

TUGAS AKHIR - RE 184804

**EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR
MINUM (IPA) BELUSUNG PDAM TIRTA SEWAKADARMA
KOTA DENPASAR DAN PDAM TIRTA MANGUTAMA
KABUPATEN BADUNG**

ANAK AGUNG WULAN REINATA ISWARI

NRP 03211840000118

Dosen Pembimbing

Ervin Nurhayati, ST., MT., Ph.D.

NIP. 1980201712041

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



TUGAS AKHIR - RE 184804

**EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM
(IPA) BELUSUNG PDAM TIRTA SEWAKADARMA KOTA
DENPASAR DAN PDAM TIRTA MANGUTAMA KABUPATEN
BADUNG**

ANAK AGUNG WULAN REINATA ISWARI

NRP 03211840000118

Dosen Pembimbing

Ervin Nurhayati, ST., MT., Ph.D.

NIP. 1980201712041

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FINAL PROJECT - RE 184804

**PERFORMANCE EVALUATION OF BELUSUNG DRINKING
WATER TREATMENT PLANT (WTP) TIRTA
SEWAKADARMA MUNICIPAL WATERWORKS DENPASAR
CITY AND TIRTA MANGUTAMA MUNICIPAL
WATERWORKS BADUNG REGENCY**

ANAK AGUNG WULAN REINATA ISWARI

NRP 03211840000118

Advisor

Ervin Nurhayati, ST., MT., Ph.D.

NIP. 1980201712041

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM (IPA) BELUSUNG PDAM TIRTA SEWAKADARMA KOTA DENPASAR DAN PDAM TIRTA MANGUTAMA KABUPATEN BADUNG

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **Anak Agung Wulan Reinata Iswari**

NRP. 03211840000118

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ervin Nurhayati, ST., MT., Ph.D.


Pembimbing

2. Dr. Ir. Agus Slamet, M. Sc


Penguji

3. Dr. Ali Masduqi, ST., MT.


Penguji

4. Ainul Firdatun Nisaa, ST., M. Sc


Penguji



PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Anak Agung Wulan Reinata Iswari / 03211840000118
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ervin Nurhayati S.T., M.T., Ph.D.

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui

Surabaya, 21 Juli 2022

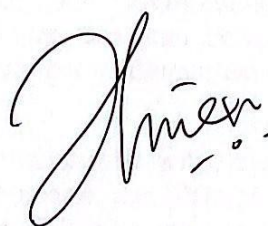
Dosen Pembimbing

Mahasiswa,



Ervin Nurhayati S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19802017 12041



Anak Agung Wulan Reinata Iswari

NRP. 03211840000118

EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM (IPA) BELUSUNG PDAM TIRTA SEWAKADARMA KOTA DENPASAR DAN PDAM TIRTA MANGUTAMA KABUPATEN BADUNG

Nama Mahasiswa : Anak Agung Wulan Reinata Iswari
NRP : 0321184000118
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ervin Nurhayati S.T., M.T., Ph.D.

Abstrak

Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung merupakan salah satu perusahaan pelayanan air minum yang menggunakan Sungai Ayung sebagai sumber air baku. Namun, Sungai Ayung terus mengalami penurunan kualitas akibat pencemaran bahan organik yang disebabkan oleh limbah domestik maupun industri. Adanya indikasi pencemaran pada sumber air baku akan berpengaruh terhadap unit pengolahan yang diterapkan untuk memenuhi baku mutu kualitas air minum. Meski menggunakan sumber air baku yang sama, IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung memiliki instalasi unit yang berbeda. Perbedaan unit pengolahan dapat menimbulkan perbedaan kualitas air hasil olahan. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk mengevaluasi perbandingan kinerja sistem pengolahan di IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung serta pengaruh adanya perbedaan sistem pengolahan terhadap hasil air produksi sehingga dapat diupayakan peningkatan kinerja unit.

Pada penelitian ini akan digunakan metode *composite sampling*, yaitu pengambilan sampel dari beberapa titik tertentu dari beberapa waktu pengamatan. Pada setiap titik sampling akan dibutuhkan 1,5 L sampel air. Titik pengambilan sampel akan meliputi saluran *intake*, *outlet* unit prasedimentasi, aerasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan air hasil olahan. Sampling akan dilakukan selama dua minggu dengan empat kali pengambilan sampel dan parameter uji analisis sampel air akan meliputi kadar oksigen terlarut, amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), N-organik, kekeruhan, TSS, BOD, COD, sisa klor, dan mikrobiologi. Hasil sampling selanjutnya akan dianalisis dengan analisis korelasi dan disajikan dengan pendeskripsian, perbandingan data menggunakan grafik dan tabel, serta perbandingan dengan baku mutu air minum.

Hasil analisis menunjukkan bahwa secara keseluruhan unit pengolahan yang diterapkan IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung telah efektif karena telah memenuhi baku mutu persyaratan kualitas air minum. Namun, secara efisiensi penggunaan bahan kimia gas klor dan koagulan pada IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung masih dapat dioptimalkan. Sehingga, upaya peningkatan yang dapat dipertimbangkan adalah penerapan pre-klorinasi.

Kata kunci: Air Minum, Evaluasi, IPA Belusung, Kinerja, Kualitas Air, Unit Pengolahan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERFORMANCE EVALUATION OF BELUSUNG DRINKING WATER
TREATMENT PLANT (WTP) TIRTA SEWAKADARMA MUNICIPAL
WATERWORKS DENPASAR CITY AND TIRTA MANGUTAMA MUNICIPAL
WATERWORKS BADUNG REGENCY**

Name : Anak Agung Wulan Reinata Iswari
NRP 03211840000118
Study of Programme : Environmental Engineering
Supervisor : Ervin Nurhayati S.T., M.T., Ph.D.

Abstract

Belusung Drinking Water Treatment Plant (WTP) Tirta Sewakadarma Municipal Waterworks Denpasar City and Tirta Mangutama Municipal Waterworks Badung Regency are one of the drinking water service companies that use the Ayung River as a raw water source. However, the Ayung River continuously decreases in quality due to pollution of organic matter caused by domestic and industrial waste. Any indication of contamination in raw water sources will affect the treatment unit applied to meet drinking water quality standards. Even though both municipal waterworks use the same raw water source, the Belusung Drinking Water Treatment Plant (WTP) Tirta Sewakadarma Municipal Waterworks Denpasar City and Tirta Mangutama Municipal Waterworks Badung Regency have different unit installations. Differences in treatment units can cause differences in the quality of treated water. Therefore, research is needed to evaluate the comparison of the performance of the treatment system in the Belusung WTP Tirta Sewakadarma Municipal Waterworks Denpasar City and the Belusung WTP Tirta Mangutama Municipal Waterworks Badung Regency and the effect of different processes with the same raw water source on the processed water so that the unit performance can be improved.

In this study, a composite sampling method will be used, namely taking samples from certain points from several times of observation. At each sampling point, 1,5 L of water sample will be required. The sampling points will include the intake channel, outlet of the pre-sedimentation unit, aeration, flocculation, sedimentation, filtration, and treated water. Sampling will be carried out for two weeks with four sampling times and water sample analysis test parameters will include levels of dissolved oxygen, ammonium (NH_4^+), nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-), organic N, turbidity, TSS, BOD, COD, residual chlorine, and microbiology. The sampling results will then be analyzed by correlation analysis and presented with descriptions, comparisons of data using graphs and tables, and comparisons with drinking water quality standards.

The results of the analysis show that the overall treatment unit applied by the Belusung WTP Tirta Sewakadarma Municipal Waterworks Denpasar City and the Belusung WTP Tirta Mangutama Municipal Waterworks Badung Regency has been effective because it has successfully reached the drinking water quality requirements. However, the efficient use of chlorine gas and coagulant chemicals at the Belusung WTP Tirta Mangutama Municipal Waterworks Badung Regency can still be optimized. Thus, an improvement effort that can be considered is the application of pre-chlorination.

Keywords: Belusung WTP, Drinking Water, Evaluation, Performance, Treatment Unit, Water Quality

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa, Ida Sang Hyang Widhi Wasa, karena berkat limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung**” yang ditulis untuk memenuhi sebagian syarat untuk menyelesaikan studi program sarjana pada jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dengan selesainya Tugas Akhir ini, tidak lupa pula penulis sampaikan terima kasih atas bimbingan dan dukungan oleh pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan laporan ini, antara lain:

1. Ibu Ervin Nurhayati, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan serta arahan kepada penulis hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M. Sc. dan Bapak Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T. selaku dosen pengarah yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan nasihatnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Welly Herumurti, ST., M. Sc. selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan selama masa perkuliahan.
4. Seluruh dosen program studi sarjana Teknik Lingkungan ITS yang telah memberikan bimbingan dan ilmu yang bermanfaat selama penulis menjalani masa perkuliahan.
5. Kepala produksi IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, Pak Rai dan Pak Pandu yang telah membantu penulis dalam penyediaan data dan pengambilan sampel selama masa penelitian.
6. Keluarga terutama Ajik, Ibu, dan Adik Damar yang telah mendoakan, mendengar keluh kesah, dan memberikan dukungan sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai tepat waktu.
7. Sahabat terutama Dita, Adisu, Suluh, Lastrin, Ane, dan Inayah yang telah membantu proses pengambilan data dan memberikan dukungan sehingga Tugas Akhir dapat berjalan dengan lancar.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan ITS angkatan 2018 yang telah berjuang bersama-sama dan memberikan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Seluruh pihak yang telah mendukung penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga penyusunan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Juli 2022

