



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Evaluasi Sistem Desinfeksi Pada IPA Bedog Perumda Tirta Sembada Kabupaten Sleman

Al Hayyu Kumala Lailawati

21513143

Dosen Pembimbing:

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

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana

Fakultas Teknik Desain Inovasi

Universitas Islam

Indonesia 2026



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Evaluation of the Disinfection System at the Bedog Water Treatment Plant of Perumda Tirta Sembada, Sleman Regency

Al Hayyu Kumala Lailawati 21513143

Supervisor:

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

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Engineering, Desain and Inovation

Universitas Islam Indonesia

2026

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Evaluasi Sistem Desinfeksi Pada IPA Bedog Perumda Tirta Sembada Kabupaten Sleman

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.

Al Hayyu Kumala Lallawati

21513143

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 10 Juli 2026 dan disetujui oleh:


Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T. (PM)

(Pembimbing 1)


Dhandun Wacano, S.Si., M.Sc., Ph.D

(Pembimbing 2)


Noviani Ima Watioputri, S.T., M.T.

(Penguji)

Mengesahkan,
Kepada Penguji Teknik Lingkungan Program Sarjana



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

PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 29 Mei 2026

Yang membuat pernyataan,



Al-Fayyaz Kurniawan Lailawati

21513143

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil ‘alamin

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta’ala atas segala karunia-Nya dan karena rahmatNya yang tak terhitung penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Evaluasi Sistem Disinfeksi Pada IPA Bedog Perumda Sleman”

Penulisan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi mahasiswa program S1 pada Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Penulis menyadari bahwa dalam penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, hal ini dikarenakan adanya keterbatasan kemampuan yang penulis miliki.

Atas segala kekurangan dalam penelitian ini, penulis sangat mengharapkan masukan dan kritik yang bersifat membangun dan mengarahkan pada penyempurnaan penelitian ini.

Selama menyelesaikan penelitian ini, penulis telah banyak menerima dukungan dan bantuan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang membantu. Ucapan syukur ini penulis sampaikan kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta’ala, yang telah memberikan segala kenikmatan lahir batin dalam hidup saya.
2. Papa dan Mama yang telah menjadi orang tua hebat, selalu memberikan motivasi, cinta, nasihat dan kasih sayang serta doa yang tak terhitung.
3. Hanindya Linggar W, Revinda Kirana A, Fattamoya Azzahra A, Kakak dan Adik saya yang selalu berada disamping saya untuk mendukung saya.
4. Fajar Bagas Marhardika, Agung Prasetya, Kakak Ipar saya yang selalu menjadi sistem support saya.

5. Ibu Ir. Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
6. Bapak Dr.Andik Yulianto,S.T.,M.T. selaku pembimbing I dan Bapak Dhandun Wacano ,S.Si., M.Sc selaku pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu bermanfaat kepada saya.
7. Bapak/Ibu Dosen Teknik Lingkungan yang sudah banyak membantu selama masa perkuliahan.
8. Seluruh jajaran Perumda Sleman, termasuk jajaran dari Perumda Pusat, Unit Sidomoyo, dan IPA Bedog yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing, mengizinkan dan membantu saya dalam mengerjakan tugas akhir.
9. Seluruh teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2021 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, teman terdekat saya selama masa perkuliahan dan Damayanti selaku partner sekaligus sahabat saya yang telah bekerjasama dengan baik, membantu dan menemani selama masa perkuliahan maupun pengerjaan tugas akhir.
10. Seluruh teman terdekat saya, Muhammad Faizal W, Restu Magfirah, Diana Intan Permana, Silvanie Amelya, Muhammad Raka Aria W, Bagus Rizki P, Nugraheni Wulan F, Natasya Herlita, Renata B, Devitria Putri W, Adzan Nur A, M Ikhsan Hakim, Khaesar Ramachandran, yang telah mensupport saya sampai saat ini.
11. Semua pihak yang telah membantu dan tidak bisa saya sebutkan satu persatu

Akhir kata penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, untuk itu penulis memohon maaf dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Sleman, 23 Mei 2026

Al Hayyu Kumala

Lailawati

Evaluasi Sistem Desinfeksi Pada IPA Bedog Perumda Tirta Sembada Kabupaten Sleman

Mahasiswa : Al Hayyu Kumala Lailawati
NIM : 21513143
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing : Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T.

Abstrak

Sistem desinfeksi merupakan tahapan penting dalam pengolahan air minum untuk mengendalikan mikroorganisme patogen dan menjaga kualitas air hingga ke jaringan distribusi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas sistem desinfeksi di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Bedog Perumda Tirta Sembada Kabupaten Sleman berdasarkan kadar sisa klorin, tekanan air, kualitas mikrobiologi, serta pemodelan menggunakan EPANET 2.2. Penelitian dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif melalui pengambilan sampel pada outlet IPA dan tiga titik jaringan distribusi. Kadar sisa klorin dianalisis menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis, total coliform diuji dengan metode Most Probable Number (MPN), sedangkan pemodelan distribusi sisa klorin dilakukan menggunakan EPANET 2.2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi sisa klorin menurun dari 0,26475 mg/L di outlet IPA menjadi 0,2345 mg/L, 0,2015 mg/L, dan 0,18025 mg/L pada titik distribusi terdekat, tengah, dan terjauh. Hubungan antara jarak distribusi dan penurunan sisa klorin memiliki korelasi yang kuat dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9378. Simulasi EPANET menghasilkan konsentrasi sisa klorin sebesar 0,18–0,26 mg/L yang sesuai dengan hasil pengukuran lapangan. Tekanan air pelanggan berkisar 0,75–0,85 kg/cm² dan hasil uji total coliform memenuhi baku mutu Permenkes Nomor 2 Tahun 2023. Berdasarkan hasil tersebut, sistem desinfeksi di IPA Bedog dinilai efektif dalam menjaga kualitas air hingga ke pelanggan, namun pemantauan kadar sisa klorin dan pengaturan dosis desinfektan perlu dilakukan secara berkala untuk mempertahankan kualitas air distribusi.

Kata kunci: sistem desinfeksi, sisa klorin, EPANET 2.2, jaringan distribusi, kualitas air minum.

Evaluation of the Disinfection System at the Bedog Water Treatment Plant of Perumda Tirta Sembada, Sleman Regency

Student : Al Hayyu Kumala Lailawati
Student Number : 21513143
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor : Dr. Ir. Andik Yulianto, S.T., M.T.

Abstract

The disinfection system is an essential stage in drinking water treatment to control pathogenic microorganisms and maintain water quality throughout the distribution network. This study aimed to evaluate the effectiveness of the disinfection system at the Bedog Water Treatment Plant (WTP), Perumda Tirta Sembada, Sleman Regency, based on residual chlorine concentration, water pressure, microbiological quality, and EPANET 2.2 modeling. This research employed a quantitative descriptive method by collecting water samples from the WTP outlet and three distribution network locations. Residual chlorine concentration was analyzed using the UV-Vis spectrophotometric method, total coliform was determined using the Most Probable Number (MPN) method, and residual chlorine distribution was modeled using EPANET 2.2. The results showed that the average residual chlorine concentration decreased from 0.26475 mg/L at the WTP outlet to 0.2345 mg/L, 0.2015 mg/L, and 0.18025 mg/L at the nearest, middle, and farthest distribution points, respectively. The relationship between distribution distance and residual chlorine decay showed a strong correlation with a coefficient of determination (R^2) of 0.9378. EPANET simulation predicted residual chlorine concentrations ranging from 0.18 to 0.26 mg/L, which were consistent with the field measurements. Customer water pressure ranged from 0.75 to 0.85 kg/cm², while total coliform complied with the drinking water quality standards specified in the Indonesian Ministry of Health Regulation (Permenkes) No. 2 of 2023. Overall, the disinfection system at the Bedog Water Treatment Plant was found to be effective in maintaining drinking water quality throughout the distribution network. However, periodic monitoring of residual chlorine and adjustment of disinfectant dosage are recommended to ensure stable water quality reaches consumers.

Keywords: disinfection system, residual chlorine, EPANET 2.2, distribution network, drinking water quality. *dual chlorine, distribution network.*

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
Abstrak.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
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 Persyaratan Penyediaan Air Minum	5
2.3 Proses Pengolahan Air Minum	6
2.4 Desinfeksi dan Klorinasi	7
2.4.1 Manfaat Klorin dalam Pengolahan Air	7
2.4.2 Manfaat Klorin dalam Pengolahan Air	8
2.5 Break Point Chlorination (BPC).....	9
2.6 Analisis Bakteri Total Coliform dengan Most Probable Number (MPN)	10

2.7	Analisis Program EPANET 2.2	11
2.8	Penelitian Sebelumnya	11
BAB III METODE PENELITIAN		14
3.1	Kerangka Penelitian	14
3.2	Pengumpulan Data	15
3.2.1	Data/Variabel/Parameter.....	15
3.2.2	Waktu dan Lokasi.....	15
3.2.3	Alat dan Bahan	16
3.3	Analisis Data	17
3.3.1	Pengukuran Parameter Klorin.....	17
3.3.2	Pemeriksaan Bakteri Total Coliform	18
3.3.3	Perhitungan Nilai Konsentrasi Klorin.....	20
3.3.4	Pengukuran Koefisien Penurunan Klorin	20
3.3.5	Analisis EPANET 2.2.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Kondisi Umum Perumda Tirta Sembada IPA Bedog Sleman ...	23
4.1.1	Kualitas Air Baku IPA Bedog	25
4.2	Tekanan Air Pada Wilayah Cakupan Penelitian	26
4.3	Klorinasi	28
4.3.1	Konsentrasi Klorin Bebas pada Wilayah Penelitian.....	30
4.4	Hasil Pemodelan Penurunan Sisa Klorin dengan EPANET	33
4.5	Jumlah Total Coliform pada Wilayah Penelitian.....	36
4.5	Identifikasi Masalah dan rekomendasi	38
BAB V PENUTUP		40
5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....		41

LAMPIRAN	43
RIWAYAT HIDUP	1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya	11
Tabel 4. 1 Data Kualitas Air Baku IPA Bedog.....	25
Tabel 4. 2 Rata- rata tekaan Air Pelanggan IPA Bedog	26
Tabel 4. 3 Data Elevasi pada Titik Sampling	26
Tabel 4. 4 Konsentrasi Rata- Rata Sisa Klorin	30
Tabel 4. 5 Data Primer dan Sekunder Jaringan Distribusi.....	33
Tabel 4. 6 Perhitungan Koefisien Penurunan Sisa Klorin	33
Tabel 4. 7 Identifikasi Masalah dan Rekomendasi	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik BPC	10
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	14
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Titik Sampling	16
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengukuran Klorin	18
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengujian Coliform	19
Gambar 3. 5 Diagram Alir Pemodelan dengan EPANET	22
Gambar 4. 1 Skema IPA Bedog	24
Gambar 4. 2 Skema Sistem Klorinasi.....	25
Gambar 4. 3 Rata- Rata Tekanan terhadap Jarak.....	27
Gambar 4. 4 Unit Desinfeksi	28
Gambar 4. 5 Jenis Desinfektan yang digunakan.....	29
Gambar 4. 6 Perbandingan Konsentrasi dan Jarak pada pagi hari.....	31
Gambar 4. 7 Perbandingan Konsentrasi dan Jarak pada sore hari.....	31
Gambar 4. 8 Peta EPANET Jaringan Distribusi sudah di <i>run</i>	34
Gambar 4. 9 Perubahan Konsentrasi Klorin selama 24 jam	35
Gambar 4. 10 Penurunan Konsentrasi Klorin pada simulasi pukul 06.00.....	35
Gambar 4. 11 Penurunan Konsentrasi Klorin pada simulasi pukul 17.00.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Konsentrasi Sisa Klor	43
Lampiran 2 Data Keseluruhan Tekanan	44
Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi Klorin	45
Lampiran 4 Data PDAM Kualitas Air Baku.....	46
Lampiran 5 Permenkes No 2 Tahun 2023	47
Lampiran 6 PUPR No. 28 Tahun 2023.....	48
Lampiran 7 APHA (American Public Health Association).....	48
Lampiran 8 Peta Daerah Pengamatan.....	49
Lampiran 9 Dokumentasi Pengujian Data Klorin, Coliform, dan Tekanan	50
Lampiran 10 Peta Distribusi.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air minum yang sehat dan aman merupakan kebutuhan dasar bagi masyarakat serta menjadi tanggung jawab penyedia air minum untuk menjamin kualitasnya sesuai dengan standar yang berlaku. Perumda sebagai lembaga pengelola air minum publik diharuskan mampu menyediakan air yang memenuhi persyaratan mutu air minum yang ditetapkan oleh regulasi, seperti Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Salah satu tahap penting dalam pengolahan air minum ialah sistem desinfeksi yang berfungsi untuk membunuh mikroorganisme patogen yang berpotensi menimbulkan penyakit. Sistem desinfeksi ini umumnya menggunakan klorin sebagai bahan aktif yang ekonomis dan efektif dalam membasmi bakteri serta virus apabila diterapkan secara tepat.

Namun demikian, dalam pelaksanaannya di Perumda Sleman pada IPA Bedog, sistem desinfeksi menghadapi sejumlah permasalahan dan tantangan utama. Permasalahan tersebut antara lain variabilitas dosis klorin yang sulit dikendalikan akibat fluktuasi debit dan tekanan air distribusi, sehingga menyebabkan kadar sisa klorin dalam jaringan distribusi menjadi tidak stabil dan menurunkan efektivitas desinfeksi. Kondisi ini meningkatkan risiko kontaminasi ulang mikroorganisme patogen sepanjang jaringan distribusi, yang berpotensi membahayakan kesehatan konsumen. Selain itu, kondisi jaringan pipa yang sudah berusia lama dan potensi kebocoran juga menjadi tantangan dalam menjaga kestabilan tekanan serta konsentrasi desinfektan di lapangan. Minimnya sistem pemantauan real-time dan evaluasi berkala terhadap kinerja desinfeksi turut menyulitkan pengelolaan yang efektif dan adaptif.

Permasalahan pada sistem desinfeksi dan jaringan distribusi tersebut perlu ditinjau menggunakan pendekatan Water Safety Plan (WSP) atau Rencana

Pengamanan Air Minum yang direkomendasikan oleh *World Health Organization* (WHO). WSP merupakan pendekatan preventif yang berfokus pada identifikasi bahaya, penilaian risiko, serta pengendalian risiko pada seluruh rantai penyediaan air minum mulai dari sumber air baku, proses pengolahan, hingga distribusi kepada pelanggan. Dalam konteks IPA Bedog, parameter sisa klorin dan tekanan air menjadi indikator penting dalam penerapan WSP karena berfungsi sebagai pengendalian risiko terhadap kemungkinan masuknya kontaminan mikrobiologi ke dalam sistem distribusi. Kadar sisa klorin yang tidak memenuhi standar maupun tekanan distribusi yang rendah dapat meningkatkan potensi terjadinya kontaminasi ulang melalui kebocoran pipa atau intrusi air dari lingkungan sekitar. Oleh karena itu, evaluasi sistem desinfeksi tidak hanya bertujuan untuk memastikan terpenuhinya baku mutu air minum, tetapi juga sebagai bagian dari upaya penerapan prinsip Water Safety Plan dalam menjamin keamanan air minum secara berkelanjutan dan melindungi kesehatan masyarakat.

Said (2015) menegaskan bahwa faktor kimia seperti kadar besi dan mangan juga mempengaruhi efektivitas klorin sebagai desinfektan dan harus diperhitungkan secara cermat. Marsha dan Adennita (2020) menyoroti korelasi penting antara tekanan air dan efektivitas sisa klorin dalam menjaga kualitas air yang terdistribusi, serta perlunya sistem adaptif dalam pengelolaan desinfeksi air Perumda.

