar ultraviolet dilakukan 2 kali dalam sebulan.

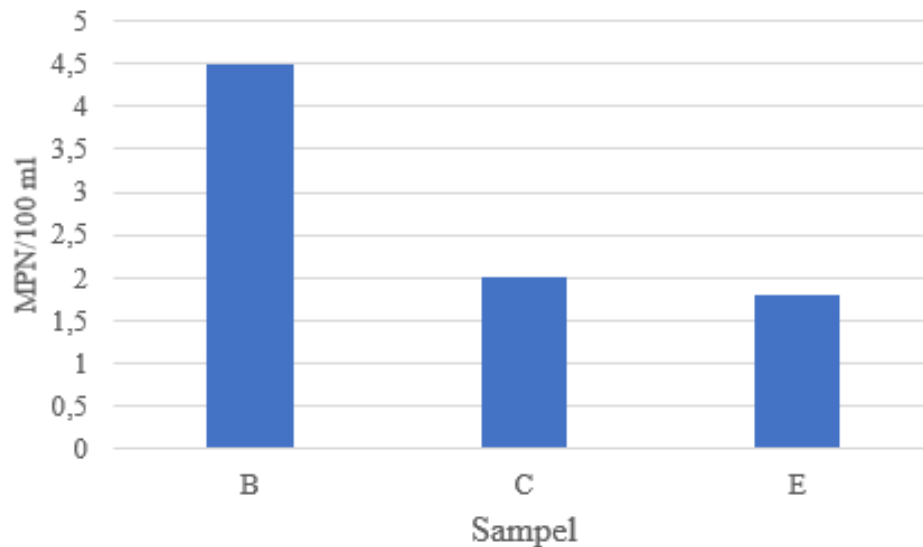
4.2 Hasil Pengujian Sampel

Pengujian sampel air bersih pada PAMSIMAS Banyu Panguripan untuk mengetahui keberadaan *Total Coliform* menggunakan metode MPN dan *Cryptosporidium* menggunakan metode *Ziehl Neelsen* yang dilakukan pada bulan Februari. Pemilihan kedua mikroorganisme tersebut didasarkan pada 2 regulasi yang berbeda mengenai standar kualitas air minum yaitu Permenkes No 2 Tahun 2023 dan USEPA. Pada Permenkes No 2 Tahun 2023 hanya terdapat dua mikroorganisme yang dicantumkan dan umumnya diketahui oleh masyarakat yaitu *Total Coliform* dan *Escherichia coli*, sedangkan pada USEPA terdapat mikroorganisme lain yang dijadikan sebagai parameter dalam pengujian kualitas air minum salah satunya adalah *Cryptosporidium* dan masih jarang diteliti di Indonesia. Pengambilan sampel dilakukan pada 5 lokasi yang berbeda berdasarkan jalur distribusi PAMSIMAS yaitu air sumur/sebelum terkena sinar ultraviolet (sampel A), reservoir 1 (sampel B), titik terjauh distribusi reservoir 1 (sampel C), reservoir 2 (sampel D) dan titik terjauh distribusi reservoir 2 (sampel E).

4.2.1 Hasil Uji Total *Coliform* pada PAMSIMAS Banyu Panguripan

Pengujian *Total Coliform* dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada bulan Januari 2025 untuk pengujian pertama dan bulan Februari 2025 untuk pengujian kedua. Pengujian pertama dengan 2 sampel yaitu pada air sumur dan reservoir 1. Pengujian kedua dengan 5 sampel yaitu pada air sumur, reservoir 1, distribusi terjauh reservoir 1, reservoir 2 dan distribusi terjauh reservoir 2. Pengujian *Total Coliform* dilakukan menggunakan metode MPN dengan 2 tahapan pengujian yaitu tahapan pendugaan (*presumptive test*) dan tahapan penegasan (*confirmed test*). Setiap tahapan akan dilakukan 3 kali pengenceran sampel yaitu 10 ml, 1 ml, dan 0,1 ml. Sampel yang terdeteksi keberadaan *Total Coliform* dinyatakan dengan adanya gelembung pada tabung Durham. Hasil dari pengujian pertama dan pengujian kedua yang dilakukan oleh penulis didapati adanya *Total Coliform* pada setiap sampel. Keberadaan *Total Coliform* tersebut menjadi suatu permasalahan karena dapat memberikan dampak buruk pada kesehatan masyarakat apabila air

yang didistribusikan dari PAMSIMAS bukan hanya digunakan untuk aktivitas domestik yaitu mencuci, mandi dan lainnya, tetapi juga dikonsumsi oleh masyarakat.



Gambar 4. 5 Hasil pengujian keberadaan Total *Coliform* pada reservoir 1 (sampel B), distribusi terjauh reservoir 1 (sampel C), dan distribusi terjauh reservoir 2 (sampel E)

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.5** yaitu keberadaan Total *Coliform* ditemukan pada reservoir 1 (sampel B) sebanyak 4,5 MPN/100 ml saat pengujian pertama, distribusi terjauh reservoir 1 (sampel C) sebanyak 2 MPN/100 ml dan distribusi terjauh reservoir 2 (sampel E) sebanyak 1,8 MPN/100 ml. Sedangkan pada air sumur (sampel A) untuk pengujian pertama dan kedua, reservoir 1 (sampel B) pada pengujian kedua dan reservoir 2 (sampel D) ditemukan adanya Total *Coliform* sebanyak <1,8 MPN/100 ml. Berdasarkan Permenkes No 2 Tahun 2023 dijelaskan keberadaan Total *Coliform* yang diperbolehkan pada air minum sebanyak 0 CFU/100 ml, sehingga hasil tersebut menunjukkan bahwa air yang sudah didesinfeksi dengan sinar ultraviolet masih terkontaminasi dan belum layak untuk dikonsumsi.

Meskipun satuan pengujian yang tercantum pada Permenkes adalah CFU, kadar yang diperbolehkan menunjukkan angka 0 yaitu tidak boleh ditemukan keberadaan Total *Coliform* pada air minum. MPN dan CFU merupakan dua metode pengujian yang berbeda dimana media yang digunakan dalam pengujian metode MPN berupa media cair pada tabung sedangkan metode CFU berupa media agar/padat pada cawan. Perbedaan hasil yang diberikan dari penggunaan kedua metode tersebut adalah metode MPN dilihat berdasarkan nilai kemungkinan konsentrasi terhadap jumlah pada tabung positif sedangkan metode CFU dilihat berdasarkan jumlah koloni yang tumbuh pada media agar. Menurut Cho dkk., (2010), hasil pengujian yang diberikan dari kedua metode terhadap *E.coli* dan *Enterococci* menunjukkan perbedaan. Pengujian *E.coli* dengan metode MPN memberikan hasil lebih besar dibandingkan CFU sedangkan pada pengujian *Enterococci* dengan MPN memberikan hasil lebih rendah dari CFU.