Anak Agung Wulan Reinata Iswari

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2.....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Pengertian dan Klasifikasi Mutu Air.....	3
2.2 Parameter Kualitas Air.....	3
2.3 Tata Letak Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung.....	5
2.4 Sistem Pengolahan dan Profil PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar.....	6
2.5 Sistem Pengolahan dan Profil PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	7
2.6 Unit Pengolahan Air Minum.....	9
2.6.1 Bangunan Penangkap Air (<i>Intake</i>).....	9
2.6.2 Prasedimentasi.....	9
2.6.3 Aerasi.....	9
2.6.4 Koagulasi.....	11
2.6.5 Flokulasi.....	11
2.6.6 Sedimentasi.....	11
2.6.7 Filtrasi.....	12
2.6.8 Disinfeksi.....	12
BAB 3.....	15
METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Kerangka Penelitian.....	15

3.2	Rangkaian Pelaksanaan Penelitian	17
3.2.1	Ide Penelitian.....	17
3.2.2	Rumusan Masalah dan Tujuan	18
3.2.3	Peninjauan Pustaka.....	18
3.2.4	Pengumpulan Data Primer dan Data Sekunder	18
3.2.5	Pengolahan dan Analisis Data.....	23
3.2.6	Kesimpulan dan Saran.....	23
BAB 4.....		25
HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Perbandingan Kondisi Kinerja IPA Belusung	25
4.1.1	Pemeriksaan Parameter <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	25
4.1.2	Pemeriksaan Parameter Nitrogen Organik dan Nitrogen Anorganik.....	29
4.1.3	Pemeriksaan Parameter Kekeruhan.....	38
4.1.4	Pemeriksaan Parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	41
4.1.5	Pemeriksaan Parameter <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD)	43
4.1.6	Pemeriksaan Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	45
4.1.7	Pemeriksaan Parameter Total Koliform.....	47
4.1.8	Pemeriksaan Parameter Sisa Klor	50
4.2	Analisis Unit.....	52
4.2.1	Analisis Unit Pengolahan PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	52
4.2.2	Analisis Unit Pengolahan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	56
BAB 5.....		61
KESIMPULAN		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN		67

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Metode Uji dan Metode Analisis Sampel Air	19
Tabel 3. 2 Alat Analisis Sampel Air Insitu.....	20
Tabel 4. 1 Hasil Uji Kandungan DO IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	25
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kandungan DO IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung	26
Tabel 4. 3 Pemeriksaan Kadar Nitrogen Organik dan Nitrogen Anorganik IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	30
Tabel 4. 4 Pemeriksaan Kadar Nitrogen Organik dan Nitrogen Anorganik IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	31
Tabel 4. 5 Pemeriksaan Kadar Kekeruhan IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	39
Tabel 4. 6 Pemeriksaan Kadar Kekeruhan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	39
Tabel 4. 7 Pemeriksaan Kadar TSS IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	41
Tabel 4. 8 Pemeriksaan Kadar TSS IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung	42
Tabel 4. 9 Pemeriksaan Kadar BOD IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	43
Tabel 4. 10 Pemeriksaan Kadar BOD IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	43
Tabel 4. 11 Pemeriksaan Kadar COD IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	46
Tabel 4. 12 Pemeriksaan Kadar COD IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	46
Tabel 4. 13 Pemeriksaan Total Koliform IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	48
Tabel 4. 14 Pemeriksaan Total Koliform IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	48
Tabel 4. 15 Pemeriksaan Sisa Klor IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	50
Tabel 4. 16 Pemeriksaan Sisa Klor IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung	50
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Hari Pertama	52
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Hari Kedua.....	53
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Hari Ketiga	53

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Hari Keempat	53
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Efisiensi Rerata Penyisihan Parameter PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	54
Tabel 4. 22 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung Hari Pertama	56
Tabel 4. 23 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung Hari Kedua	56
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung Hari Ketiga.....	57
Tabel 4. 25 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung Hari Keempat.....	57
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Efisiensi Rerata Penyisihan Parameter PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tata Letak IPA Belusung.....	5
Gambar 2. 2 Titik Pengambilan Air Baku IPA Belusung	5
Gambar 2. 3 Sistem Pengolahan Air Minum Eksisting IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	6
Gambar 2. 4 Sistem Pengolahan Air Minum Eksisting IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung	8
Gambar 2. 5 Mekanisme <i>Cascade Aerator</i>	10
Gambar 2. 6 Mekanisme <i>Multiple Plat Form Aerator</i>	10
Gambar 2. 7 Grafik <i>Breakpoint Chlorination (BPC)</i>	13
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Titik Sampling IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	21
Gambar 3. 3 Titik Sampling IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	22
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Kandungan DO IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	27
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Kandungan DO IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung	28
Gambar 4. 3 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 1 PDAM Kota Denpasar	32
Gambar 4. 4 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 2 PDAM Kota Denpasar	32
Gambar 4. 5 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 3 PDAM Kota Denpasar	32
Gambar 4. 6 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 4 PDAM Kota Denpasar	32
Gambar 4. 7 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 1 PDAM Kabupaten Badung.....	33
Gambar 4. 8 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 2 PDAM Kabupaten Badung.....	33
Gambar 4. 9 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 3 PDAM Kabupaten Badung.....	33
Gambar 4. 10 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 4 PDAM Kabupaten Badung	33
Gambar 4. 11 Hasil Analisis Korelasi Oksigen Terlarut terhadap (a) Amonium, (b) Nitrat, (c) Nitrit, dan (d) Nitrogen Organik PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	35
Gambar 4. 12 Hasil Analisis Korelasi Oksigen Terlarut terhadap (a) Amonium, (b) Nitrat, (c) Nitrit, dan (d) Nitrogen Organik PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	37
Gambar 4. 13 Grafik Kekeruhan PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	39
Gambar 4. 14 Grafik Kekeruhan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung	40
Gambar 4. 15 Grafik TSS PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar.....	42
Gambar 4. 16 Grafik TSS PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	42
Gambar 4. 17 Grafik Nilai BOD PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	44
Gambar 4. 18 Grafik Nilai BOD PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung	44
Gambar 4. 19 Grafik Nilai COD PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	46
Gambar 4. 20 Grafik Nilai COD PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung	46
Gambar 4. 21 Grafik Nilai Total Koliform PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	48
Gambar 4. 22 Grafik Nilai Total Koliform PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	48
Gambar 4. 23 Grafik Sisa Klor PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	51
Gambar 4. 24 Grafik Sisa Klor PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.....	51

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Ayung merupakan sungai terpanjang di Provinsi Bali yang melintasi 4 (empat) wilayah kabupaten/kota. Dengan panjang 68,5 km, Sungai Ayung melintas di sepanjang Kabupaten Bangli dan bermuara di Kota Denpasar. Sungai Ayung juga merupakan sungai terbesar di Bali dengan luas daerah aliran sungai (DAS) sebesar 30.981 ha (Sudarma dan Widyantara, 2016). Sebagai salah satu sumber air utama, aliran sungai ayung digunakan untuk kepentingan berbagai sektor. Contohnya untuk kebutuhan pariwisata, irigasi, kegiatan domestik, dan kegiatan keagamaan, hingga sebagai sumber air baku PDAM (Wijana *et al.*, 2020).

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung merupakan perusahaan milik pemerintah yang bergerak pada bidang pengelolaan air bersih. PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar memanfaatkan 5 (lima) Instalasi Pengolahan Air (IPA) yaitu IPA Ayung Belusung W.M. pipa 700 mm, IPA Ayung Belusung W.M. pipa 500 mm, IPA Paket Belusung, IPA Waribang I, dan IPA Waribang II. Sementara PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung memanfaatkan 2 (dua) Instalasi Pengolahan Air (IPA) yaitu IPA Belusung dan IPA Estuary. Seluruh instalasi memanfaatkan sumber air baku yang berbeda, namun sebagian besar berasal dari air permukaan, air tanah, dan mata air. IPA Paket Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung merupakan salah satu instalasi yang memanfaatkan air permukaan sebagai sumber air baku. IPA Paket Belusung PDAM Tirta Sewakadarma dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama menggunakan sungai Ayung sebagai sumber air baku.

Menurut Wijana *et al.* (2020), sungai Ayung menunjukkan kecenderungan penurunan status mutu air setiap tahunnya. Penurunan status mutu air dipicu oleh beberapa hal seperti perkembangan pemukiman dan industri, pembuangan limbah padat dan cair, hingga kebijakan yang tidak tegas. Penurunan status mutu air yang terjadi setiap tahun berbanding lurus dengan penurunan kualitas air baku. Air baku yang akan diolah akan berpengaruh terhadap instalasi unit pengolahan. Air baku dengan kualitas yang baik atau mendekati baku mutu tidak membutuhkan unit sekomples air baku dengan kualitas yang kurang baik (Masduqi dan Assomadi, 2019).

IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung yang menggunakan sungai Ayung sebagai sumber air baku memiliki instalasi unit yang berbeda. Pada IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, unit pengolahan dilengkapi dengan adanya unit prasedimentasi dan proses pre-klorinasi. Sementara IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung tidak memiliki unit prasedimentasi dan tidak menggunakan proses pre-klorinasi. Selain itu, terdapat perbedaan jenis unit aerasi yang diaplikasikan pada kedua IPA tersebut. Adanya indikasi pencemaran pada sumber air baku dan perbedaan instalasi unit dapat berpengaruh pada kualitas hasil produksi air minum.