Penerapan standar mutu yang ketat serta regulasi nasional terkini menjadi pedoman wajib bagi Perumda dalam mencapai kualitas air minum yang aman dan layak konsumsi. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi kuantitatif terhadap sistem desinfeksi pada Perumda Sleman Unit Bedog secara komprehensif, dengan fokus pada efektivitas dosis desinfektan terhadap parameter kualitas air terutama sisa klorin dan kestabilan tekanan air dalam jaringan distribusi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan sistem pengolahan serta monitoring guna menjamin air minum yang didistribusikan memenuhi standar kesehatan dan peraturan terbaru, sehingga turut berkontribusi pada peningkatan pelayanan publik dan kesehatan masyarakat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem desinfeksi pada IPA Bedog perlu dievaluasi untuk mengetahui efektivitas dosis pembubuhan klorin dalam mempertahankan kualitas air minum pada jaringan distribusi berdasarkan hasil uji laboratorium dan pemodelan menggunakan software EPANET 2.2.
2. Penurunan konsentrasi sisa klor bebas pada jaringan distribusi dipengaruhi oleh jarak distribusi, sehingga diperlukan analisis hubungan antara jarak distribusi dengan perubahan konsentrasi sisa klor bebas pada titik distribusi terdekat, menengah, dan terjauh.
3. Keberadaan total coliform pada jaringan distribusi berkaitan dengan efektivitas sisa klor bebas dalam proses desinfeksi, sehingga diperlukan analisis hubungan antara konsentrasi sisa klor bebas dengan total coliform pada titik distribusi air minum.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi sistem desinfeksi pada IPA Bedog berdasarkan dosis klorin, dan hasil evaluasi pemodelan menggunakan software EPANET 2.2 serta hasil uji laboratorium.
2. Menganalisis hubungan antara jarak distribusi terhadap penurunan sisa klor bebas pada titik distribusi terdekat, menengah, dan jauh.
3. Menganalisis hubungan antara total coliform dengan sisa klor bebas pada titik distribusi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian evaluasi sistem desinfeksi pada Perumda Sleman IPA Bedog ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang teknik lingkungan, khususnya dalam optimalisasi proses desinfeksi air minum. Hasil penelitian dapat menjadi bahan

pertimbangan bagi pengambil kebijakan dan manajemen Perumda Sleman Unit Bedog untuk perbaikan sistem pengolahan, pengelolaan dosis klorin, dan monitoring kualitas air secara menyeluruh, sehingga pelayanan air minum di

Sleman semakin efektif dan aman. Manfaat lain adalah memberikan rekomendasi yang aplikatif untuk kepentingan profesi dalam mendukung tugas di bidang pengolahan air, serta meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya konsumsi air bersih yang bebas kontaminan sebagai upaya menjaga kesehatan secara berkelanjutan

1.5 Ruang Lingkup

1. Batasan waktu studi adalah data dan observasi yang diambil dalam rentang satu bulan Desember tahun 2025, untuk memperoleh gambaran variasi kualitas air dan proses desinfeksi.
2. Penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup Perumda Sleman IPA Bedog, mencakup area instalasi pengolahan air minum (IPA) Bedog dan jaringan distribusi utama di wilayah pelayanan unit tersebut.
3. Variabel utama yang dianalisis meliputi efektivitas proses desinfeksi menggunakan klorin (dosis dan kadar sisa klorin), kualitas mikrobiologi air (total coliform), serta faktor pendukung seperti kualitas air baku dan kondisi jaringan distribusi. Variabel lain seperti kandungan logam berat, parameter kimia non-kritis, atau faktor eksternal di luar sistem Perumda diabaikan dalam penelitian ini.
4. Asumsi yang digunakan adalah proses pengolahan air pada IPA Bedog berlangsung dengan standar operasional Perumda dan seluruh proses sampling serta pengujian laboratorium berjalan sesuai metode baku mutu nasional.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persyaratan Penyediaan Air Minum

Persyaratan penyediaan air minum di Indonesia saat ini mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 sebagai tindak lanjut dari PP Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Dalam regulasi tersebut dijelaskan bahwa air minum merupakan air yang telah melalui proses pengolahan maupun tanpa pengolahan, namun tetap memenuhi standar kesehatan sehingga aman untuk langsung dikonsumsi. Air minum yang layak harus memenuhi ketentuan parameter fisik, kimia, mikrobiologi, dan radioaktif sesuai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) serta persyaratan kesehatan media air untuk kategori air minum.

Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 juga mengatur bahwa setiap penyelenggara dan penyedia layanan air minum wajib memastikan kualitas air yang diproduksi memenuhi batas parameter yang telah ditentukan dan bebas dari kontaminasi yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat. Pengawasan mutu air dilakukan melalui pemantauan internal maupun eksternal, serta penerapan Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) guna mengendalikan potensi risiko pencemaran pada seluruh proses penyediaan air minum. Oleh karena itu, ketentuan dalam Permenkes tersebut menjadi pedoman utama yang harus diterapkan oleh seluruh penyelenggara sistem penyediaan air minum.

Sebagai acuan teknis dalam pelaksanaannya, pengelola air minum juga menggunakan Petunjuk Teknis (Juknis) Penyusunan Rencana Pengamanan Air Minum (RPAM) yang diterbitkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pedoman ini memuat tahapan identifikasi bahaya, pengendalian risiko, serta prosedur pemantauan kualitas air mulai dari sumber air hingga sampai ke pelanggan. Selain itu, beberapa instansi turut menerapkan prinsip Water Safety Plan (WSP) yang direkomendasikan oleh World Health Organization (WHO) dan telah diadaptasi ke dalam kebijakan pengelolaan air minum di Indonesia.

2.3 Proses Pengolahan Air Minum

Pengolahan air minum merupakan rangkaian proses yang bertujuan mengolah air baku agar memenuhi standar kualitas tertentu sehingga aman dan layak dikonsumsi. Proses ini tidak hanya bertujuan menghilangkan mikroorganisme patogen yang merupakan penyebab penyakit, tetapi juga meningkatkan aspek estetika seperti kejernihan, tanpa bau dan rasa yang tidak diinginkan.

Menurut penelitian terkini, terdapat lima tahapan penting dalam pengolahan air minum, yaitu:

- 1) Penentuan karakteristik air baku dan perumusan tujuan mutu air olahan sesuai standar
- 2) Tahap pra-perencanaan yang mencakup pemilihan proses pengolahan yang sesuai
- 3) Penyusunan rancangan teknis dari alternatif proses yang telah dipilih
- 4) Konstruksi instalasi pengolahan air; serta
- 5) Operasi dan pemeliharaan fasilitas pengolahan untuk memastikan proses berjalan optimal (Kallista et al., 2022).

Tahapan dan satuan operasi yang dipilih sangat bergantung pada karakteristik air baku dan target mutu yang ingin dicapai. Secara prinsip, pengolahan air dibagi menjadi dua kategori utama. Pertama, pengolahan lengkap (complete treatment process) di mana air mengalami serangkaian proses yang mencakup aspek fisik, kimia, dan bakteriologi untuk menghasilkan air yang berkualitas tinggi. Proses ini meliputi: (a) pengolahan fisik untuk menghilangkan kotoran kasar dan padatan tersuspensi seperti pasir atau lumpur; (b) pengolahan kimia yang bertujuan meningkatkan kualitas air dengan menambahkan bahan kimia tertentu; dan (c) pengolahan bakteriologi yang umumnya melibatkan pemberian desinfektan untuk mematikan mikroorganisme patogen (Siregar et al., 2021).

Kedua, pengolahan sebagian (partial treatment process) yang hanya menjalankan sebagian tahapan pengolahan, misalnya hanya pengolahan kimia ataupun bakteriologi saja. Pendekatan ini biasa diterapkan pada sumber air yang relatif bersih seperti mata air, sumur dangkal, atau air tanah dalam, di mana kebutuhan pengolahan lebih minimal (Nasution & Pranoto, 2018).

2.4 Desinfeksi dan Klorinasi

Desinfeksi merupakan proses yang ditujukan untuk menghilangkan atau menghancurkan sebagian besar mikroorganisme patogen pada media tertentu, baik dengan metode fisik seperti pemanasan maupun secara kimiawi dengan penambahan bahan kimia desinfektan. Proses desinfeksi bertujuan untuk menghancurkan atau menonaktifkan sebagian besar mikroorganisme patogen pada suatu media, baik melalui pendekatan fisik misalnya pemanasan maupun secara kimiawi dengan menambahkan bahan kimia desinfektan. Desinfektan adalah zat kimia atau perlakuan fisik yang berfungsi mencegah infeksi dan kontaminasi mikroba seperti bakteri serta virus, serta menurunkan jumlah mikroorganisme penyebab penyakit.

Klorinasi adalah proses pemberian klorin ke dalam air yang telah melalui tahap filtrasi sebagai tahap lanjutan dalam proses klarifikasi air (Kallista et al., 2022). Senyawa klorin menjadi desinfektan yang paling umum digunakan karena kestabilannya dan biaya yang ekonomis. Fungsi utama klorin adalah membunuh mikroorganisme patogen yang dapat masuk kembali selama proses distribusi air minum kepada konsumen. Namun, konsentrasi klorin yang terlalu rendah memungkinkan pertumbuhan bakteri berbahaya, berpotensi menyebabkan penyakit berbasis air (waterborne diseases). Sebaliknya, kadar klorin yang terlalu tinggi menghasilkan bau kaporit yang tajam dan dapat menimbulkan efek negatif pada kesehatan jika terpapar atau dikonsumsi dalam jumlah berlebih. Salah satu produk sampingan berbahaya dari proses klorinasi adalah senyawa Trihalometana (THM) yang bersifat karsinogenik dan perlu dikontrol keberadaannya dalam air minum (Afrianita et al., 2016; Siregar et al., 2021).

2.4.1 Manfaat Klorin dalam Pengolahan Air

Menurut penelitian terkini, klorin memiliki beberapa manfaat penting dalam pengelolaan air minum, antara lain: bersifat bakterisidal dan virisidal efektif; mampu mengoksidasi unsur-unsur seperti besi, mangan, dan hidrogen sulfida yang dapat menurunkan mutu air; menghilangkan bau dan rasa tidak sedap; mengontrol

pertumbuhan alga dan lumut yang dapat memengaruhi estetika air; serta membantu proses koagulasi yang memperbaiki kejernihan air (Marsha & Adennita, 2020).

2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Klorinasi

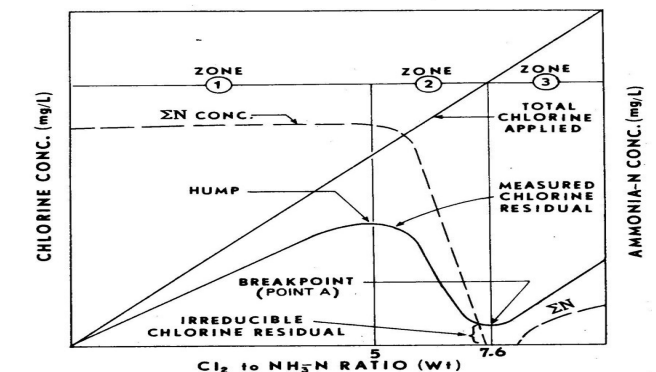
Efektivitas proses klorinasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, meliputi:

- Konsentrasi desinfektan: Semakin tinggi konsentrasi klorin, semakin cepat dan efektif proses desinfeksi dalam membunuh mikroorganisme patogen.
- Jenis desinfektan: Walaupun klorin paling umum digunakan, beberapa alternatif lain seperti ozon, sinar ultraviolet (UV), dan klorin dioksida juga dipakai sesuai kebutuhan dan kondisi air baku (Kallista et al., 2022).
- Waktu kontak: Durasi waktu klorin bersentuhan dengan air penting untuk memastikan seluruh mikroorganisme dapat dimusnahkan dengan tuntas.
- Faktor lingkungan: Parameter seperti pH, suhu air, kualitas air baku, dan jarak tempuh air dalam jaringan distribusi juga sangat memengaruhi kinerja klorin dalam proses desinfeksi. Klorin bekerja paling efektif pada pH rendah hingga netral dan suhu yang lebih tinggi mempercepat reaksi desinfeksi (Nasution & Pranoto, 2018).

2.5 Break Point Chlorination (BPC)

Breakpoint chlorination adalah proses penambahan klorin ke dalam air hingga semua senyawa pengganggu seperti amonia, bahan organik, dan zat pereduksi lain teroksidasi sempurna, sehingga terbentuk sisa klorin bebas. Pada awal pembubuhan, klorin terutama bereaksi dengan kotoran dalam air sehingga belum muncul residu klorin bebas. Ketika dosis klorin ditingkatkan, amonia dan nitrogen organik membentuk kloramin; senyawa ini masih bersifat desinfektan, namun efektivitasnya lebih rendah dibandingkan klorin bebas.

Kallista et al. (2022) menambahkan bahwa penambahan klorin secara bertahap hingga mencapai *breakpoint* dapat mengurangi senyawa yang mengikat klorin dan meningkatkan kestabilan residu klorin bebas dalam sistem distribusi air minum. Setelah melewati breakpoint, kloramin mulai terurai sehingga terbentuk klorin bebas yang stabil dan mampu melindungi air dari kontaminasi ulang di dalam jaringan. Keberhasilan breakpoint chlorination bergantung pada beberapa faktor, yaitu pH, suhu, waktu kontak, kadar bahan organik, serta konsentrasi amonia dalam air. Karena itu, pengendalian dosis klorin yang tepat sangat penting agar proses desinfeksi berjalan efektif dan memenuhi standar kualitas air minum yang berlaku



Gambar 2. 1 Grafik BPC

2.6 Analisis Bakteri Total Coliform dengan Most Probable Number (MPN)

Total coliform adalah kelompok bakteri indikator sanitasi yang kerap digunakan untuk mengetahui tingkat kontaminasi mikroba dalam air minum. MPN (Most Probable Number) merupakan metode standar laboratorium untuk

menghitung jumlah perkiraan bakteri coliform dalam sampel air melalui uji fermentasi laktosa dalam media cair, dan mengamati pembentukan gas sebagai aktivitas mikrobiologi. Kelompok coliform terbagi menjadi coliform total dan coliform fekal yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat keamanan air minum Perumda berdasarkan standar baku mutu (Kallista et al., 2022). Metode MPN efektif karena mampu mengukur konsentrasi bakteri dalam sampel dengan tingkat akurasi tinggi, digunakan luas di laboratorium Perumda dan institusi pengujian air minum di Indonesia.

2.7 Analisis Program EPANET 2.2

EPANET 2.2 adalah perangkat lunak khusus yang digunakan untuk simulasi aliran hidrolis dan pemodelan kualitas air di jaringan distribusi pipa Perumda. Program ini memungkinkan operator dan peneliti untuk memantau pola aliran, tekanan air, serta distribusi konsentrasi sisa klorin dan senyawa kimia lain sebagai indikator mutu air dalam pipa selama periode operasi. EPANET menganalisis sistem distribusi air dengan detail: node (titik koneksi), pipa, pompa, katup, dan reservoir, sehingga dapat digunakan untuk pengembangan, desain, kalibrasi model hidrolis, analisis sisa klorin dalam jaringan, dan pengelolaan strategi perbaikan kualitas air. Penggunaan EPANET sangat membantu manajemen Perumda dalam mengidentifikasi titik-titik kritis risiko kualitas rendah, misal area dengan konsentrasi klorin minimum atau tekanan distribusi rendah (Ramadhan et al., 2021). Model simulasi hasil EPANET memudahkan operator melihat grafis, tabel, dan peta interaktif untuk mendukung monitoring sekaligus pengambilan keputusan berbasis data mutakhir.