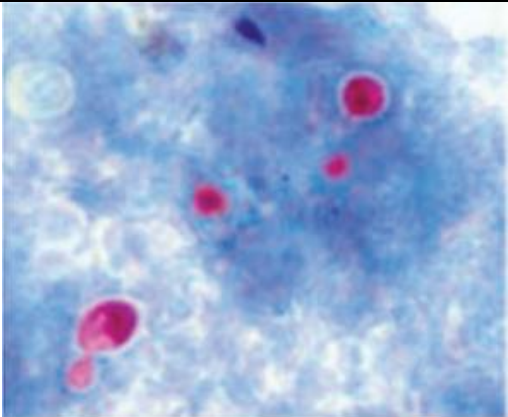
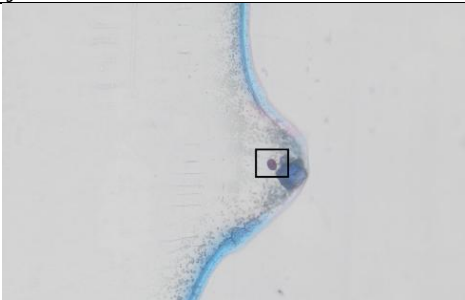
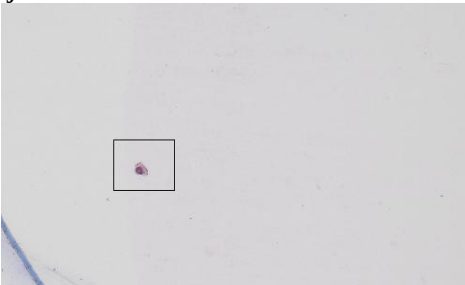
4.2.2 Hasil Uji *Cryptosporidium* pada PAMSIMAS Banyu Panguripan

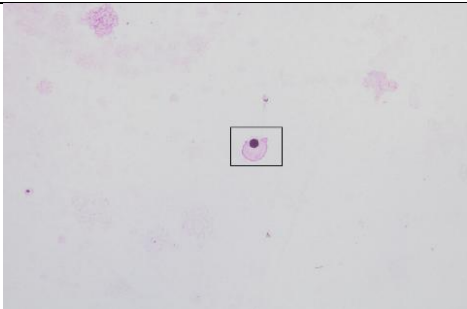
Pengujian *Cryptosporidium* dilakukan sebanyak 2 kali pengujian. Pengujian pertama dilakukan pada bulan Januari dengan jumlah 2 sampel yang berasal dari air sumur (sampel A) dan reservoir 1 (sampel B). Sedangkan pengujian kedua dilakukan pada bulan Februari dengan jumlah sampel sebanyak 5 yang diambil pada air sumur (sampel A), reservoir 1 (sampel B), titik terjauh distribusi reservoir 1 (sampel C), reservoir 2 (sampel D) dan titik terjauh distribusi reservoir 2 (sampel E). Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode pewarnaan *Ziehl Neelsen*. Penggunaan sampel sebanyak 15 ml dan dilakukan uji pengulangan sebanyak 5x untuk memastikan keberadaan protozoa *Cryptosporidium* dalam sampel.

Pengamatan protozoa dilakukan menggunakan mikroskop dengan bantuan sinar putih untuk pencahayaan dan perbesaran lensa objektif 40x. Keberadaan ookista *Cryptosporidium* dapat dilihat dari ciri-ciri morfologinya yaitu berbentuk bulat atau oval, berwarna merah dari hasil pewarnaan dan berukuran 4-6 μm . Namun berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Taylor dkk., (2016), Mufa dkk., (2020), dan Monalisa dkk., (2023) menyatakan bahwa ookista

Cryptosporidium berukuran 2-8 μm . Berdasarkan penjelasan tersebut, hasil pengujian *Cryptosporidium* dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4. 4 Hasil pengujian keberadaan *Cryptosporidium* pada air sumur (sampel A), reservoir 1 (sampel B), distribusi terjauh reservoir 1 (sampel C), dan distribusi terjauh reservoir 2 (sampel E)

Referensi			
 Sumber: Gerace dkk., (2019)			
No	Hasil	Keterangan	Sumber
Pengujian I			
		Mikroskop perbesaran 40x	Reservoir 1/setelah terkena sinar UV
Pengujian II			
		Mikroskop perbesaran 40x	Air sumur/sebelum terkena sinar UV

	Mikroskop perbesaran 40x	Distribusi terjauh reservoir 1
	Mikroskop perbesaran 40x	Distribusi terjauh reservoir 2

Berdasarkan ciri-ciri morfologi *Cryptosporidium*, hasil yang didapat pada pengujian pertama dengan 2 sampel yaitu pada air sumur (sampel A) dan reservoir 1 (sampel B) ditemukan adanya ookista *Cryptosporidium* pada sampel B berukuran 6,85 μm . Pada pengujian kedua dengan 5 sampel, keberadaan ookista *Cryptosporidium* ditemukan pada air sumur (sampel A) berukuran 4,08 μm , distribusi terjauh reservoir 1 (sampel C) berukuran 6,06 μm , dan distribusi terjauh reservoir 2 berukuran 4 μm . Pengukuran diameter *Cryptosporidium* dari hasil pengamatan menggunakan mikroskop dilakukan dengan menggunakan aplikasi/software tambahan yaitu *Image Raster* dengan cara menambahkan gambar hasil pengamatan di mikroskop yang kemudian dilakukan pengukuran untuk mengetahui diameter dari *Cryptosporidium* tersebut.

4.2.3 Hasil Uji Parameter Pelengkap di PAMSIMAS Banyu Panguripan

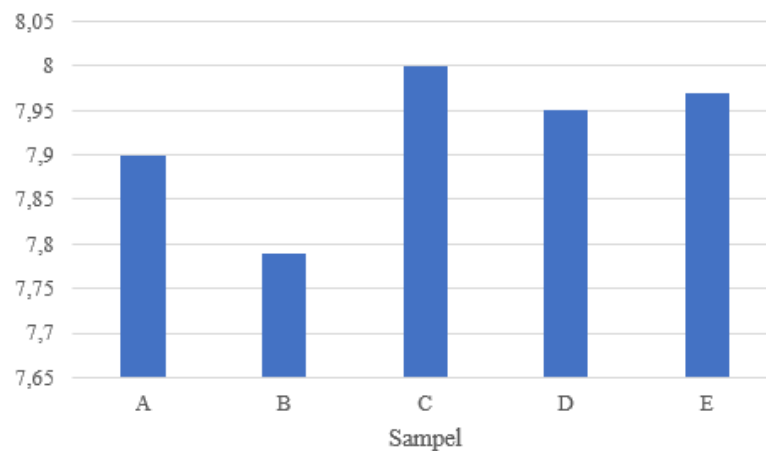
Menurut Permenkes No 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan dijelaskan bahwa pengujian terhadap parameter fisik terdiri dari pengujian suhu, *Total Dissolve Solid* (TDS), kekeruhan, bau, dan pH. Pengujian kelima parameter tersebut dilakukan secara langsung pada 5 lokasi dengan alat yang digunakan

berupa termometer untuk pengujian suhu, tubidimeter untuk pengujian kekeruhan, multimeter untuk pengujian TDS, pH meter untuk pengujian pH. Hasil pengujian parameter yang telah dilakukan terhadap sampel air PAMSIMAS Banyu Panguripan pada 5 titik lokasi dapat dilihat pada **Tabel 4.5** berikut.