Air hasil produksi wajib memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang meliputi syarat fisik, kimia, dan biologi. Oleh karenanya diperlukan evaluasi mengenai kinerja unit pengolahan untuk menjaga kualitas air minum yang didistribusikan pada Kota Denpasar dan Kabupaten Badung. Evaluasi kinerja IPA akan dilakukan dengan membandingkan kualitas air produksi antara IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung serta baku mutu persyaratan kualitas air minum. Berdasarkan sistem monitoring IPA Belusung PDAM Tirta

Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, evaluasi dilakukan melalui parameter pH dan kekeruhan. Oleh karenanya, diperlukan penelitian dengan parameter yang komprehensif untuk mengevaluasi kinerja IPA akibat pengaruh perbedaan unit instalasi dan proses pengolahan yang diaplikasikan serta upaya peningkatan kinerja unit pengolahan untuk menjaga atau meningkatkan kualitas air hasil produksi pada IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan kinerja IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung dengan sistem pengolahan yang berbeda?
2. Bagaimana upaya yang dapat diterapkan IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung untuk meningkatkan kinerja unit pengolahan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah tugas akhir ini akan meliputi:

1. Titik sampling uji air akan diambil pada tiap unit di IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.
2. Perbedaan proses pengolahan akan meliputi proses aerasi, pre-klorinasi, dan pengendapan partikel diskrit melalui unit prasedimentasi.
3. Parameter uji pada penelitian pendahuluan meliputi kadar *dissolved oxygen* (DO), *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), mikrobiologi, kekeruhan, sisa klor, dan total N meliputi amonium, nitrat, nitrit, dan N-organik.
4. Analisis sampel akan dilakukan oleh pihak ketiga UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan permasalahan yang diangkat, tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Membandingkan kinerja IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung melalui parameter uji sampel air.
2. Menentukan upaya yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja unit pengolahan IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Menunjukkan perbandingan kinerja antar IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung untuk meningkatkan produktivitas.
2. Sebagai dasar penelitian untuk menentukan pengaruh penerapan proses pengolahan air yang berbeda dengan sumber air baku yang sama.
3. Referensi dan pertimbangan lanjutan yang dapat dikontribusikan kepada IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian dan Klasifikasi Mutu Air

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, kualitas air dapat diklasifikasikan dalam 4 (empat) kelas meliputi:

- a. Kelas satu, air yang diperuntukan sebagai air minum atau mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan air minum;
- b. Kelas dua, air yang diperuntukan sebagai sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pertanian, mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- c. Kelas tiga, air yang diperuntukan sebagai pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pertanian, mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- d. Kelas empat, air yang diperuntukan sebagai pengaliran pertanian atau mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Baku mutu air nasional dibedakan menjadi baku mutu air sungai dan sejenisnya serta baku mutu air danau dan sejenisnya. Baku mutu air sungai maupun air danau memiliki perbedaan nilai batas minimal, bergantung kepada kelas dan peruntukannya.

2.2 Parameter Kualitas Air

Kualitas air merupakan salah satu indikator kesehatan ekosistem air (Setyowati, 2015). Kualitas air dapat dinyatakan melalui parameter fisika, kimia, dan biologi. Menurut Omer (2020), parameter fisika dapat dinyatakan melalui kekeruhan, suhu, warna, rasa dan bau, total padatan terlarut (TDS), total padatan tersuspensi (TSS), dan daya hantar listrik. Parameter kimia dapat dinyatakan melalui pH, keasaman, alkalinitas, oksigen terlarut (DO), BOD, COD, sisa klor, dan bahan organik. Parameter biologi dinyatakan melalui kandungan alga, virus, bakteri, dan protozoa.

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum menyatakan bahwa air minum dapat dinyatakan aman bagi kesehatan apabila telah memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam lampiran parameter wajib dan parameter tambahan. Selain itu, air baku yang digunakan juga harus memenuhi syarat baku mutu air nasional kelas satu sebagai peruntukan air minum, sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Adapun parameter yang perlu dipantau untuk menyatakan kualitas air baku maupun air minum adalah sebagai berikut:

1) *Dissolved Oxygen (DO)*

Dissolved oxygen atau oksigen terlarut dianggap sebagai salah satu parameter utama indikator kualitas air (Omer, 2020). Kadar oksigen terlarut merupakan salah satu faktor adanya pencemaran bahan organik (Effendi, 2003). Semakin tinggi kandungan bahan organik di perairan, maka akan diperlukan kadar oksigen terlarut yang tinggi untuk proses dekomposisi bahan organik (Azizah, 2017). Proses dekomposisi pencemar organik akan menyebabkan berkurangnya konsentrasi oksigen terlarut yang akan membentuk keadaan anaerobik dan mempengaruhi kualitas air. Adapun kandungan oksigen terlarut dalam air idealnya berkisar antara 3 – 7 mg/L (Subarijanti, 2005 dalam Kadim *et al.*, 2017). Batas minimal kadar oksigen terlarut air kelas satu dari air sungai dan sejenisnya adalah 6 mg/L.

2) *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) didefinisikan sebagai partikel tersuspensi dengan diameter lebih dari 1 μm (Maulana *et al.*, 2015). Komposisi TSS dapat terdiri atas lumpur,

pasir halus, maupun jasad-jasad renik, dan kikisan tanah yang terbawa ke badan air (Effendi, 2003). Konsentrasi TSS yang tinggi dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang dapat mempengaruhi masuknya cahaya. Akibatnya, proses fotosintesis oleh fitoplankton dan tumbuhan air akan terganggu dan mempengaruhi kadar oksigen terlarut (Azizah, 2017).

3) **Biochemical Oxygen Demand (BOD)**

Biochemical Oxygen Demand (BOD) menunjukkan kebutuhan oksigen terlarut yang diperlukan mikroorganisme untuk dekomposisi bahan organik (Hamuna *et al.*, 2018). Dekomposisi bahan organik akan digunakan sebagai bahan makanan dan energi oleh organisme sekitar yang diperoleh melalui proses oksidasi (Ngatilah dan Kurniawan, 2014). Ketika proses ini terjadi, konsentrasi oksigen terlarut akan berkurang karena bakteri didalamnya akan terus memanfaatkan dekomposisi bahan organik. Kadar maksimum BOD₅ yang digunakan untuk kepentingan air minum adalah 3 – 6 mg/L (UNEP, 1992 dalam Azizah, 2017).

4) **Chemical Oxygen Demand (COD)**

Chemical Oxygen Demand (COD) menunjukkan kebutuhan oksigen terlarut dalam proses oksidasi bahan organik maupun anorganik secara kimiawi menggunakan oksidator kuat (Omer, 2020). Berbeda dengan BOD, kadar COD menunjukkan bahan organik yang sulit terurai (Azizah, 2017). Nilai COD akan selalu lebih besar dari BOD. Perbandingan nilai BOD dan COD akan menentukan tingkat biodegradabilitas bahan pencemar. Semakin besar perbandingan BOD/COD, maka akan semakin tinggi tingkat biodegradabilitas.

5) **Total Nitrogen**

Total nitrogen merupakan jumlah nitrogen organik, amonia, nitrat, dan nitrit dalam badan air. Nitrogen merupakan dasar pembuatan protein yang diserap oleh tumbuhan dalam bentuk amonia atau nitrat (Hartoto *et al.*, 1998 dalam Indrayani *et al.*, 2015). Nitrogen dalam bentuk nitrit (NO₂⁻) dan nitrat (NO₃⁻) merupakan nutrisi yang berperan dalam pembentukan biomassa organisme perairan (Indrayani *et al.*, 2015). Nitrat merupakan bentuk nitrogen yang stabil, sementara nitrit merupakan bentuk nitrogen yang teroksidasi.

Nitrit biasanya ditemukan dengan kadar yang jauh lebih sedikit dari nitrat karena sifatnya yang tidak stabil (Azizah, 2017). Bentuk lain nitrogen yakni amonia berkaitan dengan pencemaran limbah organik yang berasal dari limbah industri hingga limpasan pupuk pertanian (Effendi, 2003 dalam Hamuna *et al.*, 2018). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum kadar nitrit maksimum yang diperbolehkan pada air minum adalah 3 mg/L. Sementara kadar nitrat maksimum yang diperbolehkan pada air minum sebesar 50 mg/L dan kadar amonia maksimum adalah sebesar 1,5 mg/L.

6) **Kekeruhan**

Kekeruhan (*turbidity*) merupakan keadaan saat transparansi zat cair berkurang akibat zat organik maupun anorganik tak terlarut dan melayang dalam air (Rachmansyah *et al.*, 2014). Menurut Effendi (2003), kekeruhan disebabkan oleh tercampurnya koloid di dalam air. Partikel kekeruhan yang tidak larut di air dapat menghambat masuknya cahaya ke dalam air. Peningkatan konsentrasi kekeruhan akan sebanding dengan peningkatan padat tersuspensi namun berbanding terbalik dengan konsentrasi kadar oksigen terlarut. Hal ini terjadi karena kekeruhan akan menghambat masuknya cahaya sekaligus menghambat proses fotosintesis oleh tanaman laut yang akan mengurangi konsentrasi oksigen terlarut.

7) **Mikrobiologi**

Parameter mikrobiologi merupakan salah satu syarat baku mutu air minum yang harus dipenuhi. Salah satu pencemaran mikrobiologi yang banyak ditemukan adalah bakteri koliform (Widyaningsih *et al.*, 2016). Bakteri koliform dapat menjadi salah satu indikasi pencemaran kontaminasi air akibat pencemaran tinja (Rahmiati, 2020). Dalam proses

pengolahan air minum, parameter mikrobiologi dapat dimusnahkan pada proses disinfeksi dan pre-klorinasi.

2.3 Tata Letak Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung

Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung terletak pada lokasi yang sama serta menggunakan sumber air baku yang sama, yakni sungai Ayung. Gambar 2.1 berikut merupakan gambaran tata letak instalasi.



Gambar 2. 1 Tata Letak IPA Belusung
Sumber: Google Earth

Pada Gambar 2.1, titik berwarna merah merupakan instalasi milik PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar. Sementara titik berwarna kuning merupakan instalasi milik PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Selanjutnya jarak instalasi untuk menuju ke saluran *intake* adalah ± 500 m. Saluran *intake* PDAM Kota Denpasar dan PDAM Kabupaten Badung berjarak $\pm 200 - 300$ yang diukur melalui titik koordinat. Titik koordinat lokasi penelitian adalah $(-8.6008408, 115.2241229)$ pada *intake* IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan $(-8.5989575, 115.2238446)$ pada *intake* IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama. Gambar 2.2 berikut merupakan titik pengambilan air baku pada masing-masing IPA.