2.8 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya menjadi dasar penting untuk mendukung dan memperkuat landasan teori dalam penelitian ini. Penelitian terdahulu memberikan gambaran mengenai proses desinfeksi terhadap kualitas air baku. Penelitian ini memberikan pemahaman mengenai pengaruh analisis tersebut dalam optimalisasi dalam pengolahan air baku.

Ringkasan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan ditampilkan pada tabel

2.1 :

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

Referensi	Judul Penelitian	Parameter	Lokasi	Hasil Utama
Kallista et al. (2022)	Monitoring Real-Time Kadar Klorin dan Efektivitas Disinfeksi	Klorin, sensor IoT, tekanan	Yogyakarta	Sensor IoT efektif monitoring fluktuasi
	pada PDAM Perkotaan.			sisa klorin dan respons dosis adaptif
Damayanti (2016)	Evaluasi Sistem Desinfeksi Pada PDAM Sleman Unit Nogotirto	Sisa klorin, total coliform	Sleman	Tekanan dan sisa klor masih belum sesuai karena melebihi batas maksimum.
Huda et al. (2024)	Analisis Sisa Klor dan Dampaknya pada Kualitas Air Distribusi PDAM Surya Sembada	Klorin, kualitas air, pelanggan	Surabaya	Rata-rata sisa klor >0,2 mg/L, memenuhi baku mutu, namun beberapa titik distribusi masih defisit

Ramadhan et al. (2021)	Evaluasi Sisa Klor Bebas Jaringan PDAM Menggunakan Pemodelan EPANET	Sisa klor, pH, suhu	Bantul	Simulasi EPANET efektif prediksi penurunan klorin dan deteksi potensi titik kritis klorinasi
Ardennita Marsha	Evaluasi Sistem Desinfeksi	Kadar Klor bebas,	Efektivitas sistem desinfeksi,	Klorin memenuhi

(2020)	pada PDAM Sleman Unit Tridadi	Waktu kontak, pH, Suhu, Keketuhan dan Total Coliform	dan factor yang mempengaruhi.	standar, namun kadar coliform masih diatas batas maksimum.
--------	-------------------------------	--	-------------------------------	--

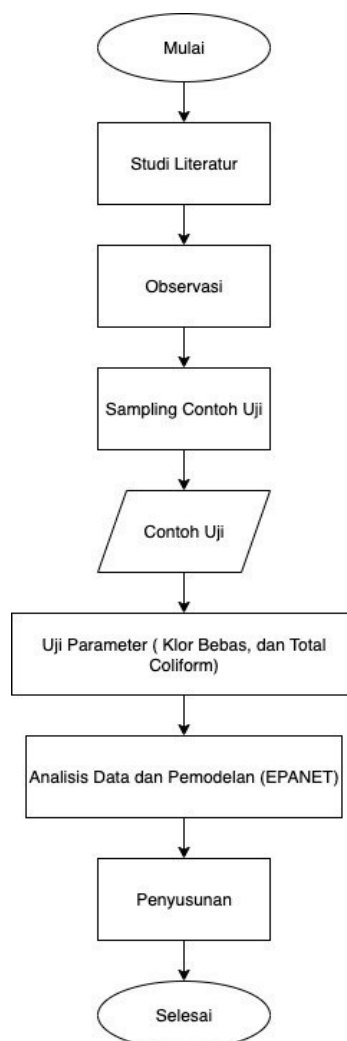
Secara umum, hasil berbagai penelitian terkait evaluasi sistem desinfeksi pada Perumda di wilayah Sleman, Bantul, Surabaya, dan Yogyakarta menunjukkan bahwa proses desinfeksi pada umumnya sudah mampu mempertahankan kadar sisa klorin sesuai standar minimum Permenkes, yaitu di atas 0,2 mg/L. Namun demikian, pada beberapa titik distribusi masih ditemukan permasalahan berupa fluktuasi kadar klorin, baik terlalu rendah maupun terlalu tinggi, serta adanya kandungan total coliform yang belum memenuhi baku mutu. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jarak distribusi, waktu kontak, pH, suhu, tingkat kekeruhan, dan kondisi hidrolis jaringan perpipaan. Penggunaan pemodelan EPANET dinilai efektif dalam membantu memprediksi penurunan konsentrasi klorin dan mengidentifikasi titik-titik kritis pada jaringan distribusi. Selain itu, penerapan teknologi sensor berbasis IoT juga berpotensi mendukung pemantauan kadar

klorin secara real-time sehingga pengaturan dosis desinfektan dapat dilakukan lebih optimal. Oleh karena itu, diperlukan pengawasan kualitas air dan pengendalian dosis klorin secara rutin agar mutu air minum tetap terjaga sampai ke pelanggan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Adapun tahapan atau prosedur penelitian yang akan dilakukan adalah dengan mempersiapkan kegiatan yang akan dilakukan di lapangan sebagai langkah pengambilan sampel pada IPA Bedog Sleman serta pengujian dan analisis sampel yang akan dilakukan pada laboratorium sebagaimana tertera pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

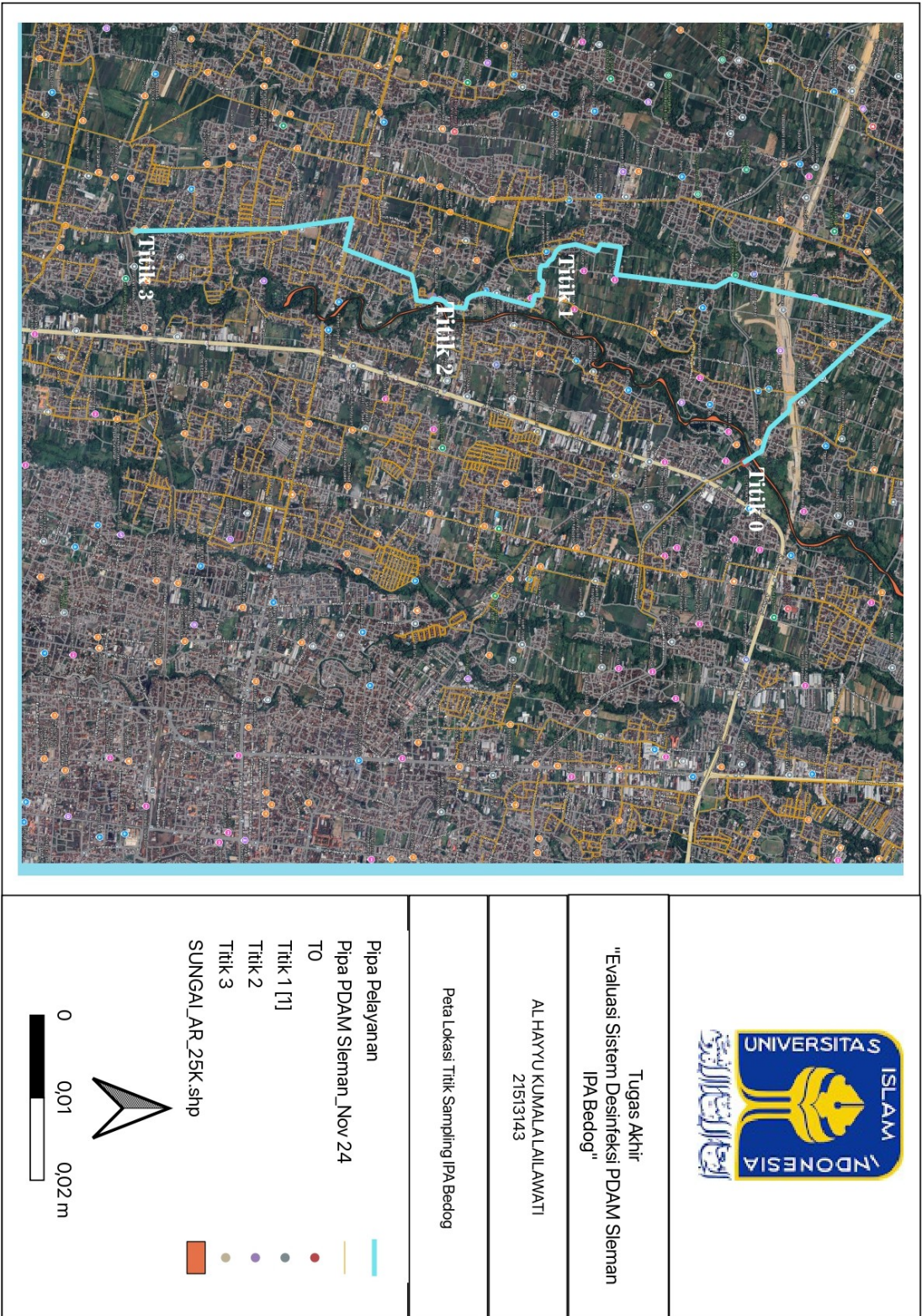
3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Data/Variabel/Parameter

Pada penelitian ini, data utama yang diambil meliputi kadar sisa klorin sebagai indikator efektivitas desinfeksi, serta parameter biologi seperti total coliform sebagai variabel utama yang dianalisis. Pengambilan data dilakukan pada beberapa titik strategis di instalasi Perumda IPA Bedog Sleman, yakni sebelum dan sesudah proses desinfeksi (tahap akhir filtrasi dan sebelum distribusi), juga mencakup titik di jaringan distribusi. Data pendukung meliputi variabel fisik (pH, suhu, kekeruhan) dan catatan waktu/curah hujan untuk melihat pengaruh kondisi lingkungan dan musim terhadap performa sistem desinfeksi. Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan botol steril plastik HDPE/kaca, dengan prosedur yang mengurangi risiko kontaminasi. Setiap sampel dilabeli dengan waktu, lokasi dan kondisi saat pengambilan, lalu disimpan dalam cooler box sebelum dianalisis di laboratorium. Analisis kadar klorin dilakukan dengan colorimeter/spektrofotometer, sementara parameter biologi diuji dengan metode membran filter dan MPN sesuai standar laboratorium. Data hasil pengukuran dicatat, diolah, dan dianalisis secara statistik untuk mengkaji efektivitas sistem desinfeksi terhadap kualitas air di PERUMDA Tirta Sembada, IPA Bedog Sleman.

3.2.2 Waktu dan Lokasi

Pengujian kadar sisa klorin dan parameter biologi dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Pengambilan sampel dilakukan di IPA Bedog Sleman dan beberapa titik di jaringan distribusi. Peta cakupan penelitian ditunjukkan Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Titik Sampling

3.2.3 Alat dan Bahan

Setelah mengetahui jenis-jenis data dilanjutkan dengan penyiapan alat dan bahan dalam penelitian ini, karena merupakan sarana pendukung yang digunakan dalam pengambilan maupun penanganan sampel. Bahan yang digunakan pada saat pengambilan dan penelitian sampel air di lokasi penelitian yaitu :

1. Buret dan Statif
2. Pengaduk
3. Botol Plastik dan Botol Kaca
4. Gelas Beker 250 mL
5. GPS
6. Kamera
7. Manometer

Sedangkan alat yang digunakan pada saat pengujian kualitas air sampel air di Laboratorium menggunakan metode pengujian Most Probable Number (MPN) dan Spektrofotometri yaitu:

1. Tabung Reaksi
2. Tabung Durham
3. Pipet Ukur
6. Laktosa ganda
7. Laktosa tunggal
8. Brilliant Green Lactoca Broth (BGLB)
9. Spektrofotometer UV-Vis

4. Botol Plastik
5. Bunsen dan jarum ose

3.3 Analisis Data

3.3.1 Pengukuran Parameter Klorin

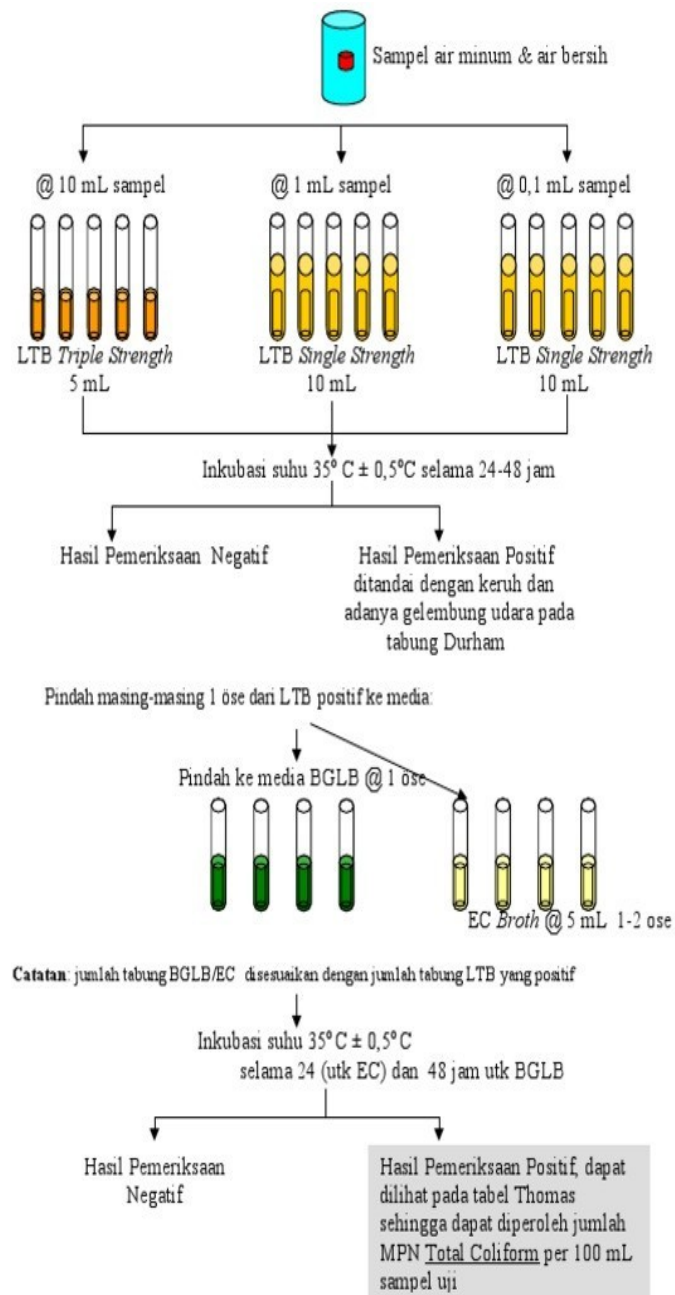
Pada penelitian ini pengukuran sisa klorin dilakukan menggunakan Metode Spektrofotometri berdasarkan reaksi pembentukan kompleks klorin dengan reagen *N,N-diethyl-p-phenylenediamine* (DPD), dimana perubahan intensitas warna yang dihasilkan proporsional terhadap konsentrasi klorin bebas dalam sampel air. Sampel diambil dari titik-titik pengambilan yang telah ditentukan, disimpan dalam wadah gelas gelap dan dianalisis segera untuk meminimalkan kehilangan klorin; sebelum analisis, sampel disaring untuk menghilangkan partikel besar yang dapat memengaruhi pembacaan. Alat yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis (model dan pabrikan), dikalibrasi dengan larutan standar klorin pada rentang konsentrasi 0–2,0 mg/L untuk membentuk kurva kalibrasi linear, serta dilakukan blanko dan ulangan tripel untuk setiap sampel guna memastikan akurasi dan presisi. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang maksimum hasil reaksi DPD-klorin (pada gelombang 552 nm), dan hasil absorbansi dikonversi menjadi konsentrasi sisa klorin menggunakan persamaan kurva kalibrasi; kontrol kualitas meliputi pengecekan drift alat, pemeriksaan reagen, serta pengulangan analisis jika koefisien variasi melebihi batas yang ditetapkan. Data sisa klorin yang diperoleh selanjutnya dianalisis statistik deskriptif dan dibandingkan dengan standar mutu air minum nasional untuk mengevaluasi efektivitas proses desinfeksi di lokasi penelitian. Cara kerja pengukuran konsentrasi klorin dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengukuran Klorin

3.3.2 Pemeriksaan Bakteri Total *Coliform*

Pemeriksaan bakteri total coliform ini bertujuan untuk menetapkan Jumlah Perkiraan terdekat (JPT) atau Most Probable Number (MPN) dari 100 mL sampel air. Sumber yang digunakan pada pemeriksaan bakteri total *coliform* ini yaitu *American Public Health Association* (APHA) Tes ini terbagi menjadi 2 tahapan yaitu tes perkiraan dan tes penetapan. Diagram alir tahapan pada Gambar 3.4



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengujian Coliform

3.3.3 Perhitungan Nilai Konsentrasi Klorin

Penetapan kadar klorin menggunakan spektrofotometri UV-Vis dimulai dengan mencampurkan sampel air dengan reagen khusus sehingga terjadi perubahan warna. Semakin pekat warna yang muncul, semakin tinggi kandungan klorin dalam sampel. Larutan hasil reaksi kemudian dimasukkan ke dalam spektrofotometer untuk mengukur nilai absorbansinya, yaitu besar cahaya yang diserap oleh larutan pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan kepekatan warnanya. Nilai absorbansi yang didapat selanjutnya dibandingkan dengan kurva kalibrasi, yaitu grafik yang dibuat dari larutan standar dengan konsentrasi klorin yang sudah pasti untuk menghubungkan nilai absorbansi dengan konsentrasinya. Melalui perbandingan ini, kadar klorin dalam sampel dapat diketahui. Apabila sampel sebelumnya dikencangkan, hasil yang diperoleh tinggal dikalikan dengan faktor pengenceran untuk mendapatkan konsentrasi klorin yang sebenarnya.