Tabel 4. 5 Hasil pengujian parameter fisik dan kimia di PAMSIMAS Banyu Panguripan

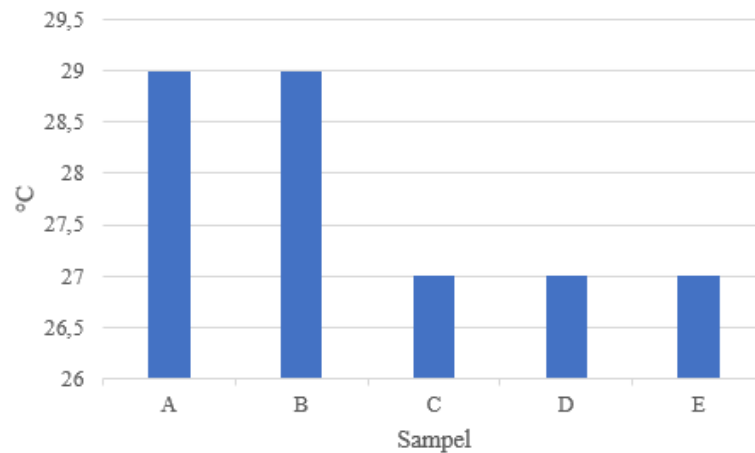
No	Sampel	pH	Suhu (°C)	TDS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	Bau
		Standar Baku Mutu Permenkes No 2 Tahun 2023				
		6,5-8,5	Suhu udara + 3	<300	<3	Tidak berbau
1	A	7,9	29	624	0	Tidak berbau
2	B	7,79	29	614	0	Tidak berbau
3	C	8	27	635	0	Tidak berbau
4	D	7,95	27	623	0	Tidak berbau
5	E	7,97	27	630	0	Tidak berbau
Rata-rata		7,92	28	625	0	

Berdasarkan tabel di atas, hasil pengujian air bersih yang dilakukan untuk parameter pH mengalami kenaikan yang cukup tinggi pada sampel C seperti pada **Gambar 4.6**.



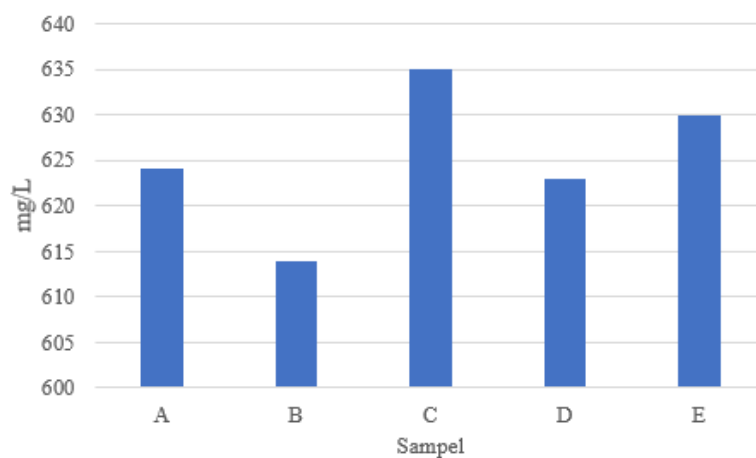
Gambar 4. 6 Hasil pengujian pH di PAMSIMAS Banyu Panguripan pada 5 titik sampling

Gambar 4.6 menggambarkan bahwa terjadi kenaikan yang cukup tinggi pada titik C sebesar 8. Berdasarkan baku mutu pada Permenkes No 2 Tahun 2023 yaitu 6,5-8,5 untuk parameter pH, hasil pengujian pada ke-5 titik masih berada pada rentang yang diperbolehkan. Nilai yang didapat menunjukkan bahwa proses desinfeksi pada air bersih menggunakan sinar ultraviolet di PAMSIMAS Banyu Panguripan tidak melebihi atau kurang dari baku mutu. Pada suhu tersebut, biota akuatik dapat hidup pada nilai pH dengan rentang 7-8,5 yang bersifat netral dan alkali sehingga memungkinkan ookista *Cryptosporidium* dapat ditemukan (Nufutomo & Muntalif, 2017).



Gambar 4. 7 Hasil pengujian suhu di PAMSIMAS Banyu Panguripan pada 5 titik sampling

Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian pada sampel air untuk parameter suhu yang mengalami penurunan pada titik C sebesar 27 °C. Berdasarkan baku mutu pada Permenkes No 2 Tahun 2023, dari ke-5 titik tersebut, 2 titik yaitu pada titik A dan B melebihi kadar yang diperbolehkan pada rentang 22-28 °C. Pada suhu 10-27 °C ookista *Cryptosporidium* dapat bertahan sehingga memungkinkan adanya *Cryptosporidium* pada sampel C-D.



Gambar 4. 8 Hasil pengujian *Total Dissolved Solid* (TDS) di PAMSIMAS Banyu Panguripan pada 5 titik sampling

Gambar 4.8 menunjukkan hasil pengujian TDS yang telah dilakukan yaitu sebesar 614-635 mg/L dengan rata-rata sebesar 625 mg/L pada ke-5 titik sampling. Berdasarkan standar baku mutu pada Permenkes No 2 Tahun 2023, nilai tersebut menunjukkan bahwa air pada PAMSIMAS Banyu Panguripan melebihi kadar yang diizinkan yaitu <300 mg/L. TDS merupakan padatan terlarut yang berukuran kecil dengan satuan mg/L dan tingginya kadar TDS disebabkan karena bahan organik, anorganik dan material lainnya yang larut dalam air (Malesi & Putra, 2024). Kadar TDS dalam perairan tinggi dapat bersumber dari faktor alam seperti pelapukan batuan, limpasan dari tanah dan aktivitas manusia seperti kegiatan pertanian, limbah rumah tangga dan industri (Rinawati dkk., 2016). Menurut WHO (2022), kadar TDS yang tinggi dapat menjadi penghambat proses desinfeksi sinar ultraviolet untuk mereduksi mikroorganisme pada air.

Hasil pengujian air bersih yang didapat pada seluruh sampel untuk parameter kekeruhan yaitu sebesar 0 NTU. Nilai tersebut menunjukkan hasil yang konsisten karena tidak mengalami kenaikan atau penurunan dari sampel pertama sampai sampel kelima. Berdasarkan Permenkes No 2 Tahun 2023, nilai yang didapat pada ke-5 titik telah memenuhi kadar baku mutu yang diperbolehkan yaitu <3 NTU. Apabila nilai kekeruhan tinggi maka akan memungkinkan terjadinya peningkatan pada oocista *Cryptosporidium* (Nufutomo & Muntalif, 2017). Hasil pengujian terhadap parameter bau didapati bahwa air yang digunakan oleh PAMSIMAS Banyu Panguripan telah memenuhi standar baku mutu yaitu tidak berbau pada seluruh sampel.