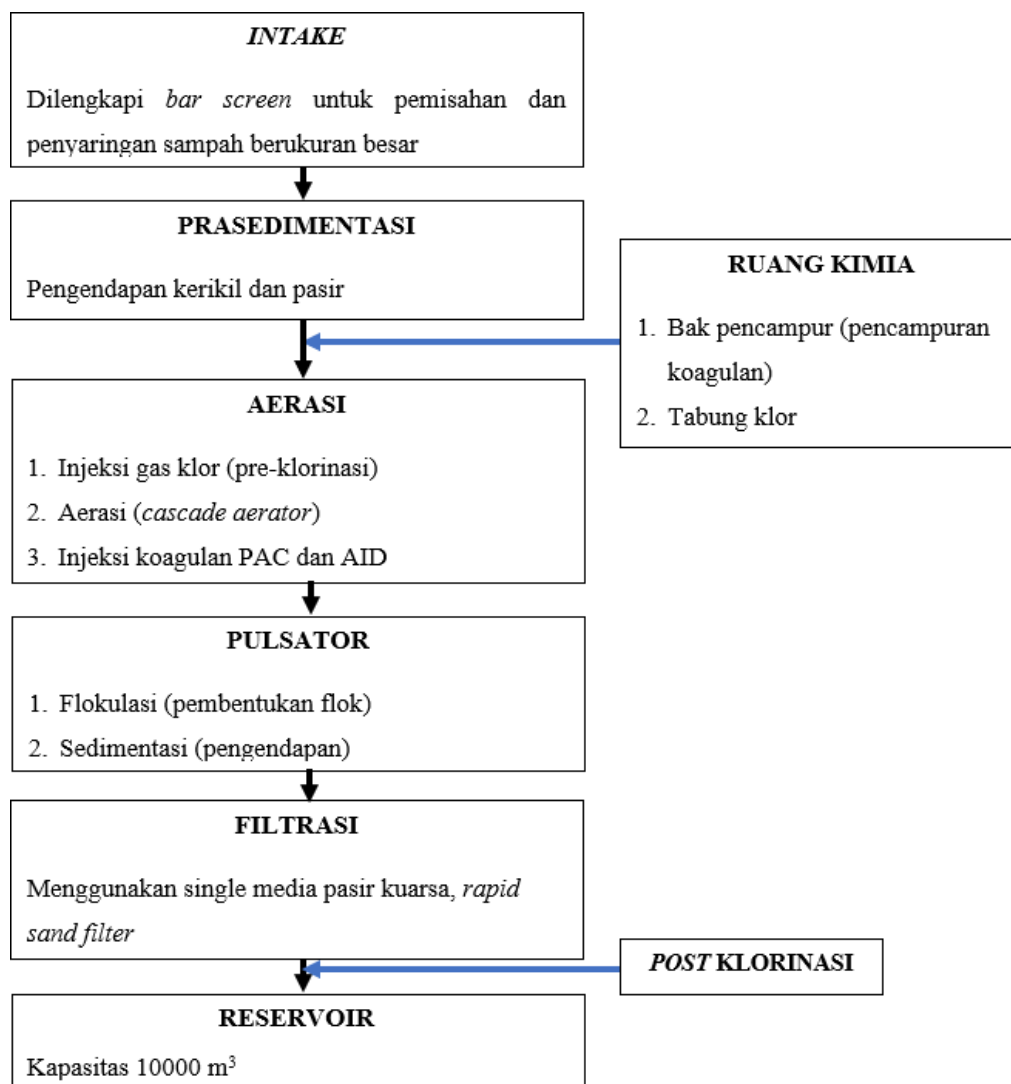


Gambar 2. 2 Titik Pengambilan Air Baku IPA Belusung
Sumber: Google Earth

2.4 Sistem Pengolahan dan Profil PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Sewakadarma Kota Denpasar merupakan perusahaan milik pemerintah yang bergerak pada bidang pengelolaan air bersih. PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar menggunakan sumber air baku yang salah satunya bersumber dari Sungai Ayung. Adapun penyediaan air bersih memanfaatkan 5 (lima) Instalasi Pengolahan Air (IPA) yaitu IPA Ayung Belusung W.M. pipa 700 mm, IPA Ayung Belusung W.M. pipa 500 mm, IPA Paket Belusung, IPA Waribang I, dan IPA Waribang II. Menurut Data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Denpasar tahun 2018, penggunaan air bersih di Kota Denpasar mencapai 23.233.923 m³/tahun.

Hingga saat ini, jumlah pelanggan PDAM Tirta Sewakadarma mencapai 85.136 unit yang terbagi dalam beberapa kategori. Kategori sambungan rumah tangga merupakan kategori dengan pelanggan yang paling banyak yaitu 72.029 unit dan pemakaian air sebanyak 19.165.885 m³/tahun. Pada penelitian ini, dipilih IPA Belusung sebagai objek penelitian. IPA Belusung merupakan instalasi air minum terbesar yang dimiliki oleh PDAM Tirta Sewakadarma. Adapun tahapan pengolahan air pada instalasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Sistem Pengolahan Air Minum Eksisting IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Sumber: Bagian Produksi IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar memiliki kapasitas desain awal 330 L/detik. Namun seiring bertambahnya jumlah pelanggan, dilakukan pengembangan kapasitas pengolahan hingga 600 L/detik yang mengakibatkan peningkatan beban pengolahan unit. Sumber air baku berasal dari Sungai Ayung yang masuk melalui saluran *intake* dan dialirkan menuju saluran pembawa menuju bak prasedimentasi yang telah melalui *bar screen*.

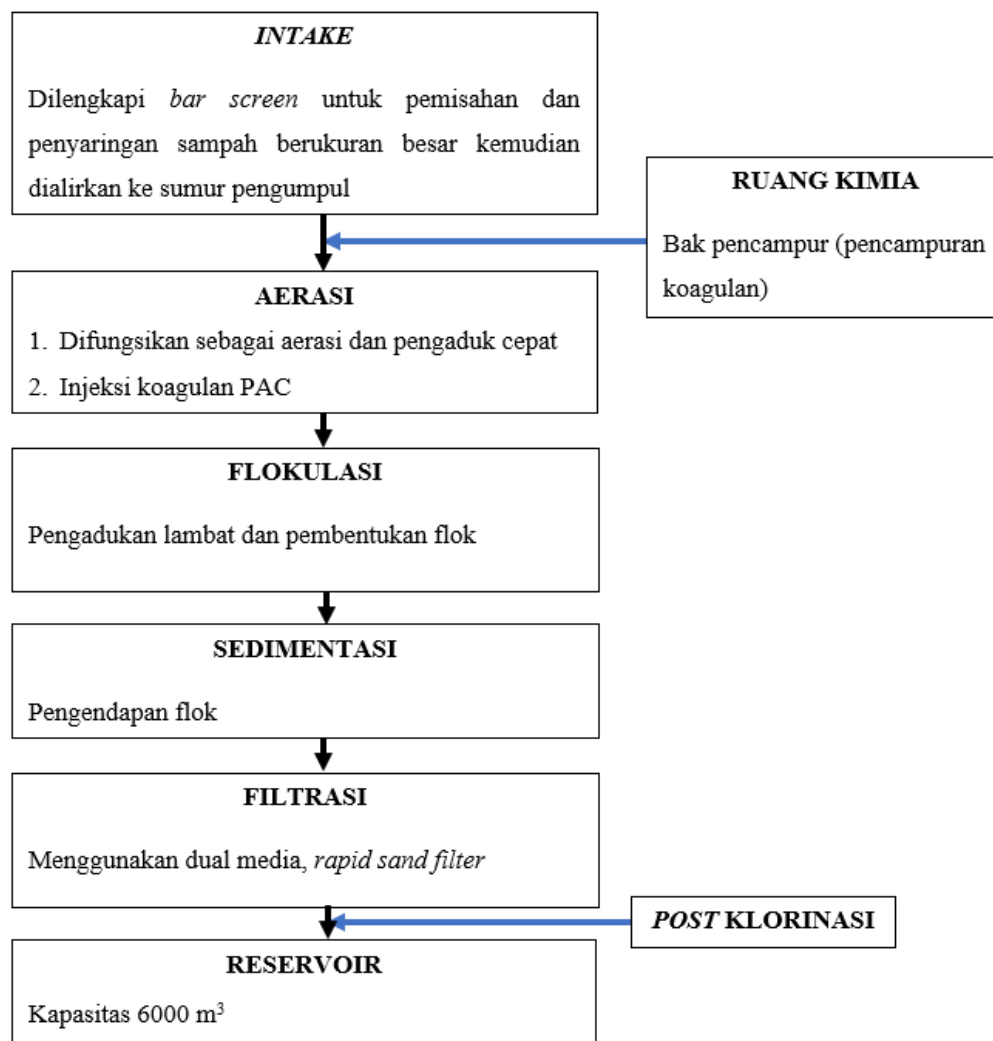
Air kemudian masuk ke bak pengumpul sebelum dipompa menuju unit pengolahan berikutnya, yakni unit aerasi. Menggunakan bantuan 4 (empat) buah pompa dengan kapasitas 165 L/detik dengan pipa transmisi 375 meter, air akan dipompa menuju ke bak *cascade aerator*. Pada unit aerator akan dilakukan penambahan bahan kimia, dimana pada hulu unit dilakukan injeksi gas klor untuk pre-klorinasi dan pada bagian hilir unit dilakukan penambahan koagulan PAC dan AID. Perbandingan koagulan PAC dan AID adalah 70% PAC dan 4% AID sebagai pengganti 30% PAC. Pencampuran ini dilakukan sebagai upaya meningkatkan efisiensi biaya. Sebelum diinjeksikan pada aerasi, dilakukan pencampuran koagulan pada bak pencampur dengan kapasitas 10 m³ dan kemudian koagulan yang telah dicampur akan dipompa untuk selanjutnya diinjeksikan menuju ke unit aerasi. Air yang telah bercampur koagulan selanjutnya akan dialirkan ke unit pulsator yang merupakan unit gabungan flokulasi dan sedimentasi. Flok akan terbentuk dan terendapkan pada bagian bawah pulsator. Jika flok telah mencapai ketebalan tertentu, *valve* pada bagian bawah pulsator akan terbuka otomatis dan proses pembuangan lumpur akan berhenti. Air di pulsator akan naik menuju saluran pembawa dan menuju unit filtrasi.