Pada metode ini, klorin bereaksi dengan reagen DPD membentuk senyawa berwarna merah muda yang intensitas warnanya sebanding dengan konsentrasi klorin. Larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 515–551 nm (biasanya 515 nm) dengan rumus:

$$y = ax + b \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

y = nilai absorbansi sampel

x = konsentrasi klorin (mg/L)

a = gradien (slope) kurva kalibrasi

b = intersep kurva kalibrasi

3.3.4 Pengukuran Koefisien Penurunan Klorin

Dalam melakukan analisa sisa klorin, sebelumnya perlu dilakukan pengamatan di lapangan terkait penentuan penurunan klorin pada sistem distribusi eksisting. Dalam pengamatan ini dicatat lokasi titik sampling (alamat pelanggan) yang nantinya digunakan untuk mengetahui konsentrasi klorin pada titik-titik yang sudah ditentukan, diameter pipa dan debit untuk mengetahui

kecepatan aliran dalam pipa.

Berdasarkan pada data yang telah didapatkan dicari konstanta penurunan sisa chlor pada jaringan distribusi Sesuai rumus (1) Fahir Hassan, dan Ali Masduqi, 2014.

$$\ln C_e = \ln C_0 - \left(\frac{K}{v} \right) L \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

Ce = Konsentrasi klorin pada jarak tertentu (mg/l)

C0= Konsentrasi klorin pada t=0 (mg/l)

K = Konstanta penurunan

V = Kecepatan (m/s)

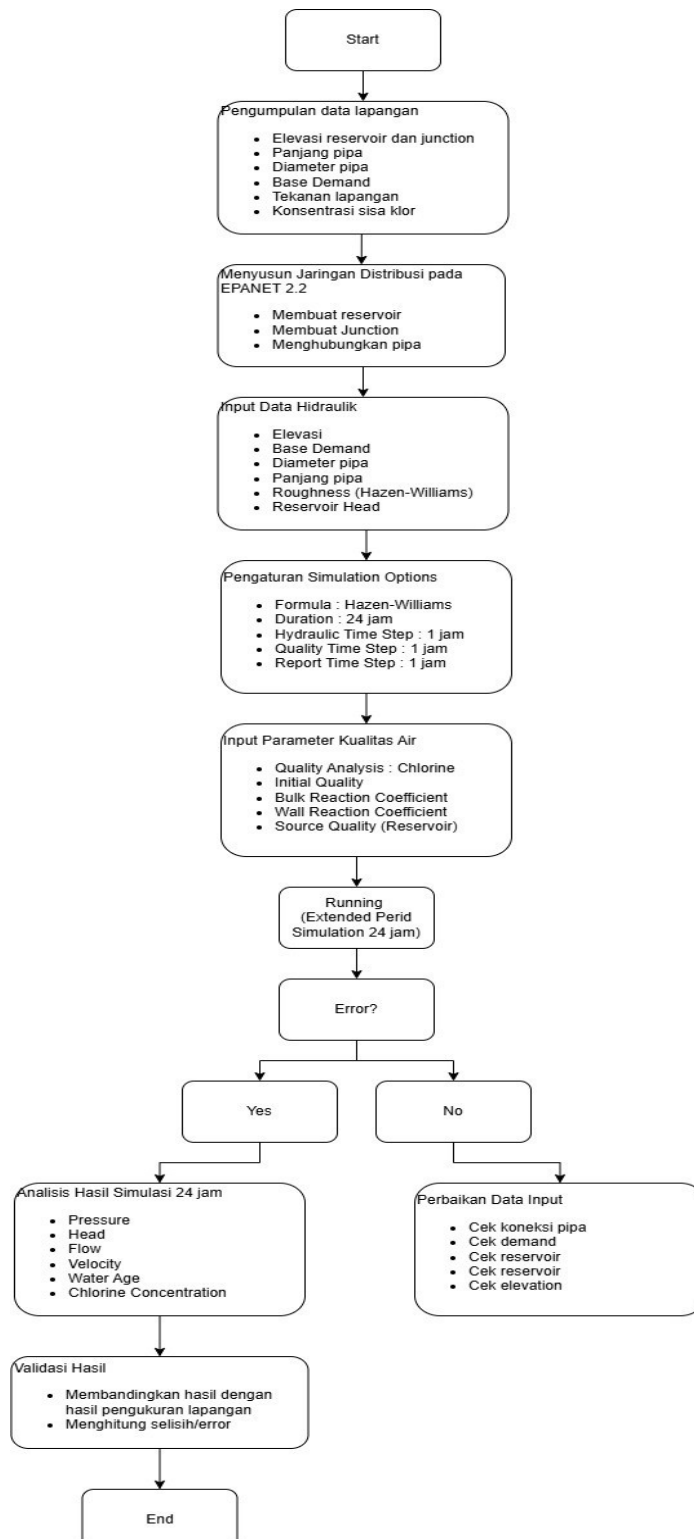
L= Jarak aliran (m)

3.3.5 Analisis EPANET 2.2

Analisis data diperoleh dengan pengambilan data di lapangan yang berupa air pelanggan Perumda untuk mengetahui besarnya klorin yang terkandung di air Perumda.

Setelah mendapatkan berbagai data sekunder yang mendukung untuk melakukan pemodelan jaringan, seperti data lokasi pelayanan, panjang pipa, diameter pipa, jenis pipa, dan debit kebutuhan air, maka dapat di lakukan pemodelan menggunakan EPANET 2.2. Tahap pemodelan ditunjukan pada Gambar

3.5



Gambar 3. 5 Diagram Alir Pemodelan dengan EPANET

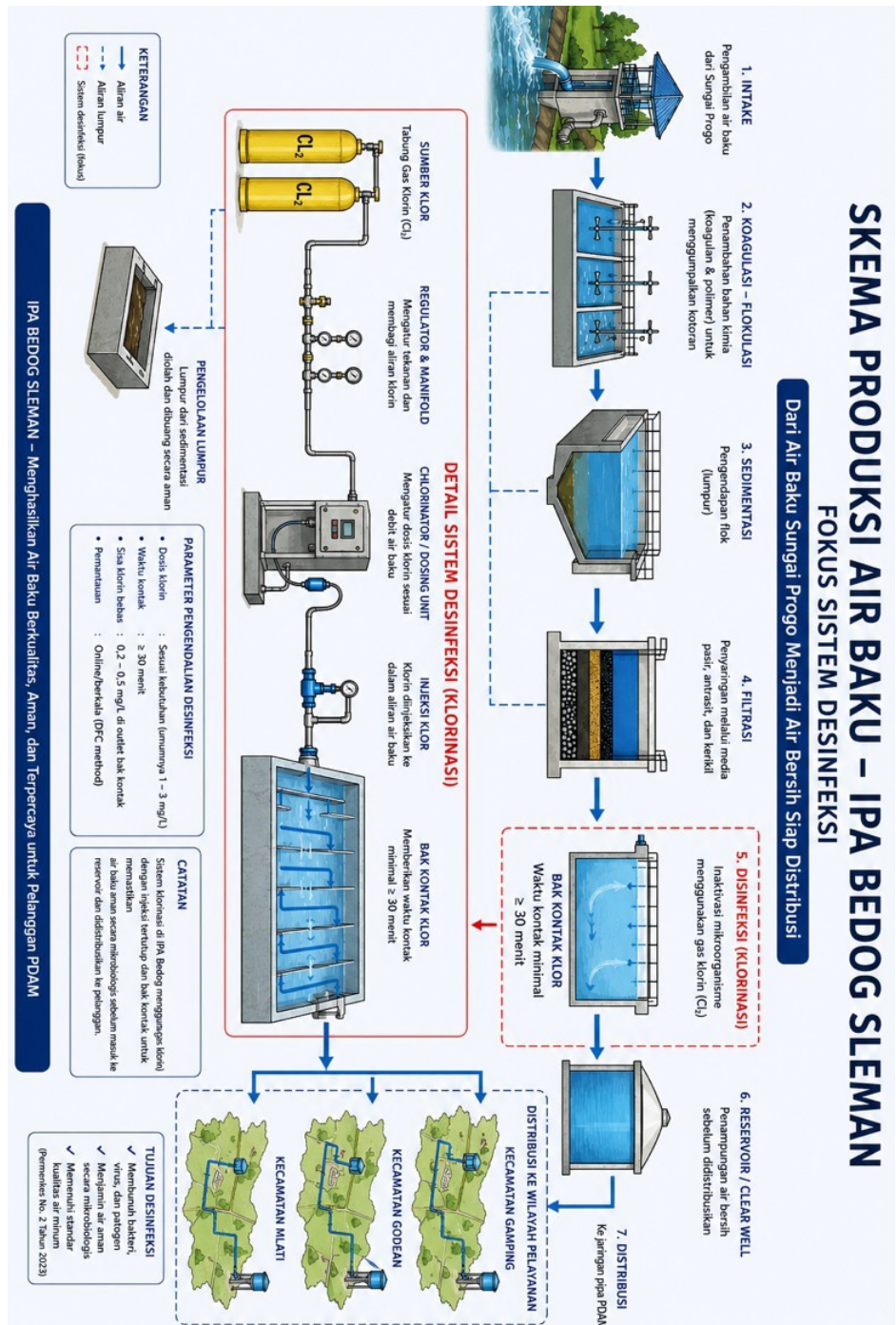
Setelah dilakukan running menggunakan program EPANET dilakukan analisis terkait kondisi hidrolis pada pipa rencana terlebih dahulu, apabila analisis hidrolis ini telah sesuai dengan ketentuan atau kondisi lapangan analisis bisa dilanjutkan pada persebaran sisa klorin.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

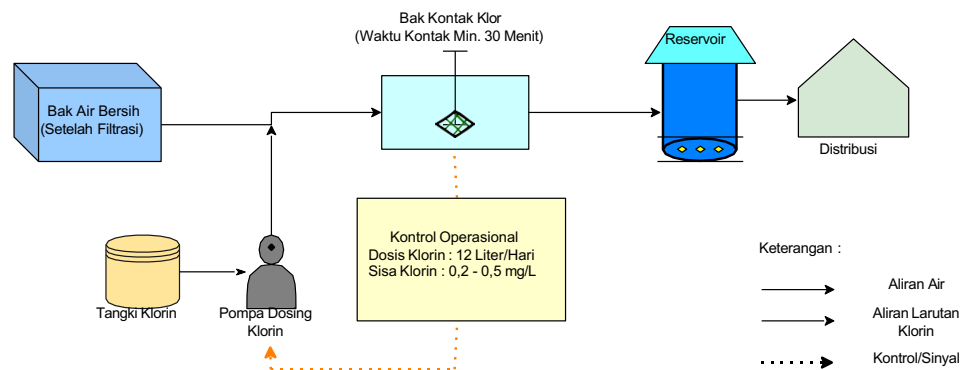
4.1 Kondisi Umum Perumda Tirta Sembada IPA Bedog Sleman

Perumda Tirta Sembada pada Bedog Sleman adalah bagian dari Instalasi Pengolahan Air Perumda Tirta Sembada yang berada di Kabupaten Sleman, beroperasi sejak tahun 2018. Instalasi ini bertugas untuk mengolah air permukaan yang berasal dari Sungai Bedog demi meningkatkan pasokan air bersih di kawasan Kapanewon Mlati dan area sekitarnya. Sumber utama dari IPA Bedog adalah air permukaan yang diambil dari Sungai Bedog. Proses pengolahan air baku ini meliputi proses penyaringan awal, pemompaan menuju bak sedimentasi, penambahan tawas untuk menjernihkan, serta dilengkapi dengan desinfeksi menggunakan klorin dan kaporit agar bisa memenuhi kriteria standar untuk air minum. Instalasi Bedog memiliki kapasitas produksi sekitar 10 liter setiap detik. Untuk debit produksi sendiri mencapai 930 liter/hari. Instalasi ini merupakan bagian dari jaringan 17 unit produksi Perumda Sleman yang tersebar di wilayah Barat (termasuk Mlati), Tengah, dan Timur, dengan menggunakan sumber seperti sumur dalam, sumur dangkal, dan mata air. Instalasi Bedog memberikan layanan kepada lebih dari 1.500 pelanggan di Kecamatan Gamping, Godean, dan Mlati. Berikut adalah skema IPA Bedog dan Unit Desinfeksi ada pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4. 1 Skema IPA Bedog

Sumber : Data PDAM diolah dengan Chat-GPT



Gambar 4. 2 Skema Sistem Klorinasi

4.1.1 Kualitas Air Baku IPA Bedog

Instalasi Penjernihan Air Bedog, Sidomoyo menggunakan air permukaan yang berasal dari Sungai Bedog. Berdasarkan data operasional Perumda Sleman, kapasitas produksi IPA Bedog disesuaikan dengan kebutuhan pelayanan distribusi pada wilayah cakupan pelayanan. Penggunaan air permukaan sebagai sumber air baku menyebabkan kualitas air baku dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan aktivitas di sekitar daerah aliran sungai, terutama pada musim hujan yang dapat meningkatkan tingkat kekeruhan air baku. Oleh karena itu, proses pengolahan dan sistem desinfeksi pada IPA Bedog memiliki peranan penting dalam menjaga kualitas air hasil produksi agar memenuhi standar kualitas air minum. Berdasarkan data sekunder dari Perumda Sleman yang diperoleh pada bulan Desember 2025, Fe dan TDS tercatat dibawah kadar maksimum yang diperbolehkan sebagai tabel 4.1 berikut :

Tabel 4. 1 Data Kualitas Air Baku IPA Bedog

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Hasil Uji	Metode Uji
TDS	mg/L	<300	145,8	Elektrikal Conductivity
Fe	mg/L	0,2	0,0108	SNI 6989.84-2019

Sumber : Data Hasil Pemeriksaan Kualitas Air Perumda Sleman

4.2 Tekanan Air Pada Wilayah Cakupan Penelitian

Data tekanan air pelanggan diukur secara langsung pada jam 06.00 – 07.00, dan 17.00-18.00 selama 4 hari, dimulai dari 19 Desember 2025 hingga 22 Desember 2025. Pengujian tekanan air dilakukan pada jam tersebut karena baiknya pengukuran dilakukan pada jam puncak, yaitu 06.00 – 07.00 menurut Buku Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Perumda. Menurut BPPSPAM, tekanan 0,7 bar adalah standar minimal tekanan yang harusnya diterima oleh pelanggan. Tekanan air diukur langsung dari kran pelanggan menggunakan manometer.