4.3 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap pengujian Total *Coliform* dan *Cryptosporidium*, bahwa kedua mikroorganisme tersebut ditemukan pada beberapa titik lokasi sampling. Maka akan dilakukan analisis terhadap keberadaan Total *Coliform* dan *Cryptosporidium* di PAMSIMAS Banyu Panguripan terhadap penggunaan metode desinfeksi berupa sinar ultraviolet.

4.3.1 Analisis Kondisi Lingkungan di PAMSIMAS

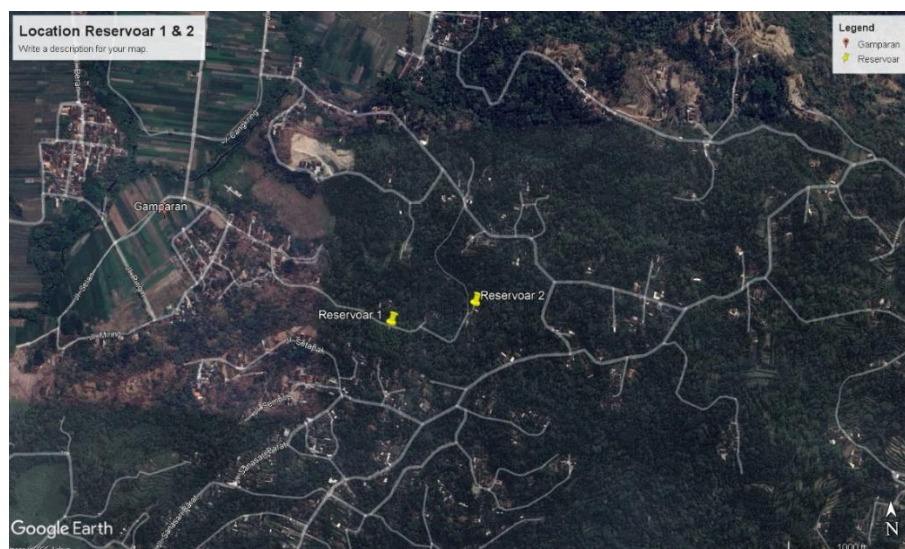
Berdasarkan hasil observasi, PAMSIMAS Banyu Panguripan berlokasi di daerah pedesaan dengan dataran rendah dan tinggi. Lokasi sumur sebagai sumber air dari PAMSIMAS Banyu Panguripan berada di dataran yang lebih rendah yang berdekatan dengan sungai dan dikelilingi oleh lahan pertanian yang masyarakatnya mayoritas melakukan aktivitas bertani seperti pada **Gambar 4.9** serta terdapat beberapa peternakan di daerah tersebut. Letak reservoir 1 berada di dataran yang lebih tinggi dari sumur sehingga membutuhkan alat bantu pompa dalam menyalurkan air untuk sampai ke reservoir 1. Begitupun pada lokasi reservoir 2 yang berada di dataran lebih tinggi dari reservoir 1 sehingga dalam pendistribusian ke masyarakat dilakukan secara gravitasi. Dilihat dari kondisi antara reservoir 1 dan reservoir 2 pada **Gambar 4.2 dan 4.10**. Reservoir 1 dikelilingi oleh vegetasi yang menjulang tinggi dan apabila penutup bak reservoir 1 sedang dibuka ada kemungkinan kontaminasi dari hewan, manusia dan vegetasi karena tidak ada bangunan pelindung seperti atap yang menutupi reservoir. Sedangkan vegetasi pada reservoir 2 hanya berada dibagian belakang reservoir. Faktor tersebut dapat memungkinkan adanya kontaminasi pada saat pengambilan sampel.

Berdasarkan hasil pengujian pada sampel air sumur, keberadaan Total *Coliform* dapat terjadi karena adanya kontaminasi dari kotoran hewan yang dibawa oleh limpasan air hujan di permukaan atau meresap ke dalam tanah yang menyebabkan air sumur menjadi tercemar. Selain itu, lokasi sumur yang berdekatan dengan sungai bisa menjadi penyebab keberadaan dari Total *Coliform* tersebut. Menurut Divya & Solomo (2015), bahwa Total *Coliform* dapat ditemukan di lingkungan karena adanya kontaminasi dari kotoran hewan atau manusia serta terjadinya limpasan air hujan. Menurut Sabaaturohma dkk., (2020), Total *Coliform* juga dapat ditemukan di tanah, vegetasi atau permukaan air. *Cryptosporidium* tidak hanya berasal dari hewan ternak tetapi bisa berasal dari hewan lain seperti serangga, reptil, burung, dan beberapa hewan lainnya (USEPA, 1994). Sama halnya dengan keberadaan Total *Coliform* pada air sumur, bahwa keberadaan *Cryptosporidium* juga dapat terjadi karena adanya kontaminasi dari

kotoran hewan yang terbawa oleh aliran air yang masuk ke dalam tanah. Sifatnya yang resisten terhadap cuaca ekstrem pada suhu -10°C menyebabkan *Cryptosporidium* dapat bertahan hidup lebih lama.



Gambar 4. 9 Sumber air (sumur) yang digunakan oleh PAMSIMAS Banyu Panguripan



Gambar 4. 10 Kondisi lingkungan reservoir 1 dan 2 PAMSIMAS Banyu Panguripan

4.3.2 Efektivitas Penggunaan Sinar Ultraviolet di PAMSIMAS

Menurut Gerace dkk., (2019), terhadap metode desinfeksi yang digunakan pada kualitas air, ookista *Cryptosporidium* sangat tahan terhadap desinfeksi seperti klorin, kloramin, dan klorin dioksida. Sehingga metode desinfeksi yang lebih tepat digunakan berupa sinar ultraviolet dan ozon. Namun, keberadaan Total *Coliform* dan *Cryptosporidium* pada reservoir 1 bisa disebabkan karena selongsong pada lampu sinar ultraviolet yang digunakan berkerak. Kerak pada selongsong lampu dapat terjadi karena adanya kandungan besi terlarut dalam air yang akan menghalangi proses sinar ultraviolet pada Total *Coliform* dan *Cryptosporidium*. Hal tersebut didasarkan pada penelitian Sheriff & Gher (2001) yang menerangkan bahwa air dengan kandungan besi di atas 3 ppm akan lebih cepat terjadi pembentukan kerak pada selongsong lampu. Kemudian berdasarkan penelitian Hudaya dkk., (2010), menerangkan bahwa semakin besar konsentrasi besi yang terkandung dalam air akan berpengaruh terhadap sinar ultraviolet yang digunakan.