Unit filtrasi menggunakan tipe *rapid sand filter* dengan kecepatan filtrasi berkisar 7 – 8 m/jam menggunakan *single media* pasir kuarsa dengan ketebalan media 100 cm, yakni 95 cm ketebalan pasir dan 5 cm ketebalan gravel. Setelah disaring melalui unit filtrasi, air kemudian akan diinjeksikan klorin post klorinasi untuk disinfektan sebelum akhirnya menuju reservoir.

2.5 Sistem Pengolahan dan Profil PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Mangutama Kabupaten Badung merupakan perusahaan milik pemerintah yang memberikan pelayanan air bersih pada wilayah Badung. Adapun penyediaan air bersih pada wilayah Badung memanfaatkan 2 (dua) Instalasi Pengolahan Air (IPA) yaitu IPA I Belusung dan IPA II Estuary. Distribusi air bersih PDAM Tirta Mangutama meliputi wilayah Badung Kota, Kecamatan Mengwi, Kecamatan Abiansemal, Kecamatan Petang, Kecamatan Kuta, dan Kuta Selatan dengan luas wilayah mencapai 418.52 km². Sumber air baku PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung berasal dari mata air, air tanah, dan air permukaan. Berdasarkan laporan PDAM Tirta Mangutama sumber air baku dari air permukaan berkontribusi paling besar dalam suplai produksi.

Sumber air baku dari air permukaan, yakni sungai dimanfaatkan sebesar 15.9946.600 m³/tahun. Air dari tanah dimanfaatkan sebesar 7.987.482 m³/tahun dan sumber mata air dimanfaatkan sebesar 2.166.104 m³/tahun. Penggunaan air terbesar berasal dari sektor rumah tangga dengan volume air 11.364.582 m³/tahun. Sektor lain yang juga menggunakan air dalam volume besar adalah sektor hotel sebesar 5.618.801 m³/tahun. Selain itu, sektor industri dan fasilitas publik pun menggunakan air dengan volume besar yakni masing-masing sebesar 1.510.096 m³/tahun dan 1.335.624 m³/tahun (Manuartha *et al.*, 2016). Serupa dengan PDAM Tirta Sewakadarma, IPA Belusung Tirta Mangutama juga akan menjadi fokus penelitian. Adapun tahapan pengolahan air pada instalasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Sistem Pengolahan Air Minum Eksisting IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Sumber: Bagian Produksi IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung didesain dapat memompa hingga 800 L/detik, namun karena adanya restorasi pompa yang menyebabkan penurunan spesifikasi dan kebutuhan masyarakat yang tidak mencapai desain awal oleh karenanya saat ini PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung hanya mengolah sekitar 120 L/detik. Sumber air baku yang berasal dari Sungai Ayung, dialirkan melalui terowongan hingga kanal *intake* yang dipasang pintu air sehingga dapat dibuka maupun ditutup sesuai kebutuhan. Di bagian depan pintu air dipasang *bar screen stainless steel* untuk menyaring sampah sebelum dialirkan menuju ke sumur pengumpul. Air baku yang telah disaring akan dikumpulkan pada sumur pengumpul yang memiliki kapasitas 200 m³. Air dari pengumpul kemudian akan dipompa menuju ke unit *multiple platform aerator*.

Pada unit aerator dilakukan penambahan koagulan PAC. Persiapan larutan PAC dilakukan pada tangki pencampur dengan konsentrasi 10% PAC yang selanjutnya akan dipompa menuju tower larutan PAC yang memiliki kapasitas 2 m³. Larutan PAC yang telah ditampung pada tower selanjutnya akan dialirkan secara gravitasi menuju unit aerator yang sekaligus terjadi pengadukan cepat. Air kemudian dialirkan menuju ke bak flokulator untuk pengadukan lambat sehingga dapat terjadi pembentukan dan penggabungan flok. Selanjutnya

air akan mengalir menuju bak sedimentasi sampai *tube settler*. Flok yang telah mencapai *tube settler* akan jatuh kebawah dengan gaya gravitasi akibat beratnya sehingga masuk ke bak lumpur dan air yang bersih akan mengalir menuju *gatter* dan jatuh ke *drain filter*. Di media filter air akan disaring menggunakan filtrasi tipe *rapid sand filter* dengan *dual media* yakni 50 cm koral silika, 25 cm pasir silika, dan 45 cm antrasit. Setelah disaring melalui unit filtrasi, air kemudian akan diinjeksikan klorin post klorinasi untuk disinfektan sebelum akhirnya menuju reservoir.

2.6 Unit Pengolahan Air Minum

Karakteristik air baku yang akan diolah sangat mempengaruhi unit pengolahan (Masduqi dan Assomadi, 2019). Air baku yang dengan kualitas yang baik atau telah mendekati baku mutu air minum tidak memerlukan unit sekomples air baku dengan kualitas kurang baik.

2.6.1 Bangunan Penangkap Air (*Intake*)

Intake merupakan bangunan penangkap atau pengumpul air baku dari badan air sehingga dapat dialirkan menuju instalasi pengolahan air bersih (Rizqiain dan Afrianisa, 2021). Bangunan *intake* biasanya dilengkapi dengan *bar screen* untuk menyaring sampah dari sumber air baku. Dalam perencanaan sistem *intake*, perlu dipertimbangkan kondisi aliran, kualitas sumber air baku, kondisi iklim, fluktuasi debit, informasi geografis dan geologis, serta aspek ekonomi (Kawamura, 2000 dalam Pandiangan, 2018).

2.6.2 Prasedimentasi

Prasedimentasi atau disebut juga sedimentasi I bertujuan untuk mengendapkan partikel diskret atau partikel kasar atau lumpur tanpa perubahan bentuk (Masduqi dan Assomadi, 2019). Sistem prasedimentasi secara garis besar dibagi menjadi 3 (tiga) jenis yakni, prasedimentasi dengan pengendapan alami (gravitasi), *sand-traps* (penjebak pasir), dan prasedimentasi mekanik (Ambat dan Prasetyo, 2015). Unit prasedimentasi merupakan unit yang opsional. Unit ini akan diperlukan apabila air baku mengandung partikel diskret atau lumpur dalam jumlah yang besar.

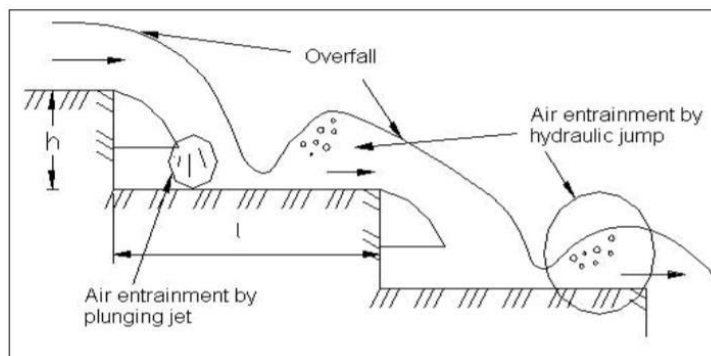
2.6.3 Aerasi

Menurut Bennfield dan Randall (1980), aerasi merupakan istilah lain dari transfer gas, lebih dikhususkan pada transfer gas oksigen dalam air. Transfer oksigen akan mengubah substansi menjadi oksida membentuk keadaan teroksidasi yang menyebabkan besi dan mangan terlarut di air. Ketika kontak dengan oksigen, besi dan mangan akan teroksidasi membentuk ion kompleks dengan valensi yang lebih tinggi sehingga menyebabkan pengendapan (Arifiani dan Hadiwidodo, 2007). Selain itu, aerasi juga dapat menyisihkan CH_4 , CO_2 , H_2S , bau, rasa, dan gas lain (Fair, 1968 dalam Arifiani dan Hadiwidodo, 2007).

Menurut Masduqi dan Assomadi (2019), peralatan untuk perpindahan massa dari fase gas ke fase cair atau sebaliknya dapat dibedakan dalam beberapa jenis sesuai dengan metodenya. Perpindahan masa dapat terjadi melalui proses mekanik, difusi, gravitasi/jatuhan, maupun semprotan. Tipe aerator gravitasi masih paling banyak digunakan karena desainnya dan perawatannya yang mudah. Adapun tipe aerator gravitasi yang banyak digunakan seperti *tray aerator*, *cascade aerator*, atau aerator dengan tower vertikal (Said, 2005). Penerapan aerasi pada IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar menggunakan tipe *cascade aerator*, sementara pada IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung menggunakan tipe *multiple plat form aerator*.

Cascade aerator merupakan tipe *gravity aerator* menggunakan daya gravitasi. Mekanisme *cascade aerator* adalah dengan memompa air hingga ketinggian tertentu dan dialirkan pada lempengan yang disusun menyerupai tangga. Pada tiap lempengan akan terjadi

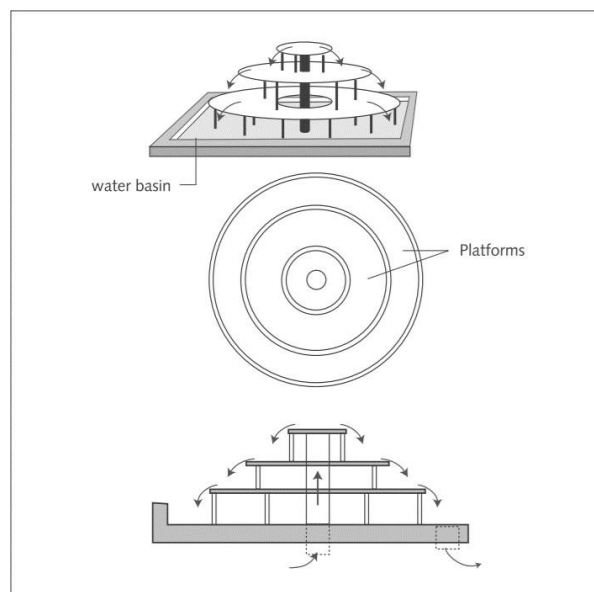
kontak antara bahan organik dengan oksigen sehingga terjadi reaksi oksidasi (Hartini, 2012). Gambar 2.5 berikut merupakan mekanisme *cascade aerator*.