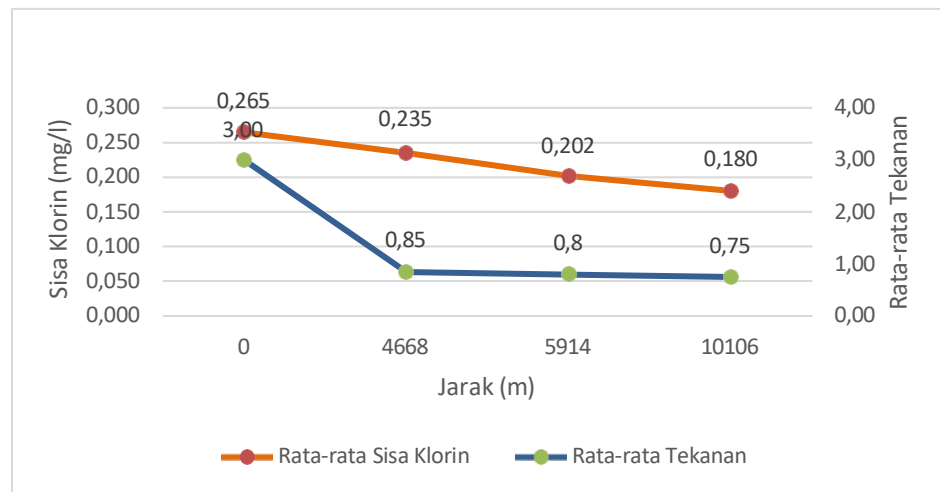
Tabel 4.2 berikut merupakan rata-rata data tekanan pelanggan IPA Bedog selama 4 hari :

Tabel 4. 2 Rata- rata tekanan Air Pelanggan IPA Bedog

Rata-rata waktu				Rata-rata keseluruhan (kg/cm2)
No	Lokasi	21 Januari		
		Pagi (kg/cm2)	Sore (kg/cm2)	
1	Bedog	3	3	3
2	Terdekat	0,8	0,9	0,85
3	Tengah	0,8	0,8	0,8
4	Terjauh	0,75	0,75	0,75

Tabel 4. 3 Data Elevasi pada Titik Sampling

No	Lokasi	Elevasi (m)	Rata-rata Keseluruhan Tekanan
1	Titik 1	144,3	3,00
2	Titik 2	132,2	0,85
3	Titik 3	122	0,80
4	Titik 4	104,2	0,75



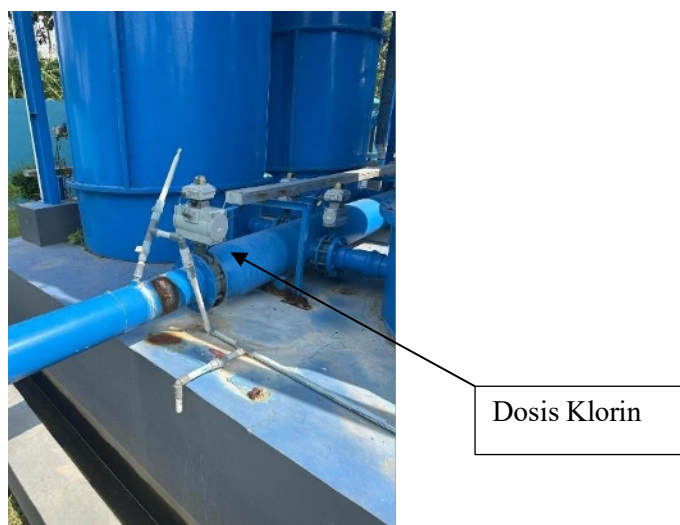
Gambar 4. 3 Rata- Rata Tekanan terhadap Jarak

Besarnya tekanan pada jaringan perpipaan dipengaruhi oleh ukuran diameter pipa serta debit aliran air yang mengalir di dalamnya. Perubahan tekanan tersebut turut memengaruhi kecepatan aliran air, yang kemudian berdampak pada penurunan kadar sisa klorin selama proses distribusi. Apabila debit aliran semakin kecil, maka nilai koefisien penurunan klorin juga cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan air tidak memberikan pengaruh yang terlalu besar terhadap penurunan sisa klorin di jaringan distribusi. Nilai koefisien yang diperoleh dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat kehilangan sisa klorin berdasarkan faktor jarak distribusi maupun tekanan aliran dalam sistem perpipaan.

Berdasarkan data pada grafik di atas diketahui bahwa setiap titik pengamatan memiliki nilai tekanan yang berbeda-beda. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh jarak lokasi terhadap sumber utama distribusi. Tekanan air cenderung menurun seiring bertambahnya jarak dari sumber karena energi aliran semakin berkurang. Akan tetapi, pada beberapa titik tertentu tekanan justru mengalami peningkatan akibat adanya perubahan elevasi wilayah distribusi. Kondisi tersebut terlihat pada titik ketiga yang memiliki tekanan lebih tinggi dibandingkan titik lainnya. Selain dipengaruhi oleh elevasi, tekanan air juga berkaitan dengan diameter pipa, dimana diameter yang lebih kecil dapat menghasilkan tekanan yang lebih besar. Sementara itu, penurunan tekanan pada titik keempat diduga disebabkan oleh adanya kebocoran pada jaringan perpipaan distribusi.

4.3 Proses Klorinasi

Proses klorinasi pada Perusahaan Daerah Air Minum (PERUMDA) Kabupaten Sleman Unit Bedog menggunakan kaporit sebagai desinfektan. Tujuan desinfeksi untuk membunuh bakteri patogen yang merugikan bagi manusia, dan juga memberikan jaminan bahwa air dapat digunakan secara aman. Unit desinfeksi IPA Bedog menggunakan 12 liter sodium hipoklorit setiap hari. Jenis desinfektan yang digunakan di IPA Bedog adalah Sodium Hipoklorit (NaOCl) yang mengandung 12% klorin dalam bentuk cair. Jenis desinfektan yang digunakan dapat mempengaruhi jumlah mikroorganisme yang ada dalam jalur distribusi. Berdasarkan data yang didapat dari Laporan Bulanan Teknik Bulan Desember 2025 IPA Bedog, mutasi sodium hipoklorit perbulan sebesar 650 liter. Tahap pertama dari prosedur pembubuhan klorin yaitu sodium hipoklorit yang berupa desinfektan cair ditakar sebesar 12 liter/hari, kemudian langsung dituangkan ke dalam bak desinfeksi dan diaduk didalam bak desinfeksi tersebut. Setelah tercampur dengan baik, larutan klorin kemudian diinjeksi ke air baku yang telah diolah menuju reservoir. Tahapan ini sudah sesuai dengan PERPU No.26/PRT/M/2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum. Berikut adalah unit desinfeksi ada pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Unit Desinfeksi



Gambar 4. 5 Jenis Desinfektan yang digunakan

Menurut Petunjuk Teknis PUPR Nomor 28 Tahun 2023 pembubuhan kaporit harus memiliki waktu detensi minimal 30 menit, hal ini berkaitan dengan jumlah *coliform* pada jaringan distribusi. Selain itu perlu diketahui debit pembubuhan dari pompa dosing pada unit desinfeksi. Untuk mengetahui debit pembubuhan perlu diketahui terlebih dahulu volume larutan dan pelarut dan juga konsentrasi kaporit yang digunakan. Hasil observasi dan data bulanan menunjukkan bahwa kebutuhan klorin setiap hari sebesar 12 liter, maka perhitungan debit pembubuhan dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume larutan} &= \text{volume kaporit} + \text{volume pelarut} \\
 \text{Volume kaporit} &= \frac{\text{Massa Kaporit}}{\text{Densitas Kaporit} \dots \dots \dots (4)} \\
 &= \frac{12 \text{ liter/hari}}{1040 \text{ liter/m}^3} = 0,0115 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Volume larutan} &= \frac{100}{12} \times 0,0115 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,0958 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Volume pelarut} &= 0,0958 - 0,0115 = 0,0843 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Debit pembubuhan} &= \text{Volume larutan/hari}
 \end{aligned}$$

$$= 0,0843 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 3,51 \text{ L/jam}$$

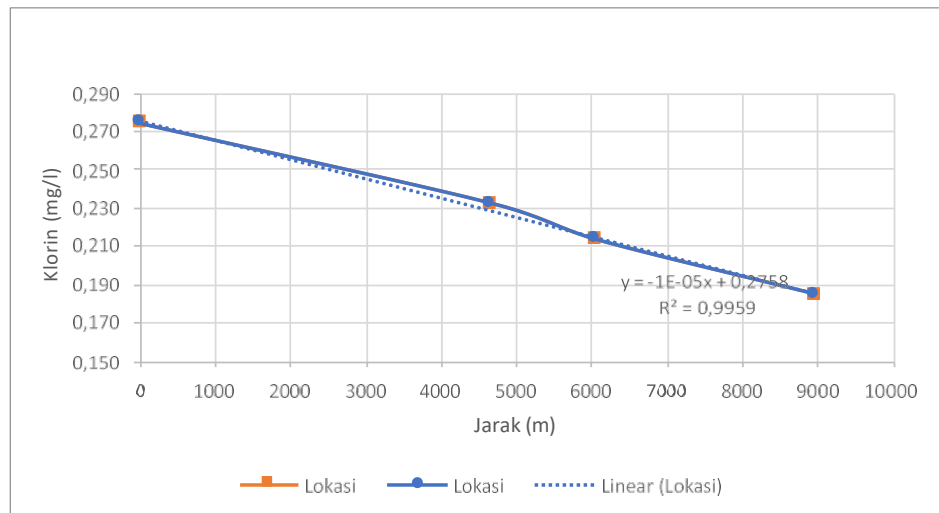
Dari data yang telah dihitung, didapatkan hasil debit pembubuhan sebesar 3,51L/jam pada jaringan distribusi IPA Bedog. Debit pembubuhan dapat digunakan untuk mengetahui interval waktu pembuatan kaporit baru setiap harinya. Waktu yang dibutuhkan hingga bak desinfeksi habis dapat dihitung dengan volume larutan dibagi dengan debit pembubuhan, dengan volume larutan sebesar 10 liter maka didapatkan waktu interval pembuatan kaporit yaitu 24 jam. Namun debit pembubuhan dapat berubah sewaktu-waktu, nilai debit bisa menjadi lebih besar maupun lebih kecil. Hal ini dapat mempengaruhi penurunan konsentrasi klorin yang mengalir dari reservoir. Maka dari itu perlu adanya pengecekan debit secara berkala agar dapat mempertahankan konsentrasi klorin dalam jaringan distribusi air.

4.3.1 Konsentrasi Klorin Bebas pada Wilayah Penelitian

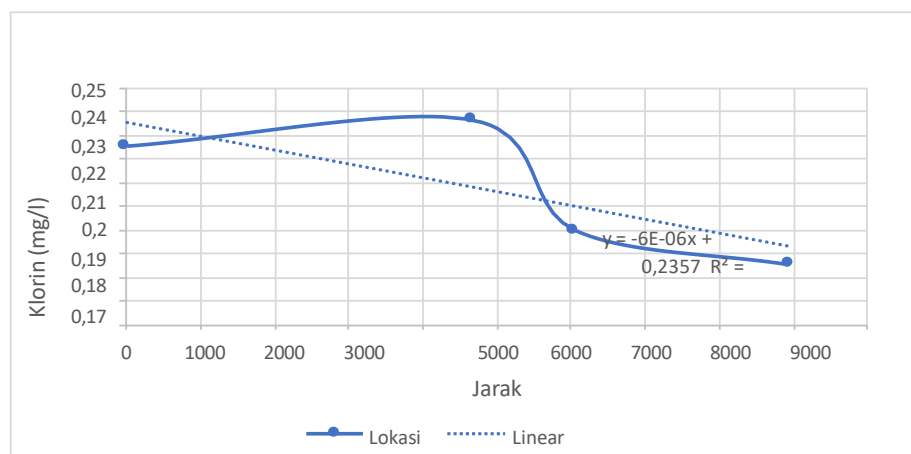
Untuk menjaga kualitas air minum tetap baik selama proses distribusi, perlu dilakukan pemeriksaan klorin bebas guna memastikan bahwa dosis disinfektan yang diberikan sudah sesuai atau belum. Berdasarkan PERMENKES Nomor 2 Tahun 2023, kadar sisa klorin minimum yang aman adalah 0,2 mg/L, karena pada konsentrasi tersebut air masih memiliki kemampuan untuk mengendalikan potensi kontaminasi di dalam jaringan distribusi. Adapun konsentrasi klorin yang diukur dalam penelitian ini hasilnya ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut :

Tabel 4. 4 Konsentrasi Rata- Rata Sisa Klorin

No	lokasi	Lokasi		rata-rata keseluruhan klor	Panjang Pipa (m)	Selisih Dosis
		pagi	sore			
1	Bedog	0,275	0,2255	0,250	0	0
2	Terdekat	0,233	0,237	0,235	4668	0,016
3	Tengah	0,214	0,190	0,202	1392	0,048
4	Terjauh	0,185	0,176	0,180	2887	0,070



Gambar 4. 6 Perbandingan Konsentrasi dan Jarak pada pagi hari



Gambar 4. 7 Perbandingan Konsentrasi dan Jarak pada sore hari

Data hasil penelitian kemudian ditampilkan dalam bentuk kurva pada Gambar 4.6 dan 4.7 dianalisis menggunakan nilai koefisien determinasi (R^2). Grafik tersebut menunjukkan adanya hubungan antara jarak distribusi dengan kadar klorin. Pengukuran konsentrasi klorin dilakukan dua kali dalam sehari, yaitu pagi, dan sore hari pada sumber, titik distribusi, serta konsumen. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin jauh jarak distribusi, kadar sisa klorin cenderung mengalami penurunan. Konsentrasi klorin pada sumber berada pada kisaran 0,2–0,18 mg/L. Pada pelanggan terdekat, yaitu titik 1 dengan jarak 4,6 km dari IPA Bedog, rata-

rata kadar klorin tercatat sebesar 0,26 mg/L. Selanjutnya, pada pelanggan dengan jarak 6 kilometer dari IPA Bedog (titik 2), kadar klorin menurun menjadi 0,23 mg/L, sedangkan pada pelanggan terjauh dengan jarak 9 kilometer, kadar klorin hanya sebesar 0,18 mg/L. Berdasarkan kurva pada Gambar 4.4, dapat diketahui bahwa terdapat hubungan yang kuat antara jarak distribusi dengan kadar klorin, yang ditunjukkan oleh nilai korelasi (R^2) pagi sebesar 0,9959 sementara sore sebesar 0,5744. Nilai tersebut menunjukkan tingkat korelasi yang tinggi karena mendekati angka 1.