Keberadaan Total *Coliform* pada reservoir 2 dapat terjadi karena tidak efektifnya penyinaran ultraviolet pada reservoir 1 sehingga menyebabkan aliran air yang masuk ke dalam reservoir 2 menjadi terkontaminasi oleh Total *Coliform*. Hasil pengujian yang menunjukkan adanya Total *Coliform* dan *Cryptosporidium* pada distribusi terjauh reservoir 1 dan 2 bisa disebabkan karena adanya permasalahan pada pipa distribusi yang menyebabkan air hasil desinfeksi terkontaminasi. Mikroorganisme yang masuk ke jaringan perpipaan akan menempel dan dapat membentuk lapisan *biofilm* yang bisa menyebabkan penurunan pada kualitas air dan kerusakan pipa. Menurut Warnecke (2006), sistem distribusi dapat berpotensi terkontaminasi oleh mikroorganisme yang akan menempel pada pipa dan terakumulasi pada jaringan perpipaan, khususnya ookista *Cryptosporidium* dalam jangka waktu yang lama. Hal tersebut diperjelas dengan adanya informasi dari pengurus PAMSIMAS Banyu Panguripan yang menyampaikan bahwa pada pipa distribusi dari reservoir 1 dan reservoir 2 sering mengalami kebocoran pada beberapa titik. Pada penelitian yang dilakukan oleh Galbraith dkk., (1987) di Inggris terhadap penyakit yang ditularkan melalui air

berasal dari sistem distribusi dan kontaminasi sumber. Menurut Galbraith dkk., (1987) dan Gleeson & Gray (1996), kontaminasi mikroorganisme pada saluran distribusi dapat terjadi karena adanya kebocoran yang menyebabkan mikroorganisme dapat terakumulasi pada pipa.

Sinar ultraviolet merupakan spektrum elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 100 – 400 nm yang umumnya digunakan sebagai desinfeksi karena dapat menyebabkan kematian pada mikroorganisme. Sinar ultraviolet berasal dari *fluorescent* khusus (lampu merkuri) bertekanan rendah dengan panjang gelombang 253,7 nm yang dapat menembus dinding sel untuk mematikan mikroorganisme (Hudaya dkk., 2010). Menurut WHO (2022) desinfeksi berupa sinar ultraviolet dapat mereduksi setiap jenis mikroorganisme dengan rentang dosis tertentu seperti virus dengan rentang dosis antara 7 – 186 mJ/cm², bakteri dengan rentang dosis 0,65 – 230 mJ/cm², dan protozoa dengan rentang dosis <1 – 60 mJ/cm². Selain itu, efektivitas penggunaan desinfeksi sinar ultraviolet bergantung pada intensitas, waktu paparan, masa pakai dan panjang gelombang lampu. Dosis sinar ultraviolet dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$\text{Dosis UV (mJ/cm}^2\text{)} = \text{Intensitas UV (mW/cm}^2\text{)} \times \text{Waktu Paparan (detik)}$$

Panjang gelombang lampu sinar ultraviolet akan menurun dan tidak efektif dalam membunuh mikroorganisme apabila masa pakai lampu sinar ultraviolet kurang dari 3 tahun tetapi sudah melebihi 9000 jam. Namun, jika pemakaian lampu sudah lebih dari tiga tahun dan masa pakai lampu kurang dari 9000 jam maka lampu sinar ultraviolet tetap efektif untuk digunakan (Navratinova dkk., 2019). Masa pakai lampu sinar ultraviolet yang digunakan di PAMSIMAS Banyu Panguripan baru digunakan selama 6 bulan dari awal pemasangan dengan siklus lampu menyala selama 5 menit dan 10 menit kemudian lampu akan mati secara otomatis sehingga masa pemakaian lampu sinar ultraviolet di PAMSIMAS Banyu Panguripan belum mencapai 9000 jam yaitu 1696 jam.

Meskipun spesifikasi lampu yang digunakan sudah dikategorikan efektif dalam melakukan desinfeksi terhadap Total *Coliform* dan *Cryptosporidium* pada

air seperti daya lampu sebesar 40 watt, tegangan sebesar 220 volt dan panjang gelombang sebesar 254 nm, lampu yang digunakan pada PAMSIMAS Banyu Panguripan belum efektif dalam membunuh Total *Coliform* dan *Cryptosporidium* pada air. Dilihat pada kondisi eksisting PAMSIMAS Banyu Panguripan dimana air yang masuk ke dalam reservoir 1 bisa tidak mengalami paparan sinar ultraviolet karena posisi lampu dan kondisi siklus lampu yang menyala selama 5 menit dan akan mati selama 10 menit sehingga air bisa masuk pada saat lampu ultraviolet dalam keadaan mati.

Penggunaan desinfeksi di PAMSIMAS Banyu Panguripan berupa sinar ultraviolet yang belum efektif dalam menghilangkan mikroorganisme pada air, maka diperlukan upaya dalam meningkatkan sistem pengolahan terhadap kualitas air yang akan dihasilkan oleh PAMSIMAS Banyu Panguripan. Merujuk pada lampu sinar ultraviolet merk lain dengan spesifikasi yang sama, yaitu lampu sinar ultraviolet Aquazonic 40 watt dengan panjang gelombang 254 nm dapat digunakan pada air dengan kapasitas 6 m³. Jika dilihat berdasarkan kapasitas pada reservoir 1 di PAMSIMAS Banyu Panguripan yaitu 24 m³ dengan total sebanyak 2 lampu, maka perlu dilakukan penambahan sebanyak 2 buah lampu agar lebih efektif dalam mereduksi Total *Coliform* dan *Cryptosporidium*. Selain itu, dapat dilakukan peningkatan sistem pengolahan dengan mempertimbangkan kondisi dari PAMSIMAS Banyu Panguripan seperti penggunaan sistem filtrasi dan penggunaan koagulan alami yaitu biji kelor.

Filtrasi merupakan salah satu sistem pengolahan air minum yang dapat mereduksi mikroorganisme pada air sebelum desinfeksi sinar ultraviolet digunakan (WHO, 2009). Peningkatan sistem pengolahan dengan menambahkan penggunaan filtrasi dapat membantu pengoptimalan reduksi terhadap Total *Coliform* dan *Cryptosporidium* pada air minum di PAMSIMAS Banyu Panguripan. *Slow sand filter* merupakan tipe filtrasi yang dapat mereduksi mikroorganisme pada air secara efektif karena memiliki ukuran media pori yang lebih kecil dari *rapid sand filter* (Ruhcahyani, 2024). *Slow sand filter* atau filter pasir lambat memiliki ukuran efektif antara 0,15 – 0,35 mm dengan kecepatan filtrasi lambat antara 0,1 – 0,4 m³/m².jam (Widiyanti dkk., 2021). Menurut

Nuradjie & Sampo (2021), filtrasi dengan tipe *slow sand filter* sangat cocok untuk digunakan di daerah pedesaan dan tidak memerlukan penggunaan bahan kimia.