Gambar 2. 5 Mekanisme *Cascade Aerator* Sumber: Carosi dan Chanson, 2008 dalam Mardiah, 2019

Pada dasarnya *cascade aerator* terdiri atas 4 sampai 6 lempengan dengan ketinggian ± 30 cm (Said, 2005). Menurut Hartini (2012), metode *cascade aerator* dapat menaikkan 60 – 80% oksigen terlarut. Aliran air yang melewati lempengan akan mengontakan oksigen dari udara sehingga Fe dan Mn akan mengalami oksidasi dan membentuk ferri (Fe valensi 3) dan mangan oksida yang relatif tidak larut dalam air (Mardiah, 2019). Fe dan Mn yang teroksidasi selanjutnya akan membentuk partikulat dan mengendap pada unit selanjutnya yakni koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi kemudian dihilangkan melalui unit filtrasi.

Multiple plat form aerator merupakan proses transfer oksigen dengan menjatuhkan air dari lempengan yang disusun bertingkat dari diameter terkecil (paling atas) hingga lempengan diameter terbesar (paling bawah). Air dipompa hingga elevasi tertentu dan memenuhi lempengan paling atas dengan diameter terkecil. Lempengan yang telah penuh kemudian akan jatuh ke sisi lempengan lainnya yang menyebabkan kontak dengan udara. Gambar 2.6 berikut merupakan mekanisme *multiple plat form aerator*.



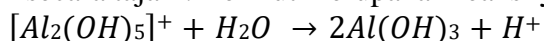
Gambar 2. 6 Mekanisme *Multiple Plat Form Aerator* Sumber: Smet dan Wijk-Sijbesma, 2002

Dengan jarak dan diameter yang berbeda, air akan mengalami turbulensi dan menyebabkan kontak udara dan oksidasi bahan organik. Pada prosesnya oksidasi akan terjadi perubahan unsur Fe dalam bentuk ferro (Fe^{2+}) menjadi ferri (Fe^{3+}) yang tidak larut dalam air dan membentuk endapan. Dalam proses pembuatannya, aerator ini memiliki kelebihan yakni pembuatannya yang sederhana dan tidak membutuhkan banyak biaya (Munthe *et al.*, 2018).

2.6.4 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penambahan koagulan kimia yang bertujuan untuk mengurangi daya tolak menolak antar partikel koloid, sehingga partikel tersebut dapat bergabung menjadi flok-flok kecil (Degremont, 1991 dalam Susanti dan Hartanti, 2003). Mekanisme dari koagulasi antara lain reduksi nilai zeta potensial (elektrokinetik), ikatan antar partikel (orthokinetik), dan pembentukan flok (Pernitsky, 2003 dalam Pertiwi dan Notodarmojo, 2014). Pada proses koagulasi, pembubuhan koagulan dilakukan pada bak pengaduk cepat. Pengadukan cepat bertujuan untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia/koagulan yang akan dilarutkan dalam air (Masduqi dan Assomadi, 2019). Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat dilakukan dengan studi laboratorium menggunakan jar test.

Poly Aluminium Chloride (PAC) merupakan koagulan yang paling sering digunakan dalam pengolahan air minum. PAC merupakan garam khusus pada pembuatan aluminium klorida yang memberikan daya yang lebih kuat dibanding aluminium pada umumnya (Budiman *et al.*, 2017). Dalam proses pengolahan air, PAC sering digunakan karena korosivitasnya yang rendah sehingga memudahkan proses penyimpanan dan transportasi. Selain itu, penggunaan PAC tidak menurunkan pH secara tajam. Berikut merupakan reaksi yang terjadi



Dari reaksi diatas, dapat dilihat bahwa reaksi hidrolisis PAC hanya melepaskan sebuah ion H^+ yang menyebabkan penurunan pH tidak signifikan (Budiman *et al.*, 2017). Optimalitas koagulasi salah satunya dipengaruhi oleh waktu tunggu. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Fitriyah dan Maulana (2018), semakin lama waktu tunggu koagulan kadar oksigen terlarut semakin meningkat.

2.6.5 Flokulasi

Flokulasi merupakan proses pengadukan lambat untuk meningkatkan agregasi partikel yang muatan permukaan listriknya telah berkurang (Fajri *et al.*, 2017). Partikel yang mengalami agregasi selanjutnya disebut flok yang dapat dihilangkan menggunakan sedimentasi dan/atau filtrasi (Crittenden, 2012 dalam Fajri *et al.*, 2017). Secara garis besar, pembentuk flok melalui tahapan destabilisasi koloid, pembentukan mikroflok, penggabungan mikro flok, dan pembentukan makroflok (Susanti dan Hartati, 2003). Proses pengadukan lambat pada unit flokulasi bertujuan untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel hingga membentuk flok. Untuk menghasilkan flok yang baik, gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak terpecah kembali (Masduqi dan Assomadi, 2019).

2.6.6 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan pemisahan solid menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk menghilangkan suspended solid. Sedimentasi ditujukan untuk:

- Penyisihan partikel diskrit
- Pengendapan flok hasil koagulasi-flokulasi
- Pengendapan lumpur jika terdapat proses penurunan kesadahan
- Pengendapan presipitat pada penyisihan bahan organik (Masduqi dan Assomadi, 2019)

Mekanisme sedimentasi adalah pemisahan solid dengan memanfaatkan gravitasi sehingga solid memiliki masa yang lebih berat dan mengendap. Berdasarkan jenis partikel dan kemampuan partikel untuk berinteraksi, sedimentasi dapat diklasifikasikan ke 4 (empat) tipe yaitu:

- a. Pengendapan tipe I (*Free settling*): pengendapan partikel diskrit yang bukan merupakan flok.
- b. Pengendapan tipe II (*Flocculent settling*): pengendapan partikel berupa flokulen.
- c. Pengendapan tipe III (*Hindered settling*): pengendapan partikel dengan konsentrasi sedang (lumpur biologis). Partikel tersebut sangat berdekatan sehingga gaya antar partikel mencegah terjadinya pengendapan dari sekelilingnya.
- d. Pengendapan tipe IV (*Compression settling*): pengendapan partikel yang memiliki konsentrasi tinggi (Kawamura, 1991; Juliana, 2016; Harmiyati, 2018).

2.6.7 Filtrasi

Proses filtrasi merupakan proses pengaliran air hasil sedimentasi menuju media pasir. Air yang melewati media pasir akan melalui proses pengayakan (*straining*), flokulasi antar butir, sedimentasi antar butir, dan proses biologis (Arifiani dan Hadiwidodo, 2007). Berdasarkan kapasitas produksi air dan desain kecepatan, filter pasir dapat dibedakan menjadi dua, yakni filter pasir cepat dan filter pasir lambat. Filter pasir cepat mempunyai kecepatan filtrasi berkisar 6 – 11 m/jam, sementara filter pasir lambat mempunyai kecepatan berkisar 0,1 – 0,4 m/jam (Masduqi dan Assomadi, 2019).

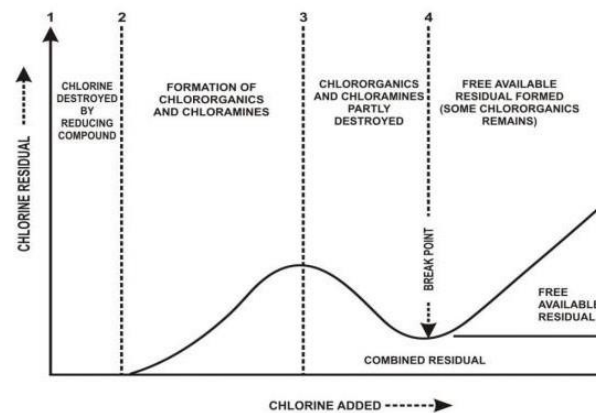
Media pasir pada filtrasi akan mengalami penyumbatan setelah digunakan beberapa saat. Akibatnya, kemampuan filter dalam menyaring polutan akan mengalami penurunan yang mengakibatkan penurunan kualitas air (Asrifah, 2015). Selain itu, tersumbatnya media filter dapat ditandai dengan terjadinya penurunan kapasitas produksi dan peningkatan kehilangan air. Jika keadaan ini terjadi, media filtrasi dapat dicuci dengan aliran balik (*backwash*) dengan kecepatan tertentu sehingga media filter terfluidisasi dan terjadi tumbukan antar media. Media yang saling bertumbukan akan melepaskan kotoran yang terbawa bersama aliran air hingga media pasir tidak lagi tersumbat (Masduqi dan Assomadi, 2019).

2.6.8 Disinfeksi

Disinfeksi dapat didefinisikan memusnahkan mikroorganisme patogen, termasuk virus, bakteri, dan protozoa parasit (Gabriel, 1994 dalam Said, 2007). Disinfektan merupakan bahan yang digunakan untuk memusnahkan mikroorganisme patogen, virus, bakteri, dan protozoa parasit. Adapun mekanisme disinfektan dalam membunuh mikroorganisme adalah dengan merusak dinding sel, mengubah permeabilitas sel, mengubah sifat koloidal pada protoplasma, menghambat aktivitas enzim, dan mengoksidasi komponen penting seperti enzim, protein, hingga DNA dan RNA. Akibatnya, mikroorganisme akan mengalami kerusakan sel dan akan mengalami kematian (Masduqi dan Assomadi, 2019).