Penurunan kadar klorin ini terjadi selama proses distribusi air menuju konsumen. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh reaksi klorin selama perjalanan di dalam jaringan distribusi, kontak dengan mikroorganisme, serta kemungkinan adanya kebocoran pada pipa distribusi air.

Penurunan kadar sisa klorin selama proses distribusi menuju pelanggan dapat dipengaruhi oleh reaksi massa air (*bulk reaction*) maupun reaksi pada dinding pipa (*wall reaction*). *Bulk reaction* merupakan proses berkurangnya klorin akibat interaksi dengan komponen yang terdapat di dalam air, seperti mikroorganisme dan senyawa organik. Reaksi ini dapat diketahui melalui pengujian laboratorium terhadap sampel air yang telah diambil. Sementara itu, *wall reaction* terjadi karena interaksi klorin dengan permukaan bagian dalam pipa distribusi. Jenis material pipa distribusi air minum di IPA Bedog yang digunakan yaitu PVC (*Polyvinyl Chloride*). Penggunaan klorin dengan konsentrasi yang terlalu tinggi dalam jangka panjang dapat memicu terjadinya korosi pada pipa. Selain itu, nilai pH yang terlalu asam juga dapat mempercepat proses korosi pada jaringan perpipaan.

Semakin jauh jarak distribusi air, maka reaksi yang terjadi di dalam pipa akan semakin besar sehingga kadar sisa klorin cenderung semakin menurun. Kualitas air dapat mengalami perubahan akibat berbagai faktor, antara lain usia air (*water age*) yang dipengaruhi oleh panjang jaringan pipa, kebutuhan pelanggan, serta kecepatan aliran air di dalam pipa. Apabila kecepatan aliran rendah, waktu tinggal air di dalam pipa menjadi lebih lama sehingga kualitas air dapat menurun. Kondisi tersebut terjadi karena adanya reaksi antara air dengan dinding pipa selama proses distribusi

berlangsung, sehingga air mengalami perubahan secara fisik, kimia, maupun biologis.

Selanjutnya, tekanan air juga diperhatikan dalam penelitian ini. Tekanan yang telah diukur disajikan dalam tabel berikut kemudian dibandingkan dengan jarak dan sisa klorin.

4.4 Hasil Pemodelan Penurunan Sisa Klorin dengan EPANET

EPANET dapat digunakan sebagai pemodelan kualitas air pada jaringan distribusi Perumda. Hasil pengukuran lapangan berupa data primer dan sekunder yang telah didapat kemudian di input ke EPANET. Untuk mengetahui penurunan kadar klorin pada EPANET diperlukan data lokasi titik sampling untuk mengetahui jarak antar titik sampling, data konsentrasi klorin sesuai dengan pengujian lapangan, data sekunder seperti debit, elevasi, dan diameter pipa. Hasil survey dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut :

Tabel 4. 5 Data Primer dan Sekunder Jaringan Distribusi

No	Lokasi		Konsentrasi Sisa Klorin		Panjang Pipa (m)	Diameter pipa (mm)	Debit (m ³ /s)	Kecepatan (m/s)
	Titik 1	Titik 2	Titik 1	Titik 2				
1	IPA Bedog	Terdekat	0,26475	0,2345	4668	150	1,5	0,74
2	Terdekat	Tengah	0,2345	0,2015	1392	75	1,5	0,74
3	Tengah	Terjauh	0,2015	0,18025	2887	75	1,5	0,74

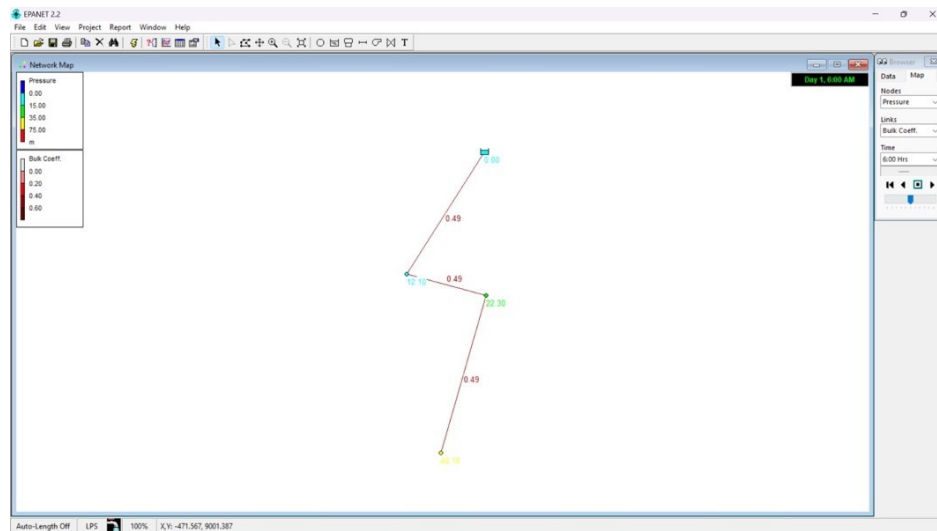
Data konsentrasi yang telah didapat kemudian digunakan untuk perhitungan koefisien penurunan sisa klorin (*Bulk Reaction*) untuk di input ke EPANET. Data yang diperlukan untuk menghitung koefisien *Global Bulk Reaction* ditunjukkan tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4. 6 Perhitungan Koefisien Penurunan Sisa Klorin

Koefisien Penurunan				K rata-rata
Titik	Terdekat	Tengah	Terjauh	0,495899
Ce	0,2345	0,2015	0,18025	
Co	0,26475	0,2345	0,2015	
L	4668	1392	2887	
V	0,74	0,74	0,74	
K	0,23445803	0,20137534	0,180198351	

Data yang telah didapat pada Tabel 4.4 kemudian dimasukkan ke rumus sehingga didapat nilai koefisien rata-rata sebesar 0,495899. Nilai tersebut di input

melalui Option – Reactions pada Browser – Global Bulk Reaction. Setelah koefisien dimasukkan, data yang diperoleh setelah dilakukan proses running terlihat seperti Gambar 4.7



Gambar 4. 8 Peta EPANET Jaringan Distribusi sudah di *run*

Gambar 4.8 tersebut merupakan peta jaringan distribusi dengan menunjukkan konsentrasi berkisar 0,18-0,26 mg/L.

Pada gambar 4.9 menunjukkan perubahan konsentrasi selama 24 jam. Rentang waktu penelitian dapat diatur di EPANET dengan *klik option-time* pada tabel yang ada di kanan tampilan. Pada hasil diatas, menunjukkan konsentrasi stabil. Jika sumber/reservoir dan pompa memberi suplai klorin konstan dan tidak ada injeksi/booster tambahan atau kehilangan kebocoran, maka konsentrasi klorin pada node akan tetap stabil karena tidak ada perubahan masukan atau kondisi aliran yang memicu perubahan konsentrasi.

Time Series Table - Node 4							
Time Hours	Elevation m	Base Demand LPS	Initial Quality mg/L	Demand LPS	Head m	Pressure m	Chemical mg/L
0:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.00
1:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.00
2:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.00
3:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.00
4:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.00
5:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.00
6:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.00
7:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.00
8:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.03
9:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
10:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
11:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
12:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
13:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
14:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
15:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
16:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
17:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
18:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
19:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
20:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
21:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
22:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
23:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26
24:00	104.2	1.5	0	1.50	128.15	23.95	0.26

Gambar 4. 9 Perubahan Konsentrasi Klorin selama 24 jam

Network Table - Links at 6:00 Hrs												
Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Bulk Coeff.	Wall Coeff.	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor	Reaction Rate mg/L/d	Chemical mg/L	Status
Pipe 1	4668	150	150	0	0	4.50	0.25	0.46	0.021	0.00	0.26	Open
Pipe 2	1392	75	150	0	0	3.00	0.68	6.38	0.020	0.00	0.26	Open
Pipe 3	2887	75	150	0	0	1.50	0.34	1.77	0.023	0.00	0.04	Open

Gambar 4. 10 Penurunan Konsentrasi Klorin pada simulasi pukul 06.00

Network Table - Links at 17:00 Hrs												
Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Bulk Coeff.	Wall Coeff.	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor	Reaction Rate mg/L/d	Chemical mg/L	Status
Pipe 1	4668	150	150	0	0	4.50	0.25	0.46	0.021	0.00	0.26	Open
Pipe 2	1392	75	150	0	0	3.00	0.68	6.38	0.020	0.00	0.26	Open
Pipe 3	2887	75	150	0	0	1.50	0.34	1.77	0.023	0.00	0.26	Open

Gambar 4. 11 Penurunan Konsentrasi Klorin pada simulasi pukul 17.00

Hasil perbandingan pengukuran data di lapangan dan hasil pemodelan menggunakan *software* EPANET dapat ditentukan dengan menghitung selisih konsentrasi sisa klorin dibagi dengan initial quality, kemudian dikali dengan 100% dan hasil pengukuran dititik pertama 0,26 mg/l dan hasil simulasi menggunakan

software EPANET yaitu 0,25 mg/l (pada pukul 06.00) sehingga hasil data lapangan dan EPANET secara garis besar tidak memiliki perbedaan.

4.5 Jumlah Total *Coliform* pada Wilayah Penelitian

Mengacu pada PERMENKES Nomor 2 Tahun 2023, kualitas air minum yang sampai ke pelanggan memiliki nilai maksimal jumlah total *coliform* sebanyak 0 (Nol). Hasil penelitian sisa klorin menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar sisa klorin dari sumber menuju pelanggan terjauh. Hal tersebut berpengaruh pada jumlah koloni *coliform* yang ada pada jalur distribusi. Pengambilan sampel untuk uji total *coliform* dilakukan selama dua kali pada pukul 06.00-07.00 pada 4 titik sesuai dengan pengambilan sampel pada pengujian sisa klorin. Untuk pengambilan sampel air pelanggan, botol yang digunakan distrerilisasi terlebih dahulu menggunakan air hangat kemudian pada saat pengambilan diujung botol dan ujung kran dipanaskan dengan api. Adapun hasil pemeriksaan total coliform pada jaringan distribusi yaitu tercatat 0 (nol) disebabkan saat pengambilan sampel dilakukan pada waktu pemberian desinfektan pada tangki. Perbandingan sisa klorin dan total coliform berbanding lurus pada jaringan distribusi.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, parameter bakteri total coliform pada seluruh titik sampling di IPA Bedog Sleman maupun jaringan distribusi pelanggan menunjukkan nilai 0 (nol) CFU/100 mL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air secara mikrobiologis telah memenuhi persyaratan baku mutu air minum sesuai ketentuan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023, dimana kadar maksimum total coliform yang diperbolehkan adalah 0 CFU/100 mL. Nilai nol pada seluruh titik pengamatan mengindikasikan bahwa proses desinfeksi melalui sistem klorinasi pada unit pengolahan berjalan secara efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen selama proses pengolahan dan distribusi air. Selain itu, kondisi tersebut juga menunjukkan bahwa jaringan distribusi masih dalam kondisi baik sehingga tidak terjadi kontaminasi silang dari lingkungan luar akibat kebocoran pipa maupun masuknya air eksternal ke dalam sistem distribusi.

Karena seluruh hasil pengujian coliform menunjukkan nilai 0, maka pembahasan pada penelitian ini tidak difokuskan pada perubahan atau fluktuasi nilai bakteri antar titik sampling, melainkan diarahkan pada analisis tingkat keamanan kualitas air dan efektivitas sistem desinfeksi yang diterapkan. Visualisasi hasil pengujian dilakukan menggunakan grafik perbandingan antara hasil laboratorium dan garis batas baku mutu Permenkes sebagai indikator pembanding. Pada grafik tersebut, nilai coliform berada di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa air hasil distribusi IPA Bedog Sleman berada dalam kondisi aman untuk dikonsumsi dari aspek mikrobiologi.

Selanjutnya, hasil pengujian coliform yang bernilai 0 diintegrasikan ke dalam pemodelan kualitas air menggunakan EPANET sebagai kondisi awal (*baseline*) yang ideal. Pada penelitian ini, fokus simulasi dalam EPANET diarahkan pada analisis penyebaran dan penurunan sisa klorin di sepanjang jaringan distribusi. Pemodelan dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem distribusi dalam mempertahankan konsentrasi sisa klorin hingga mencapai pelanggan terjauh. Secara teoritis, apabila kadar sisa klorin di dalam jaringan masih berada di atas batas minimum, yaitu sekitar 0,2 mg/L, maka pertumbuhan bakteri coliform dapat dicegah sehingga kualitas mikrobiologi air tetap terjaga. Oleh karena itu, simulasi sisa klorin pada EPANET digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi keberlanjutan kondisi aman tersebut pada seluruh jaringan distribusi.

Selain digunakan untuk mengevaluasi kondisi eksisting, pemodelan kualitas air pada EPANET juga dapat dimanfaatkan untuk melakukan simulasi skenario gangguan pada jaringan distribusi, seperti kebocoran pipa atau potensi masuknya kontaminan dari luar sistem. Simulasi tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh penurunan sisa klorin terhadap kemungkinan munculnya kontaminasi mikrobiologi di jaringan distribusi. Dengan demikian, hasil pengujian coliform dan simulasi EPANET dapat digunakan secara terpadu untuk menilai efektivitas sistem desinfeksi eksisting serta memastikan bahwa kualitas air tetap memenuhi standar kesehatan hingga sampai ke pelanggan.

4.6 Identifikasi Masalah dan rekomendasi

Hasil observasi dan berbagai permasalahan yang telah dianalisis kemudian dipaparkan dan dibandingkan dengan regulasi yang berlaku kemudian disajikan dalam tabel 4.7 berikut :

Tabel 4. 7 Identifikasi Masalah dan Rekomendasi

No	Permasalahan	Potensi Permasalahan	Regulasi yang berlaku	Rekomendasi Peningkatan Kinerja
1.	Kadar sisa klorin di beberapa titik distribusi rendah atau tidak stabil.	Dosis desinfektan tidak sesuai, waktu kontak kurang, dan jarak distribusi terlalu jauh	Kementerian Kesehatan Republik Indonesia melalui Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan mengatur sisa klorin 0,2–0,5 mg/L dengan waktu kontak minimal 30 menit.	Optimasi dosis desinfektan, pemeriksaan klorin secara berkala, dan evaluasi waktu kontak pada reservoir.
2.	Nilai sisa klorin menurun pada titik distribusi terjauh.	Jarak distribusi terlalu jauh dan waktu tinggal air terlalu lama.	Permenkes No. 2 Tahun 2023 terkait pengawasan kualitas air minum.	Monitoring residual klorin pada beberapa titik distribusi dan evaluasi jaringan distribusi menggunakan EPANET.

Secara keseluruhan, sistem desinfeksi di IPA Bedog Perumda Sleman sudah berhasil menghasilkan air minum yang memenuhi standar pelayanan, dibuktikan dengan kadar sisa klorin yang tetap berada dalam batas baku mutu hingga ke jaringan distribusi. Meskipun demikian, hasil penilaian menunjukkan bahwa konsentrasi klorin menurun secara bertahap seiring dengan bertambahnya jarak distribusi. Penurunan ini dipengaruhi oleh lamanya waktu kontak, kondisi hidrolis, serta karakteristik jaringan pipa yang ada. Pemodelan yang dilakukan menggunakan EPANET menghasilkan data yang cukup sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan, sehingga alat ini dapat dimanfaatkan untuk memantau penurunan sisa klorin dalam jaringan distribusi. Agar air tetap aman dan memenuhi persyaratan kesehatan hingga sampai ke konsumen, perlu dilakukan pengaturan dosis klorin yang tepat, pemantauan kualitas air secara rutin, serta evaluasi terhadap sistem distribusi secara terus-menerus.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada sistem desinfeksi di IPA Bedog secara umum telah berjalan dengan baik dan memenuhi standar kualitas air minum sesuai Permenkes No. 2 Tahun 2023. Kadar klorin mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak distribusi klorin terus bereaksi dengan zat organik, mikroorganisme, dan endapan di dalam pipa selama proses distribusi air berlangsung. Total coliform menunjukkan pada kualitas mikrobiologi air minum pada jaringan distribusi IPA Bedog memenuhi standar APHA-9221-B. Klorin bebas yang ada di dalam jaringan distribusi berperan sebagai desinfektan yang mencegah dan membunuh mikroorganisme patogen, sehingga jumlah total coliform tetap berada di bawah batas maksimum yang diperbolehkan. Hasil pemodelan EPANET menunjukkan bahwa konsentrasi sisa klorin pada jaringan distribusi IPA Bedog mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak distribusi, namun masih berada pada kisaran 0,18–0,26 mg/L sehingga secara umum masih memenuhi standar sisa klorin minimum menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023.