Berdasarkan hasil wawancara mengenai kondisi masyarakat yang menolak penggunaan bahan kimia pada pengolahan air di PAMSIMAS Banyu Panguripan, biji kelor dapat menjadi alternatif sebagai koagulan alami yang dapat digunakan dalam penurunan kadar pada parameter fisik khususnya kekeruhan dan TDS. Biji kelor mengandung protein makromolekul yang bersifat polielektrolit sehingga bisa menurunkan kadar TDS pada air. Hal itu didasarkan pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Mali dkk., (2022) bahwa biji kelor dapat menurunkan kadar TDS pada air dengan penambahan konsentrasi sebesar 25 mg/L dapat menurunkan kadar TDS dengan kondisi awal sebesar 293 ppm menjadi 4,91 ppm.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap analisis keberadaan parameter bakteriologis di PAMSIMAS Banyu Panguripan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Ditemukan keberadaan *Total Coliform* dan *Cryptosporidium* pada sampel air di PAMSIMAS Banyu Panguripan yang diuji menggunakan metode MPN dan pewarnaan *Ziehl Neelsen*. Keberadaan mikroorganisme tersebut dapat disebabkan karena adanya kontaminasi dari kotoran hewan, kondisi lingkungan serta kondisi desinfeksi dan sistem distribusi di PAMSIMAS.
2. Metode desinfeksi yang digunakan PAMSIMAS Banyu Panguripan berupa sinar ultraviolet belum efektif dalam menghilangkan *Total Coliform* dan *Cryptosporidium* pada air bersih karena dalam pendistribusiannya ke masyarakat masih ditemukan adanya *Total Coliform* dan *Cryptosporidium*.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai “Analisis Keberadaan Parameter Bakteriologis pada PAMSIMAS Banyu Panguripan” yaitu sebagai berikut.

1. Perlu adanya perhitungan jumlah *Cryptosporidium* pada sampel untuk mengetahui kualitas air yang diuji dan mengetahui efektivitas metode desinfeksi yang digunakan.
2. Pada penelitian ini, jumlah titik pengambilan sampel pengujian pertama dan pengujian kedua tidak sesuai karena pengujian pertama belum ditentukan berdasarkan jalur distribusi PAMSIMAS. Untuk itu, pada

penelitian selanjutnya perlu disesuaikan dengan lebih teliti terhadap jumlah titik sampel yang akan diambil.

3. *Cryptosporidium* atau mikroorganisme lainnya perlu diamati menggunakan perbesaran mikroskop yang lebih besar agar membantu dalam klasifikasi mikroorganisme tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Baldurson, S., & Karanis, P. (2011). Waterborne transmission of protozoan parasites: Review of worldwide outbreaks—An update 2004–2010. *Water Research*, 45, 6603–6614.
- Cho, K. H., Han, D., Park, Y., Lee, S. W., Cha, S. M., Kang, J. H., & Kim, J. H. (2010). Evaluation of the relationship between two different methods for enumeration fecal indicator bacteria: Colony-forming unit and most probable number. *Journal of Environmental Sciences*, 22(6), 846–850.
- Divya, A. H., & Solomon, P. A. (2016). Effects of Some Water Quality Parameters Especially Total Coliform and Fecal Coliform in Surface Water of Chalakudy River. *Procedia Technology*, 24, 631–638.
- Fayer, R., Trout, J. M., & Jenkins, M. C. (1998). Infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts stored in water at environmental temperatures. *Journal of Parasitology*, 84(6), 1165–1169.
- Federal Provincial Territorial Committee on Drinking Water. (2017). *Enteric protozoa in drinking water: Giardia and Cryptosporidium*. Government of Canada.
- Figueras, M. J., & Borrego, J. J. (2010). New perspectives in monitoring drinking water microbial quality. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(12), 4179–4202.
- Galbraith, N. S., Barnett, N. J., & Stanwell-Smith, R. (1987). Water and disease after Croydon: A review of waterborne and water associated disease in the United Kingdom, 1937–1986. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management*, 1, 7–21.
- Gerace, E., Lo Presti, V. D. M., & Biondo, C. (2019). *Cryptosporidium* infection: Epidemiology, pathogenesis, and differential diagnosis. *European Journal of Microbiology and Immunology*, 9(4), 119–123.
- Gleeson, C., & Gray, N. (1996). *The coliform index and waterborne disease: Problems of microbial drinking water assessment*. London: E & FN Spon.
- Guo, Y., Tang, K., Rowe, L. A., Li, N., Roellig, D. M., Knipe, K., Frace, M., & Xiao, L. (2015). Comparative genomic analysis reveals occurrence of genetic recombination in virulent *Cryptosporidium hominis* subtypes and telomeric gene duplications in *Cryptosporidium parvum*.

- Health Organization, W. *Guidelines for drinking-water quality: small water supplies*.
- Hidayat, D., Suprianto, R., & Sari Dewi, P. (2016). Penentuan kandungan zat padat (total dissolved solid dan total suspended solid) di perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1).
- Hidayati, I., Wati, R. I., & Faizah, H. (2022). Analisis total bakteri Coliform dan identifikasi *Escherichia coli* pada makanan dan minuman di Kantin X. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(1), 26–34. <https://doi.org/10.29080/alard.v8i1.1488>
- Hudaya, T., Prima, A., Chrysilla, M., & Candranela. (2010). Desinfeksi mikroba patogen dalam air tanah untuk air minum dengan radiasi UV. Universitas Katolik Parahyangan.
- Irhad, B. N. (2023). *Gambaran kondisi lingkungan dan kandungan bakteri Escherichia coli pada sarana air bersih di RW 06 Kelurahan Sungai Sapih Kota Padang tahun 2023* [Tugas akhir, Poltekkes Kemenkes Padang].
- Jannah, F. Z., Zuhri, M. S., Mulyadi, E., & Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, J. (n.d.). Optimasi kadar ozon dalam proses disinfeksi bakteri coliform pada pengolahan air minum.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang pelaksanaan PP No. 66 Tahun 2014 tentang kesehatan lingkungan*. Jakarta.
- M, Sheriff and R, Gehr. *Laboratory investigation of inorganic fouling of UV disinfection lamps*. Water Quality Research Journal of Canada, Vol. 36, January (2010), pp.71-92.
- Maheux, A. F., Boudreau, D. K., Bisson, M. A., Dion-Dupont, V., Bouchard, S., Nkuranga, M., ... & Rodriguez, M. J. (2014). Molecular method for detection of total coliforms in drinking water samples. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(14), 4074–4084.
- Malesi, W. O. A. W., & Putra, D. J. (2024). Kandungan total dissolved solid (TDS) dan salinitas air tanah di Distrik Merauke. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 8(2).
- Metcalf, L., & Eddy, H. P. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4th ed.). McGraw-Hill.