Disinfektan umumnya diperoleh dari bahan kimia, fisika, mekanik, dan radiasi. Klor merupakan salah satu bahan kimia yang umum digunakan karena efektif dan murah. Selama pengolahan air, oksidasi klorin juga dapat mengikat senyawa organik dan tereduksi dalam bentuk endapan. Selama proses oksidasi klorin, perlu diperhatikan sisa klorin hingga proses berikutnya untuk mencegah penurunan kondisi dan melarutkan kembali endapan (Siregar, 2020). Klorinasi juga dapat meningkatkan kadar oksigen. Hal ini dapat terjadi karena saat proses klorinasi terjadi pembasmian mikroorganisme termasuk mikroorganisme aerob yang dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut (Aziz *et al.*, 2013). Dalam pembasmian mikroorganisme, injeksi disinfektan perlu mencapai *Breakpoint Chlorination* (BPC) yang merupakan jumlah klor yang dibutuhkan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik dan amonia serta terdapat residu klor aktif yang dapat membasmi mikroorganisme patogen. Gambar

2.7 berikut merupakan grafik penambahan disinfektan klor hingga mencapai *Breakpoint Chlorination* hingga menyisakan residu sisa klor aktif.



Gambar 2. 7 Grafik *Breakpoint Chlorination* (BPC)

Sumber: Kumar (2013)

Klor aktif yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dan membunuh mikroorganisme disebut *Breakpoint Chlorination* (BPC). BPC akan diikuti dengan terbentuknya N_2 akibat penambahan dosis klor yang menyebabkan monokloramin pecah. Hal ini menyebabkan penurunan jumlah klor bebas dan dibutuhkan penambahan residu klor aktif setelah terjadi BPC (Alaerts dan Sumestri, 1987 dan Brooks, 1999 dalam Rosyidi, 2010).

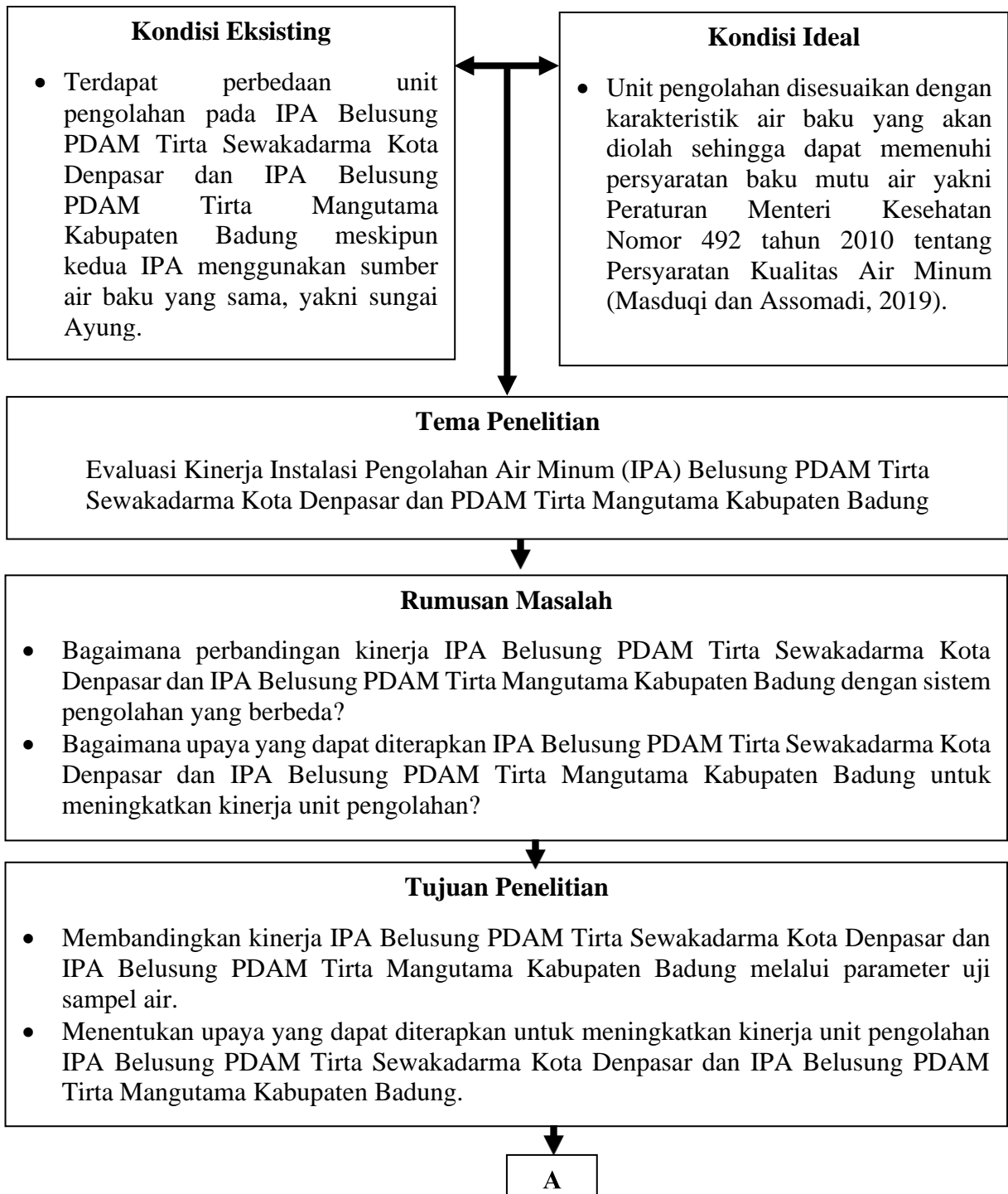
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian disusun sebagai gambaran alur proses pengerjaan Tugas Akhir agar berjalan sistematis dan terarah hingga akhir penulisan. Penyusunan kerangka penelitian diawali dengan ide penelitian yang didapatkan dari kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi realita pada lokasi studi. Dari kesenjangan yang ada akan disusun rumusan masalah hingga penarikan kesimpulan. Tahapan kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



A

Metodologi Penelitian

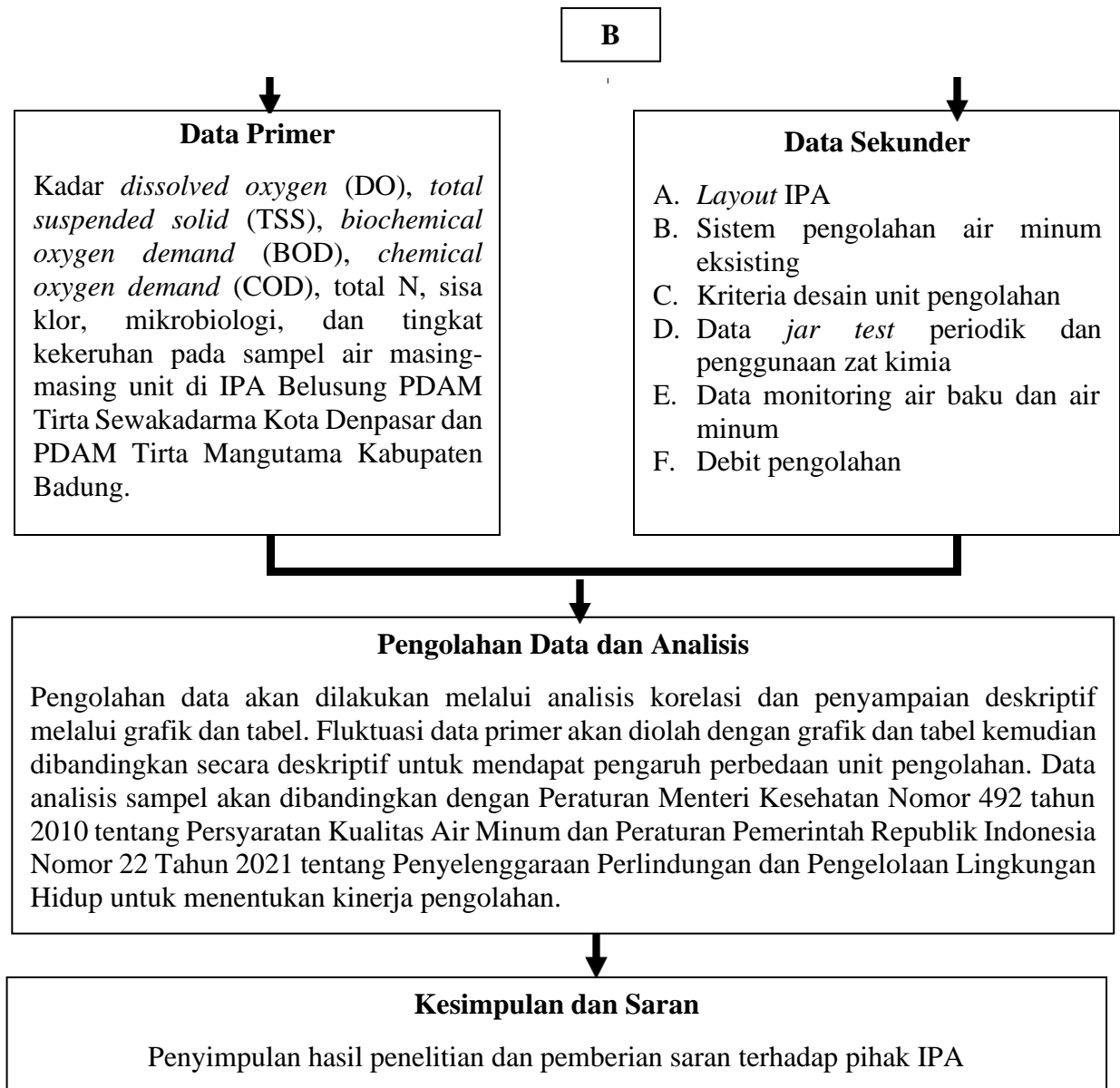
- Ide Penelitian
- Pengumpulan Data Primer dan Data Sekunder
- Pengolahan Data dan Analisis Data

Peninjauan Pustaka

1. Pengertian dan Klasifikasi Mutu Air
2. Parameter Kualitas Air
 - *Dissolved Oxygen (DO)*
 - *Total Suspended Solid (TSS)*
 - *Chemical Oxygen Demand (COD)*
 - *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*
 - Total Nitrogen (N)
 - Kadar Kekeruhan
 - Sisa klor
 - Mikrobiologi
3. Sistem Pengolahan Air Minum dan Profil PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar
4. Sistem Pengolahan Air Minum dan Profil PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung
5. Unit Pengolahan Air Minum
 - Unit *Intake*
 - Unit Prasedimentasi
 - Unit Aerasi
 - Unit Koagulasi
 - Unit Flokulasi
 - Unit Sedimentasi
 - Unit Filtrasi
 - Unit Disinfeksi
 - Reservoir

Pengumpulan Data Primer dan Data Sekunder

B



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.2 Rangkaian Pelaksanaan Penelitian

Rangkaian pelaksanaan penelitian meliputi tahapan-tahapan kerangka yang telah disusun. Berikut kegiatan yang dilakukan dalam setiap tahapan.