5.2 Saran

1. Menyesuaikan dan optimalkan dosis klorin berkala supaya konsentrasi sisa tetap stabil.
2. Melakukan pemantauan rutin kadar sisa klorin di titik distribusi, khususnya pelanggan paling jauh, agar memenuhi standar.
3. Penelitian selanjutnya juga dapat mengembangkan simulasi EPANET dengan beberapa kondisi operasional, misalnya kebocoran jaringan, perubahan debit aliran, maupun penggunaan *booster chlorination* untuk mengetahui efektivitas pengendalian kualitas air pada sistem distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianita, R., et al. (2016). Analisis pembentukan trihalometana pada proses klorinasi air minum. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(1), 45–53.
- American Public Health Association. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). APHA.
- Damayanti. (2016). *Evaluasi sistem desinfeksi pada PDAM Sleman Unit Nogotirto* [Skripsi, Universitas Islam Indonesia].
- Hassan, F., & Masduqi, A. (2014). Analisis penurunan sisa klorin pada jaringan distribusi air minum. *Jurnal Teknik ITS*, 3(2), 45–52.
- Huda, A., et al. (2024). Analisis sisa klor dan dampaknya pada kualitas air distribusi PDAM Surya Sembada. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 10(1), 55–63.
- Kallista, R., et al. (2022). Monitoring real-time kadar klorin dan efektivitas disinfeksi pada PDAM perkotaan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(3), 120–128.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 26/PRT/M/2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum*. Kementerian PUPR.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2023). *Petunjuk teknis penyelenggaraan sistem penyediaan air minum*. Kementerian PUPR.
- Marsha, A. (2020). *Evaluasi sistem desinfeksi pada PDAM Sleman Unit Tridadi* [Skripsi, Universitas Islam Indonesia].
- Nasution, A., & Pranoto. (2018). Pengaruh faktor lingkungan terhadap efektivitas klorinasi pada sistem distribusi air minum. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 11(2), 77–85.
- Ramadhan, M., et al. (2021). Evaluasi sisa klor bebas jaringan PDAM menggunakan pemodelan EPANET. *Jurnal Teknik Pengairan*, 12(2), 87–95.
- Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*. Sekretariat Negara.

Said, N. I. (2015). Pengaruh kandungan besi dan mangan terhadap efektivitas proses klorinasi air minum. *Jurnal Air Indonesia*, 8(1), 25–34.

Siregar, R., et al. (2021). Kajian proses pengolahan air minum dan efektivitas desinfeksi pada instalasi pengolahan air. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(3), 101–110.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Konsentrasi Sisa Klor

data sisa klor			
No	Lokasi	19 Januari	
		pagi	sore
1	Bedog	0,283	0,279
2	Terdekat	0,275	0,253
3	Tengah	0,28	0,197
4	Terjauh	0,179	0,181

data sisa klor			
No	Lokasi	20 Januari	
		pagi	sore
1	Bedog	0,293	0,242
2	Terdekat	0,247	0,215
3	Tengah	0,191	0,176
4	Terjauh	0,188	0,157

data sisa klor			
No	Lokasi	21 Januari	
		pagi	sore
1	Bedog	0,292	0,289
2	Terdekat	0,21	0,273
3	Tengah	0,203	0,195
4	Terjauh	0,206	0,182

data sisa klor			
No	Lokasi	22 Januari	
		pagi	sore
1	Bedog	0,23	0,21
2	Terdekat	0,198	0,205
3	Tengah	0,18	0,19
4	Terjauh	0,167	0,182

Lampiran 2 Data Keseluruhan Tekanan

data tekanan			
No	Lokasi	19 Januari	
		pagi	sore
1	Bedog	3	3
2	Terdekat	0,8	0,9
3	Tengah	0,7	1
4	Terjauh	0,7	0,8

data tekanan			
No	Lokasi	20 Januari	
		pagi	sore
1	Bedog	2,8	3
2	Terdekat	0,7	1
3	Tengah	0,8	0,7
4	Terjauh	0,8	0,7

data tekanan			
No	Lokasi	21 Januari	
		pagi	sore
1	Bedog	3	3,2
2	Terdekat	0,8	1
3	Tengah	0,9	0,8
4	Terjauh	0,8	0,7

data tekanan			
No	Lokasi	22 Januari	
		pagi	sore
1	Bedog	3	3
2	Terdekat	1	1
3	Tengah	0,8	0,8
4	Terjauh	0,7	0,8

Data Tekanan Pelanggan

PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM
KABUPATEN SLEMAN
DATA TEKanan AIR
DESEMBER TAHUN 2025

No.	Unit	Tekanan Rata-rata	Jumlah SR dengan Tekanan $\geq 0,7$ kg/cm ³	Jumlah SR dengan Tekanan $< 0,7$ kg/cm ³	Σ SR Aktif	Keterangan
1	Mlati	1	842	60	902	
2	Tambakrejo	1	2159	232	2.391	
3	Gamping	0,8	3404	204	3.608	
4	Sidomoyo	1	1522	215	1.737	
5	Nogotirto	0,8	1526	89	1.615	
6	Godean	1,2	4098	221	4.319	
7	Depok	1	3777	294	4.071	
8	Ngaglik	1,2	1819	140	1.959	
9	Minomartani	1	2005	148	2.153	
10	Pakem/Turi	2	946	84	1.030	
11	Tridadi	0,7	932	321	1.253	
12	Sleman BNA	1,2	6278	250	6.528	
13	Condong Catur	1,5	1899	108	2.007	
14	Kalasan	1,3	3033	122	3.155	
15	Prambanan	1	2410	183	2.593	
16	Ngemplak	1	3301	217	3.518	
17	Bimomartani	1	594	91	685	
Total			40545	2979	43524	
Prosentase			93%	7%		

Mengetahui
Kasubag. Trandist

Di teliti oleh
Ka. Sie. Bengkel Meter

Di Buat Oleh
Staff Trandist

Muchamad Eksan, S.E.

Suhari

M. Isa Ilyasa

Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi Klorin

a. Perhitungan Koefisien Penurunan Laju Klorin

$$a. \ln c_e = \ln c_0 - (k) \frac{L}{v}$$

Dimana:

C_e = Konsentrasi sisa klorin pada jarak tertentu (mg/l)

C₀ = Konsentrasi sisa klorin pada t=0 (mg/l)

K = Konstanta penurunan V = Kecepatan (m/s)

L = Jarak aliran (m)

Koefisien Penurunan				K rata-rata
Titik	Terdekat	Tengah	Terjauh	0,495899
Ce	0,2345	0,2015	0,18025	
Co	0,26475	0,2345	0,2015	
L	4668	1392	2887	
V	0,74	0,74	0,74	
K	0,23445803	0,20137534	0,180198351	

$$\begin{aligned}
 K \text{ Terdekat} &= \frac{lnce - lnc0}{LV} \\
 &= \frac{0,2345 - 0,264}{4668 \cdot 0,74} \\
 &= 0,2344
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K \text{ Tengah} &= \frac{lnce - lnc0}{LV} \\
 &= \frac{0,2015 - 0,2345}{1392 \cdot 0,74} \\
 &= 0,2014
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K \text{ Terjauh} &= \frac{lnce - lnc0}{LV} \\
 &= \frac{0,180 - 0,2015}{2887 \cdot 0,74} \\
 &= 0,180
 \end{aligned}$$

b. Kehilangan tekanan :

Tekanan awal IPA Bedog : 3kg/cm³

Rumus Hazen Wiliamz :

$$hf = 10,67 \frac{L \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \dots\dots\dots(3)$$

$$hf = 10,67 \frac{4668 \times 0,0015 \text{ m}^3/\text{s}^{1,852}}{150^{1,852} \times 0,15^{4,87}}$$

$$(0,0015)^{1,852} = 5,76 \times 10^{-6}$$

$$(150)^{1,852} = 10689,43$$

$$(0,15)^{4,87} = 9,76 \times 10^{-5}$$

$$Hf = 10,67 \frac{4668 \times 5,76 \times 10^{-6}}{10689,43 \times 10^{-5}}$$

$$Hf = 0,274 \text{ m}$$

$$Hf = 27,4 \text{ cm}$$

Keterangan:

hf = kehilangan tekanan (m)

L = panjang pipa (m)

Q = debit aliran (m³/s)

C = koefisien Hazen-Williams

D = diameter pipa (m)

Lampiran 4 Data PDAM Kualitas Air Baku

Data Kualitas Air Baku



UPTD LABORATORIUM KESEHATAN

 Jalan Kalimantan Gang Anindia, Purwosari, Sindusadi, Mat. Sleman, Yogyakarta, 55284
 Telpom (0274) 844226, Surel: labkesisleman@gmail.com



LAFKI
TERAKREDITASI PANGUPA

FRMLHU.02/03.01.2022/Rev.01

Kepala
 PDAM Tirta Sembada
 Jl. Parasma No 18, Beran, Tridadi, Sleman

LAPORAN HASIL UJI

IDENTITAS SAMPEL
 No. Contoh Uji/No. Plg
 Contoh Uji
 Bersal dari
 Alamat Contoh Uji
 Diambil Oleh
 Instansi Pengambil
 Tgl. Sampling
 Tgl. Diterima

KIM/11417/14486-PDAM-I
 Air Minum
 Outlet Reservoir Bodeg
 Gedungan Ngilangrang, Tlogoadi, Mtati, Sleman
 Wahyu Prasetyo (petugas PDAM Sleman)
 PDAM Tirta Sembada
 08-12-2025
 08-12-2025

08-12-2025 s.d 20-12-2025

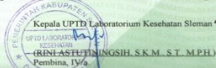
KIM/11417/14486-PDAM-I
 Air Minum
 Outlet Reservoir Bodeg
 Gedungan Ngilangrang, Tlogoadi, Mtati, Sleman
 Wahyu Prasetyo (petugas PDAM Sleman)
 PDAM Tirta Sembada
 08-12-2025
 08-12-2025

NO	PARAMETER	SATUAN	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	HASIL UJI LAB	METODE UJI
1	Suhu	°C	Suhu udara ± 3	Suhu udara : 20.0 Suhu CTU : 22.0	SNI 06-6989-23-2005
2	Total Dissolve Solid	mg/L	< 300	145.8	Elektrikal Conductivity
3	Kekeruhan	NTU	< 3	0.56	SNI 06-6989-23-2005
4	Warna	Skala Pico	10	3	SNI 6989-80-2011
5	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	Organoleptis
6	pH	-	6.5 - 8.5	7.27	SNI 06-6989-11-2019
7	Nitrat (sebagai NO ₃) terlarut	mg/L	20	7.948	SNI 3554-2015
8	Nitrit (sebagai NO ₂) terlarut	mg/L	3	< 0.001	SNI 06-6989-9-2004
9	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺) terlarut	mg/L	0.01	< 0.01	Kit 1.14758.0001
10	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0.2	0.0108	SNI 6989-84-2019
11	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0.1	0.0017	SNI 6989-84-2019
12	Sisa Klor terlarut	mg/L	0.2 - 0.5	0.93	CI2-kit 1.00598.0002
13	Arsen (As) terlarut GF	mg/L	0.01	< 0.0001	SNI 6989-84-2019
14	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0.003	< 0.0001	SNI 6989-84-2019
15	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0.01	< 0.0001	SNI 6989-84-2019
16	Fluorida (F) terlarut	mg/L	1.5	< 0.001	SNI 06-6989-29-2005
17	Aluminium (Al) terlarut dengan GF	mg/L	0.2	< 0.0001	SNI 6989-84-2019

Catatan

- Laporan Hasil Uji ini hanya berlaku untuk contoh uji yang diuji
- Semua parameter diuji di laboratorium
- Laporan Hasil Uji ini terdiri dari 1 (satu) lembar
- Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh isi Laporan Hasil Uji ini tanpa persetujuan tertulis UPTD Laboratorium Kesehatan Sleman
- UPTD Laboratorium Kesehatan Sleman hanya melayani komplain atau revisi Laporan Hasil Uji ini maksimal 7 (tujuh) hari setelah Laporan Hasil Uji ini diterbitkan
- UPTD Laboratorium Kesehatan Sleman tidak bertanggung jawab terhadap proses pengambilan dan pengantaran contoh uji yang dilakukan oleh petugas selain dari UPTD Laboratorium Kesehatan Sleman
- Baku Mutu : Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP No. 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan

Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan Sleman
 (RINI-ASTUTININGSIH, S.K.M., S.T., M.P.H.)
 Pembina, IV/a



Data Total Coliform PDAM

UPTD LABORATORIUM KESEHATAN
Jalan Kalimantan Gang Ambalat, Purwosari, Sinduadi, Mlati, Sleman, Yogyakarta, 55284
Telepon (0274) 884226, Sunel, labkesleman@gmail.com

Kepada:
PDAM Tirta Sembada
Jl. Parasannya No 18, Beran, Tridadi, Sleman

LAPORAN HASIL UJI

IDENTITAS SAMPEL
No. Contoh Uji/No. Pkg : MIK/11416/14486-PDAM-I
Contoh Uji : Air Minum
Bersal dari : Outlet Reservoir Bledag
Alamat Contoh Uji : Gedung Ngajirang, Tlogoadi, Mlati, Sleman
Diambil Oleh : Wahyu Prasetyo (petugas PDAM Sleman)
Instansi Pengambil : PDAM Tirta Sembada
Tgl. Sampling : 08-12-2025
Tgl. Diterima : 08-12-2025
Tgl. Pengujian : 08-12-2025 s.d 20-12-2025

HASIL PENGUJIAN

NO	PARAMETER	SATUAN	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	HASIL UJI LAB	METODE UJI
1	Escherichia coli	CFU/100ml	0	0	ISO 9308-1:2014/ Amd-1:2016
2	Total Coliform	CFU/100ml	0	0	ISO 9308-1:2014/ Amd-1:2016

Catatan:
1. Laporan Hasil Uji ini hanya berlaku untuk contoh uji yang diuji
2. Semua parameter diuji di laboratorium
3. Laporan Hasil Uji ini terdiri dari 1 (satu) lembar
4. Dilarang menandatangani sebagian atau seluruh isi Laporan Hasil Uji ini tanpa persetujuan tertulis UPTD Laboratorium Kesehatan Sleman
5. UPTD Laboratorium Kesehatan Sleman hanya melayani komplain atau revisi Laporan Hasil Uji ini maksimal 7 (tujuh) hari setelah Laporan Hasil Uji ini diterbitkan
6. UPTD Laboratorium Kesehatan Sleman tidak bertanggung jawab terhadap proses pengambilan dan pengantaran contoh uji yang dilakukan oleh petugas selain dari UPTD Laboratorium Kesehatan Sleman
7. Baku Mutu : Permenkes RI No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan PP No. 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan

Kepala UPTD Laboratorium Kesehatan Sleman
(RINI ASTUJININGSIH S.K.M., S.T., M.P.H.)
Pembina, IV/a
NIP. 19680301988032003

Lampiran 5 Permenkes No 2 Tahun 2023

- 33 -

LAMPIRAN
PERATURAN MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 2 TAHUN 2023
TENTANG
PERATURAN PELAKSANAAN PERATURAN PEMERINTAH
NOMOR 66 TAHUN 2014 TENTANG KESEHATAN LINGKUNGAN

BAKU MUTU KESEHATAN MEDIA AIR UNTUK KEPERLUAN HIGIENE SANITASI, KOLAM RENANG, SOLUS PER AQUAM, DAN PEMANDIAN UMUM

A. Parameter Wajib

1. Parameter Mikrobiologi

No.	Jenis Parameter	Baku Mutu				
		Air Minum	Media <i>Hygiene</i> Sanitasi	Kolam Renang	<i>Solus Per Aquam</i>	Pemandian Umum
1.	<i>Escherichia coli</i>	0/100 mL	0/100 mL	0/100 mL	0/100 mL	0/100 mL
2.	Total Bakteri <i>Coliform</i>	0/100 mL	0/100 mL	0/100 mL	0/100 mL	0/100 mL

2. Parameter Fisika

No.	Jenis Parameter	Baku Mutu				
		Air Minum	Media <i>Hygiene</i> Sanitasi	Kolam Renang	<i>Solus Per Aquam</i>	Pemandian Umum
1.	Bau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau
2.	Warna	< 15 TCU	< 15 TCU	< 50 TCU	< 25 TCU	< 50 TCU
3.	Kekeuhan	< 3 NTU	< 25 NTU	< 5 NTU	< 5 NTU	< 5 NTU
4.	Rasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa
5.	Suhu	Suhu udara ± 3 °C	Suhu udara ± 3 °C	28 – 30 °C	32 – 36 °C	Suhu udara ± 3 °C

3. Parameter Kimia

No.	Jenis Parameter	Baku Mutu				
		Air Minum	Media <i>Hygiene</i> Sanitasi	Kolam Renang	<i>Solus Per Aquam</i>	Pemandian Umum
1.	pH	6,5 – 8,5	6,0 – 9,0	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,0 – 9,0
2.	Aluminium (Al)	0,2 mg/L	-	-	-	-
3.	Besi (Fe)	0,2 mg/L	-	-	-	-
4.	Mangan (Mn)	0,1 mg/L	-	-	-	-
5.	Nitrat (sebagai NO ₃)	10 mg/L	-	-	-	-
6.	Sisa Klor	0,2 – 0,5 mg/L	-	1 – 3 mg/L	1 – 3 mg/L	0,5 – 1 mg/L

Keterangan:
TCU : True Color Unit
NTU : Nephelometric Turbidity Unit

4. Parameter ...

Lampiran 6 PUPR No. 28 Tahun 2023

	PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT NOMOR 28/PRT/M/2023	- 73 -
BAB V		
INSTALASI PENGOLAHAN AIR		
5.4. Unit Disinfeksi		
5.4.1. Unit disinfeksi berfungsi untuk membunuh mikroorganisme patogen dalam air minum.		
5.4.2. Disinfeksi pada proses pengolahan air minum dapat dilakukan dengan menggunakan klorin, ozon, sinar ultraviolet, atau kombinasi beberapa jenis disinfeksi.		
5.4.3. Apabila digunakan klorin sebagai disinfeksi, maka harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:		
a. kadar sisa klorin bebas (<i>free residual chlorine</i>) pada air minum yang dihasilkan antara 0,2 mg/L sampai dengan 0,5 mg/L;		
b. sistem kontak antara air dengan klorin harus mampu memberikan waktu kontak (waktu detensi) minimum 30 (tiga puluh) menit; dan		
c. penambahan klorin dilakukan pada pH air kurang dari 8.		
Tabel 5.11 Waktu Detensi Unit Disinfeksi Klorin		
No.	Jenis Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)	Waktu Detensi (menit)
1.	SPAM Jaringan Perpipaan	≥ 30
2.	SPAM Bukan Jaringan Perpipaan (SPAM Bukan JP)	≥ 30
3.	SPAM Dalam Bentuk Air Minum Dalam Kemasan	≥ 30
Catatan: Waktu detensi dihitung mulai dari penambahan bahan kimia disinfeksi sampai dengan air siap didistribusikan.		

Lampiran 7 APHA (American Public Health Association)

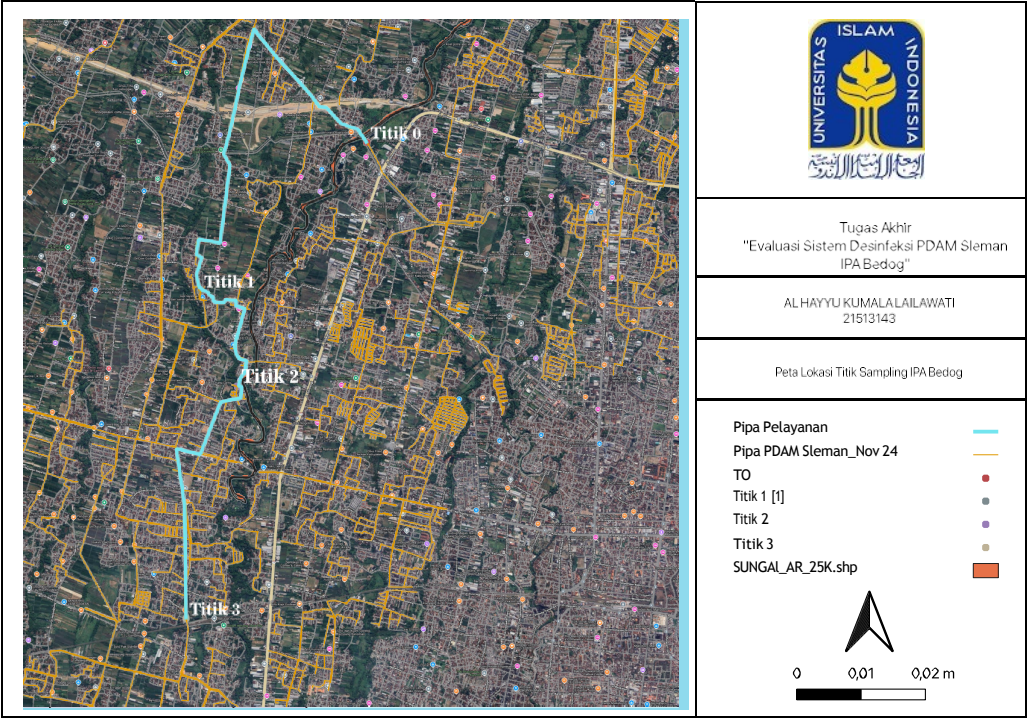
9-50

MICROBIOLOGICAL EXAMINATION (9000)

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	95% Confidence Limits		Combination of Positives	MPN Index/ 100 mL	95% Confidence Limits	
		Lower	Upper			Lower	Upper
0-0-0	< 2	—	—	4-2-0	22	9.0	56
0-0-1	2	1.0	10	4-2-1	26	12	65
0-1-0	2	1.0	10	4-3-0	27	12	67
0-2-0	4	1.0	13	4-3-1	33	15	77
1-0-0	2	1.0	11	4-4-0	34	16	80
1-0-1	4	1.0	15	5-0-0	23	9.0	86
1-1-0	4	1.0	15	5-0-1	30	10	110
1-1-1	6	2.0	18	5-0-2	40	20	140
1-2-0	6	2.0	18	5-1-0	30	10	120
2-0-0	4	1.0	17	5-1-1	50	20	150
2-0-1	7	2.0	20	5-1-2	60	30	180
2-1-0	7	2.0	21	5-2-0	50	20	170
2-1-1	9	3.0	24	5-2-1	70	30	210
2-2-0	9	3.0	25	5-2-2	90	40	250
2-3-0	12	5.0	29	5-3-0	80	30	250
3-0-0	8	3.0	24	5-3-1	110	40	300
3-0-1	11	4.0	29	5-3-2	140	60	360
3-1-0	11	4.0	29	5-3-3	170	80	410
3-1-1	14	6.0	35	5-4-0	130	50	390
3-2-0	14	6.0	35	5-4-1	170	70	480
3-2-1	17	7.0	40	5-4-2	220	100	580
4-0-0	13	5.0	38	5-4-3	280	120	690
4-0-1	17	7.0	45	5-4-4	350	160	820
4-1-0	17	7.0	46	5-5-0	240	100	940
4-1-1	21	9.0	55	5-5-1	300	100	1300
4-1-2	26	12	63	5-5-2	500	200	2000
				5-5-3	900	300	2900
				5-5-4	1600	600	5300
				5-5-5	≥ 1600	—	—

Lampiran 8 Peta Daerah Pengamatan



Lampiran 9 Dokumentasi Pengujian Data Klorin, Coliform, dan Tekanan



Wawancara operator IPA Bedog



Pengambilan sampel IPA



Pengambilan sampel pelanggan



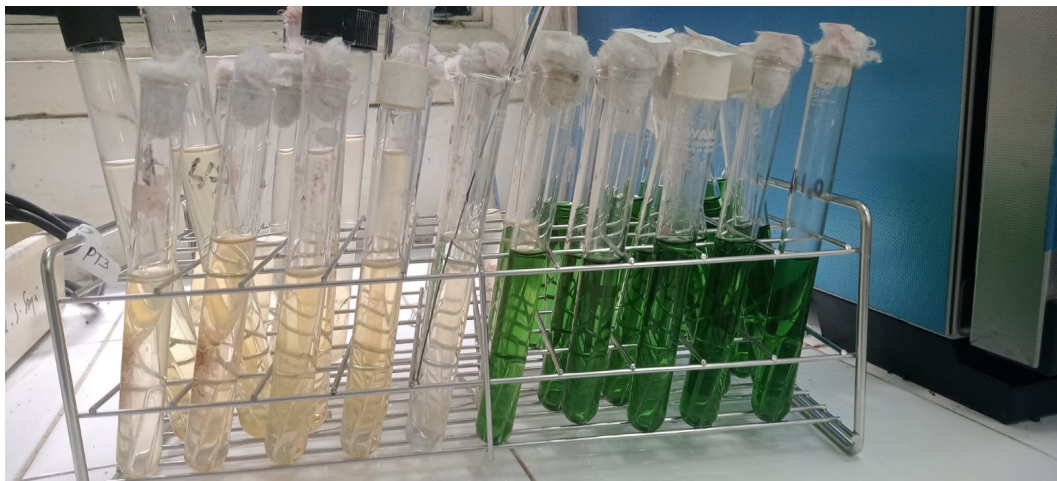
Pengukuran data tekanan



Pengujian sisa klorin

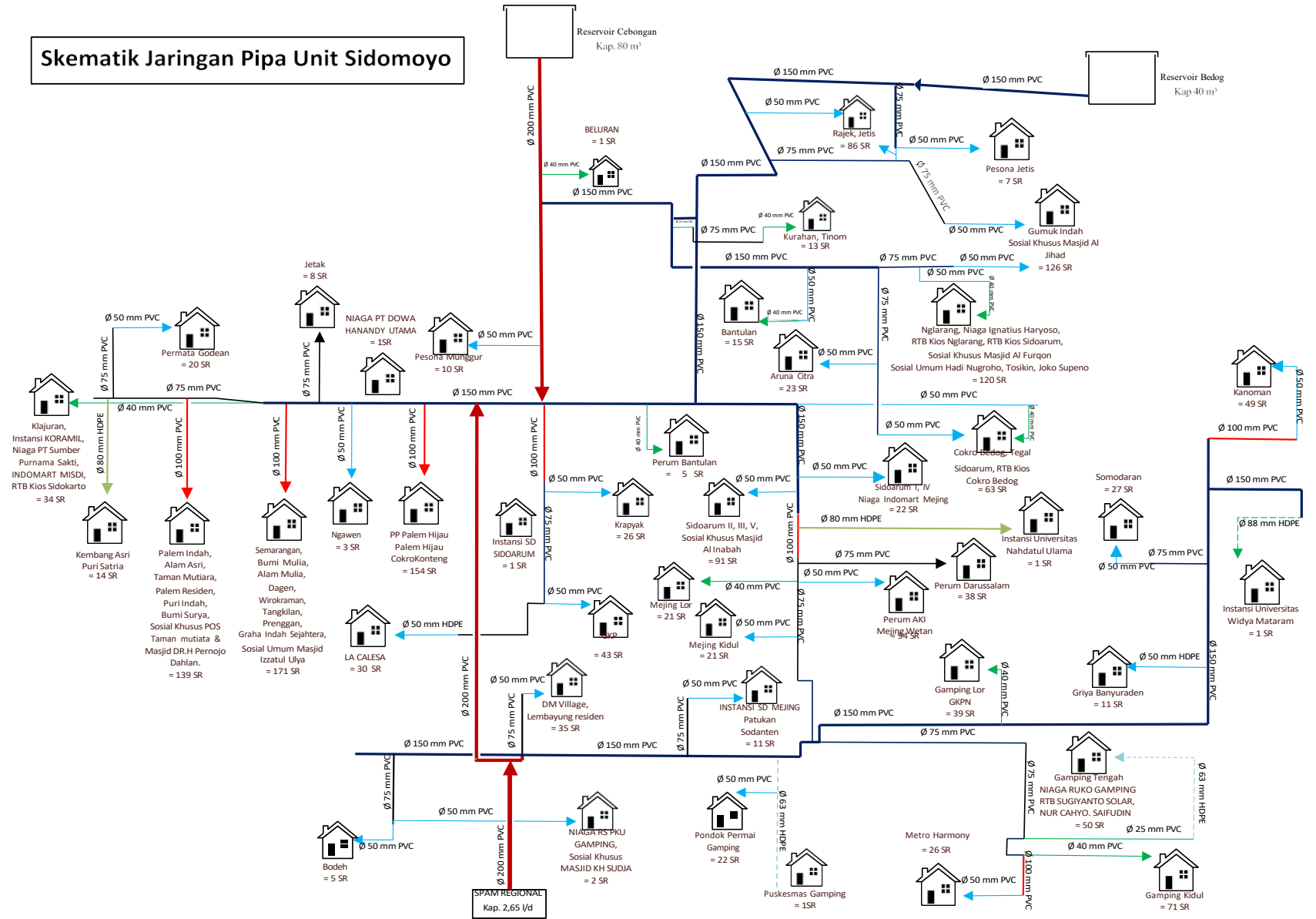


Pengujian bakteri *coliform*



Uji total *coliform*

Skematik Jaringan Pipa Unit Sidomoyo



RIWAYAT HIDUP



Saya Al Hayyu Kumala Lailawati, lahir di Bantul, Yogyakarta pada tanggal 6 Oktober 2002. Saya merupakan anak ketida dari 4 bersaudara, ayah Drs. Syaiful dan Ibu Dra. Dwiningsih Handayani. Penulis menempuh pendidikan terakhir di SMA 2 Bantul dan lulus pada tahun 2021. Lalu melanjutkan studi perkuliahan di Universitas Islam Indonesia Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

Selain kegiatan akademik, saya mengikuti kepanitian yang dilaksanakan oleh Fakultas dan Himpunan jurusan. Usaha dan kesungguhan untuk terus berusaha, dan doa dari keluarga dan kerabat membuat penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Dengan demikian, penulis mengucapkan rasa syukur karena telah menyelesaikan studi dan semoga penulisan tugas akhir ini memiliki manfaat bagi orang lain yang membaca.