- Monalisa, I. N., Athailah, F., Iskandar, C. D., Bakri, M., Hamzah, A., & Wahyuni, S. (2023). Identifikasi *Cryptosporidium* spp. pada kambing kacang (*Capra aegagrus hircus*) di Kecamatan Syiah Kuala Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, 7(4), 136–142.
- Mufa, R. M. D., Lastuti, N. D. R., Rantam, F. A., Suwanti, L. T., Suprihati, E., Handijatno, D., & Mufasirin. (2020). Deteksi *Cryptosporidium canis* pada anjing di Kota Surabaya. *Jurnal Veteriner*, 21(2), 176–182.
- Navratinova, S., Bagian, J., & Lingkungan, K. (2019). Hubungan desinfeksi sinar ultraviolet (UV) dengan kualitas bakteriologis air minum pada depot air minum isi ulang (DAMIU). *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 7(1).
- Nufutomo, K., & Muntalif, B. S. (2017). *Cryptosporidium* sebagai indikator biologi dan indeks NSF-WQI untuk mengevaluasi kualitas air. *Jurnal Reka Lingkungan*, 14(2).
- Nuradjie, S., & Sampo, S. (2021). Pengaruh ketebalan media saringan pasir lambat terhadap penurunan kekeruhan dan warna air permukaan menggunakan sistem down flow. *Banua: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1(2), 46–56. <https://doi.org/10.33860/bjkl.v1i2.661>
- Pakpahan, R. S., Picauly, I., & Mahayasa, I. N. W. (2015). Cemaran Mikroba *Escherichia coli* dan Total Bakteri Koliform pada Air Minum Isi Ulang. *Kesmas: National Public Health Journal*, 9(4), 300.
- Putri, L. A., Ardellia, I. K., Fitriana, N., Moy, A., & Charisma, A. M. (2024). Identifikasi penyakit protozoa terhadap manusia. *Nian Tana Sikka: Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 2(5), 48–58.
- Razi, T. K., Syahputra, F. (2021). Uji kualitas air sumur menggunakan metode MPN di Desa Dayah Tanoh. *Jurnal Real Riset*, 3(2), 118.
- Ruhcahyani, F. S. (2024). Identifikasi protozoa *Giardia lamblia* dan *Cryptosporidium* dengan metode Ziehl-Neelsen pada PDAM Unit Tridadi, Sleman (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Indonesia).
- Sabaaturohma, C. L., Gelgel, K. T. P., & Suada, I. K. (2020). Jumlah Cemaran Bakteri Coliform dan Non-Coliform pada Air di RPU di Denpasar Melampaui Baku Mutu Nasional. *Indonesia Medicus Veterinus*, 9(1), 139–147.
- Sakyi, P. A., Asare, R., Anani, C., & Dampare, S. B. (2012). Nutrient-induced growth of coliform and HPC bacteria in drinking-water pipes. *Journal of Environmental Protection*, 3(6), 508–517. <https://doi.org/10.4236/jep.2012.36061>

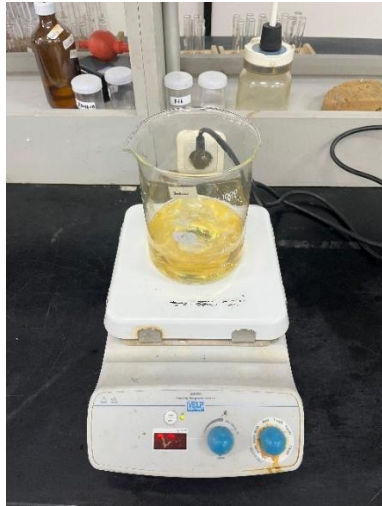
- Silvana, L., & Rodiah, S. (2020). Pengaruh Penambahan Gas Klor Sebagai Desinfektan Coliform dan Eschericia Coli Pada Pengolahan Air Minum. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 3, Issue 1).
- Simamora, T. S. M. (2015). *Uji Most Probable Number untuk Mendeteksi Bakteri Coliform pada Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Medan Amplas Tahun 2015*.
- Suhestry, A. D., Rizal, S., Suroso, E., Kustyawati, M. E. (2022). *Analisis Mikrobiologi, Fisika dan Kimia Air Minum*. 1(1).
- Taylor, M.A., Coop, R.L and Wall, R.L. (2016). *Veterinary Parasitology*. Library of Congress Cataloging, British.
- Tsaridou, C., & Karabelas, A. J. (2021). Drinking water standards and their implementation—a critical assessment. *Water (Switzerland)*, 13(20).
- Tuakia, A. S. N. (2006). *Monitoring Kualitas Air Minum Isi Ulang di Sekitar Jalan Glagah Sari dan Sorogenen Yogyakarta untuk Parameter Bakteriologis* (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Indonesia).
- USEPA. 1994. Draft Drinking Water Criteria Document for Cryptosporidium. Prepared by Clement International Corporation. Prepared for EPA Office of Water, Office of Science and Technology, Washington, D.C. June 1994.
- Wang, X., Wang, X., & Cao, J. (2023). Environmental Factors Associated with *Cryptosporidium* and *Giardia*. In *Pathogens* (Vol. 12, Issue 3).
- Wangi, K. W. (2024). *Identifikasi protozoa Cryptosporidium dan Giardia lamblia pada PDAM Sleman Unit Nogotirto melalui metode Ziehl-Neelsen* (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Indonesia).
- Warnecke, M. (2006). *Cryptosporidium Oocyst Interactions with Drinking Water Pipe Biofilms*. Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment, Salisbury, AU.
- Wen, X., Chen, F., Lin, Y., Zhu, H., Yuan, F., Kuang, D., Jia, Z., & Yuan, Z. (2020). Microbial indicators and their use for monitoring drinking water quality-A review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 6).
- World Health Organization. (2009). *Risk assessment of Cryptosporidium in drinking-water* (WHO/HSE/WSH/09.04). Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2022). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda*. Geneva: World Health Organization.

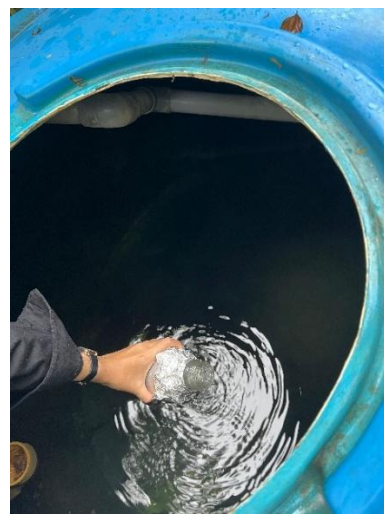
Widiyanti, V. (2018). *Studi kinerja slow sand filter dengan bantuan lampu light-emitting diode (LED) biru dan merah* (Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kegiatan Pembuatan media Uji dan Pengambilan Sampel

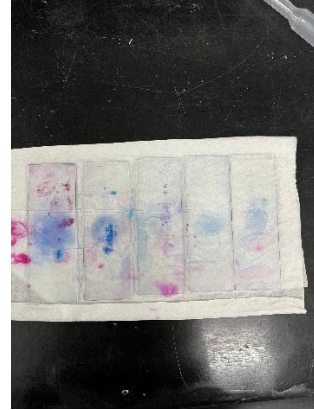
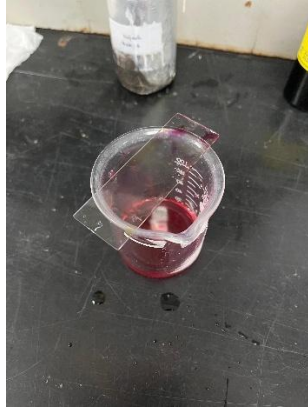


Pembuatan Media *Lactose Broth* dan BGLB



Pengambilan Sampel

Lampiran 2 Pengujian dan Pengamatan Sampel



Pengujian *Cryptosporidium*



Pengujian Total *Coliform*



Pengujian Parameter Tambahan (Fisik & Kimia)



Pengamatan Hasil Uji Total *Coliform*



Pengamatan *Cryptosporidium* menggunakan Mikroskop

Lampiran 3 Identifikasi Keberadaan Total *Coliform* pada Sampel

Sampel	Pengujian I		
	10 ml	1 ml	0,1 ml
<i>Presumptive Test</i>			
A	3	2	0
B	5	5	0
<i>Confirmed Test</i>			
A	0	0	0
B	2	0	0

Hasil Pengujian I Total *Coliform* pada 2 Sampel

Sampel	Pengujian II		
	10 ml	1 ml	0,1 ml
<i>Presumptive Test</i>			
A	4	0	0
B	4	1	0
C	5	2	0
D	1	0	0
E	5	5	4
<i>Confirmed Test</i>			
A	0	0	0
B	0	0	0
C	1	0	0
D	0	0	0
E	0	0	1

Hasil Pengujian II Total *Coliform* pada 5 Sampel

NON Air Min

MULTIPLE-TUBE FERMENTATION TECHNIQUE (9221) Estimation of Bacterial Density

TABLE 9221-IV. MPN INDEX AND 95% CONFIDENCE LIMITS FOR VARIOUS COMBINATIONS OF POSITIVE RESULTS WHEN FIVE TUBES ARE USED PER DILUTION (10 mL, 1.0 mL, 0.1 mL)*

Combination of Positives	MPN Index/100 mL	Confidence Limits		Combination of Positives	MPN Index/100 mL	Confidence Limits	
		Low	High			Low	High
0-0-0	<1.8	—	—	4-0-3	25	9.8	70
0-0-1	1.8	—	6.8	4-1-0	17	6.0	40
0-1-0	1.8	0.090	6.8	4-1-1	21	6.8	42
0-1-1	3.6	0.090	6.9	4-1-2	26	9.8	70
0-2-0	3.7	0.70	10	4-1-3	31	10	70
0-3-0	5.5	0.70	10	4-2-0	22	6.8	50
1-0-0	5.6	1.8	15	4-2-1	26	9.8	70
1-0-1	2.0	1.8	15	4-2-2	32	10	70
1-0-2	4.0	0.10	10	4-2-3	38	14	100
1-1-0	6.0	0.70	10	4-3-0	27	9.9	70
1-1-1	4.0	1.8	15	4-3-1	33	10	70
1-1-2	6.1	0.71	12	4-3-2	39	14	100
1-2-0	8.1	1.8	15	4-4-0	34	14	100
1-2-1	6.1	3.4	22	4-4-1	40	14	100
1-3-0	8.2	1.8	15	4-4-2	47	15	120
1-3-1	8.3	3.4	22	4-5-0	41	14	100
1-4-0	10	3.4	22	4-5-1	48	15	120
2-0-0	11	3.5	22	5-0-0	23	6.8	70
2-0-1	4.5	3.5	22	5-0-1	31	10	70
2-0-2	6.8	0.79	15	5-0-2	43	14	100
2-1-0	9.1	1.8	15	5-0-3	58	22	150
2-1-1	6.8	3.4	22	5-1-0	33	10	100
2-1-2	9.2	3.4	17	5-1-1	46	14	120
2-2-0	12	4.1	26	5-1-2	63	22	150
2-2-1	9.3	3.4	22	5-1-3	84	34	220
2-2-2	14	4.1	26	5-2-0	49	15	150
2-3-0	12	5.9	36	5-2-1	70	22	170
2-3-1	4.1	4.1	36	5-2-2	94	34	230
2-4-0	14	5.9	36	5-2-3	120	36	250
3-0-0	7.8	5.9	36	5-2-4	150	58	400
3-0-1	11	2.1	22	5-3-0	79	22	220
3-0-2	13	3.5	23	5-3-1	110	34	250
3-1-0	11	3.5	26	5-3-2	140	52	400
3-1-1	14	5.6	36	5-3-3	170	70	400
3-1-2	17	6.0	36	5-3-4	210	70	400
3-2-0	14	5.7	36	5-4-0	130	36	400
3-2-1	17	6.8	40	5-4-1	170	58	400
3-2-2	20	6.8	40	5-4-2	220	70	440
3-3-0	17	6.8	40	5-4-3	280	100	710
3-3-1	21	6.8	40	5-4-4	350	100	710
3-3-2	24	9.8	70	5-4-5	430	150	1100
3-4-0	21	6.8	40	5-5-0	240	70	710
3-4-1	24	9.8	70	5-5-1	350	100	1100
3-5-0	25	9.8	70	5-5-2	540	150	1700
4-0-0	13	4.1	35	5-5-3	920	220	2600
4-0-1	17	5.9	36	5-5-4	1600	400	4600
4-0-2	21	6.8	40	5-5-5	>1600	700	—

* Results to two significant figures.

Analisis Hasil Pengujian dengan Tabel MPN

Lampiran 4 Standar Baku Mutu Parameter Bakteriologis pada Permenkes No 2 Tahun 2023 dan USEPA

No	Jenis parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1	<i>Escherichia Coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA
2	Total <i>Coliform</i>	0	CFU/100 ml	SNI/APHA

(Sumber: Permenkes No 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan)

Kontaminan	MCLG	MCL / Treatment Technique (TT)
<i>Cryptosporidium</i>	0	TT
<i>Giardia lamblia</i>	0	TT
<i>Heterotrophic plate count (HPC)</i>	n/a	TT
<i>Legionella</i>	0	TT
Total <i>Coliform</i> (termasuk <i>fecal coliform</i> dan <i>E.Coli</i>)	0	5%
Turbidity	n/a	TT
Virus (enteric)	0	TT

(Sumber: USEPA's NPDWR (2024))

Lampiran 5 Alat dan bahan pengujian

No	Keterangan	Jumlah	Satuan
Alat			
1	Pipet tetes 1 mL	1	buah
2	Pipet ukur 10 mL	1	buah
3	Bunsen	1	buah
4	Botol kaca gelap	7	buah
5	Kaca preparat	5	buah
6	Tabung ukur 10 mL	1	buah
7	Tabung reaksi besar	35	buah
8	Tabung reaksi kecil	175	buah
9	Erlenmeyer	2	buah
10	Ose	1	buah
11	Oven	1	unit
12	Autoklaf	1	unit
13	Inkubator	1	unit
14	Tabung durham	210	buah
Bahan			
1	Sampel air PAMSIMAS		
2	<i>Lactose Broth</i>		
3	<i>Brilliant Green Lactose Broth</i>		
4	<i>Basic Fuchsin</i>		
5	HCL alkohol		
6	<i>Methylene Blue</i>		

RIWAYAT HIDUP



Penulis laporan tugas akhir bernama Luthfa Khoiriniswah yang lahir di Tangerang, 10 Mei 2003 yang merupakan putri pertama dari Bapak Jonika Putra Amro dan Ibu Sarah. Penulis telah menempuh pendidikan dasar selama 6 tahun di SDIT Al-Fityan, kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama selama 3 tahun dan menengah atas selama 3 tahun di SMPIT-SMAIT Darul Qur'an Mulia yang berakhir pada tahun 2021. Di tahun tersebut, penulis akhirnya melanjutkan studi pendidikan di Universitas Islam Indonesia tepatnya di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.