3.2.1 Ide Penelitian

Ide penelitian diperoleh dari kesenjangan antara kondisi realita dengan kondisi ideal yang diharapkan. Penelitian ini akan membahas kinerja IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung melalui parameter uji sampel air sesuai baku mutu. Penelitian ini juga akan membahas pengaruh perbedaan unit pada proses pengolahan air di IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung yang dikaji melalui analisis sampel air. Perbandingan antara kondisi ideal dan kondisi realita yang mendasari ide penelitian adalah sebagai berikut:

- Kondisi ideal: Unit pengolahan disesuaikan dengan karakteristik air baku yang akan diolah sehingga dapat memenuhi persyaratan baku mutu air yakni Peraturan Menteri

Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum (Masduqi dan Assomadi, 2019).

- Kondisi realita: Terdapat perbedaan unit pengolahan pada IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung meskipun kedua IPA menggunakan sumber air baku yang sama, yakni sungai Ayung.

3.2.2 Rumusan Masalah dan Tujuan

Masalah yang timbul pada penelitian ini adalah kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi realita. Tujuan penelitian disusun untuk menjawab masalah yang timbul. Adapun tujuan dari penelitian adalah membandingkan kinerja IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung melalui parameter uji sampel air serta mengkaji pengaruh perbedaan proses pengolahan yang diterapkan IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.

3.2.3 Peninjauan Pustaka

Tinjauan pustaka akan menjadi acuan dalam pembahasan, pengolahan data, hingga penarikan kesimpulan. Adapun pustaka yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

- Parameter Kualitas Air Minum
 - *Dissolved Oxygen* (DO)
 - *Total Suspended Solid* (TSS)
 - *Chemical Oxygen Demand* (COD)
 - *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)
 - Total Nitrogen (N)
 - Kadar Kekeruhan
 - Sisa klor
 - Mikrobiologi
- Sistem Pengolahan Air IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar
- Sistem Pengolahan Air IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung
- Unit Pengolahan Air Minum
 - Unit *Intake*
 - Unit Prasedimentasi
 - Unit Aerasi
 - Unit Koagulasi
 - Unit Flokulasi
 - Unit Sedimentasi
 - Unit Filtrasi
 - Unit Disinfeksi
 - Reservoir

3.2.4 Pengumpulan Data Primer dan Data Sekunder

A. Jenis Data

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, diperlukan data-data yang mendukung baik data primer maupun data sekunder. Adapun pengumpulan data primer dan data sekunder akan meliputi:

1. Data primer meliputi analisis sampel kualitas air dari masing-masing unit pengolahan. Analisis sampel akan meliputi parameter uji (1) *dissolved oxygen* (DO), (2) *total suspended solid* (TSS), (3) *biochemical oxygen demand* (BOD), (4) *chemical oxygen demand* (COD), (5) total nitrogen, (6) sisa klor, (7) tingkat kekeruhan, dan

(8) kandungan mikrobiologi. Analisis sampel akan dilakukan oleh pihak ketiga yakni UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali menggunakan metode analisis yang dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Metode Uji dan Metode Analisis Sampel Air

No.	Parameter	Metode uji	Metode analisis	Tempat uji
1.	<i>Dissolved Oxygen</i>	Insitu	DO meter	IPA Belusung Kota Denpasar dan Kabupaten Badung
2.	BOD	Eksitu	SNI 06-6989.72-2009	UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali
3.	COD	Eksitu	SNI 06-6989.73-2009; SNI 6989.73:2019	UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali
4.	TSS	Eksitu	SNI 06-6989. 3-2004	UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali
5.	Kekeruhan	Eksitu	SNI 06-6989.25-2005/ Nefelometer	UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali
6.	Amonium	Eksitu	Spectrophotometer UV-vis	UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali
7.	Nitrat	Eksitu	Spectrophotometer UV-vis	UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali
8.	Nitrit	Eksitu	SNI 06-6989. 9-2004/ Spectrophotometer UV-vis	UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali
9.	N-organik	Eksitu	Spectrophotometer UV-vis	UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali
10.	Sisa klor	Eksitu	SNI 06-4824-1998/ Spectrophotometer	UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali
11.	Mikrobiologi	Eksitu	Most Probable Number (MPN)	UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali

Sumber: UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali

Pengukuran parameter *dissolved oxygen* (DO) atau oksigen terlarut menggunakan metode elektrokimia dengan DO meter. Pengukuran akan dilakukan dengan mencelupkan probe atau batang sensor ke sampel air dan didiamkan hingga nilai *digital* berhenti bergerak. Adapun alat yang dibutuhkan dalam pengukuran parameter DO dapat dilihat pada Tabel 3.2.

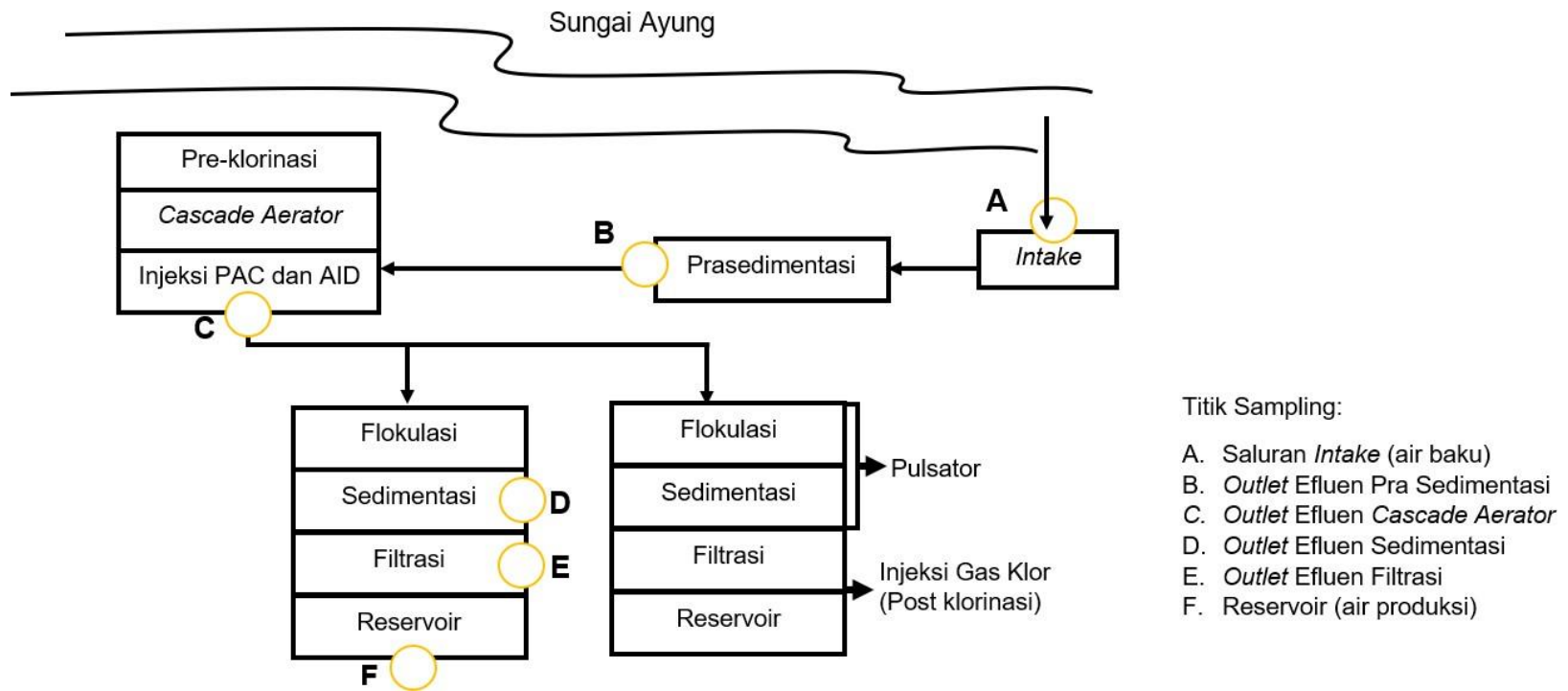
Tabel 3. 2 Alat Analisis Sampel Air Insitu

No	Alat dan Bahan	Tujuan
1.	Botol winkler/kaca	Mengambil sampel air dan pemeriksaan kadar DO
2.	DO meter	Pengukuran kadar oksigen terlarut
3.	H ₂ O ₂ (Hidrogen Peroksida)	Kalibrasi DO meter

2. Data sekunder meliputi (1) layout IPA, (2) sistem pengolahan air minum eksisting, (2) kriteria desain unit pengolahan, (4) data *jar test* dan penggunaan zat kimia, (5) data monitoring air baku dan air minum, dan (6) debit pengolahan pada IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.

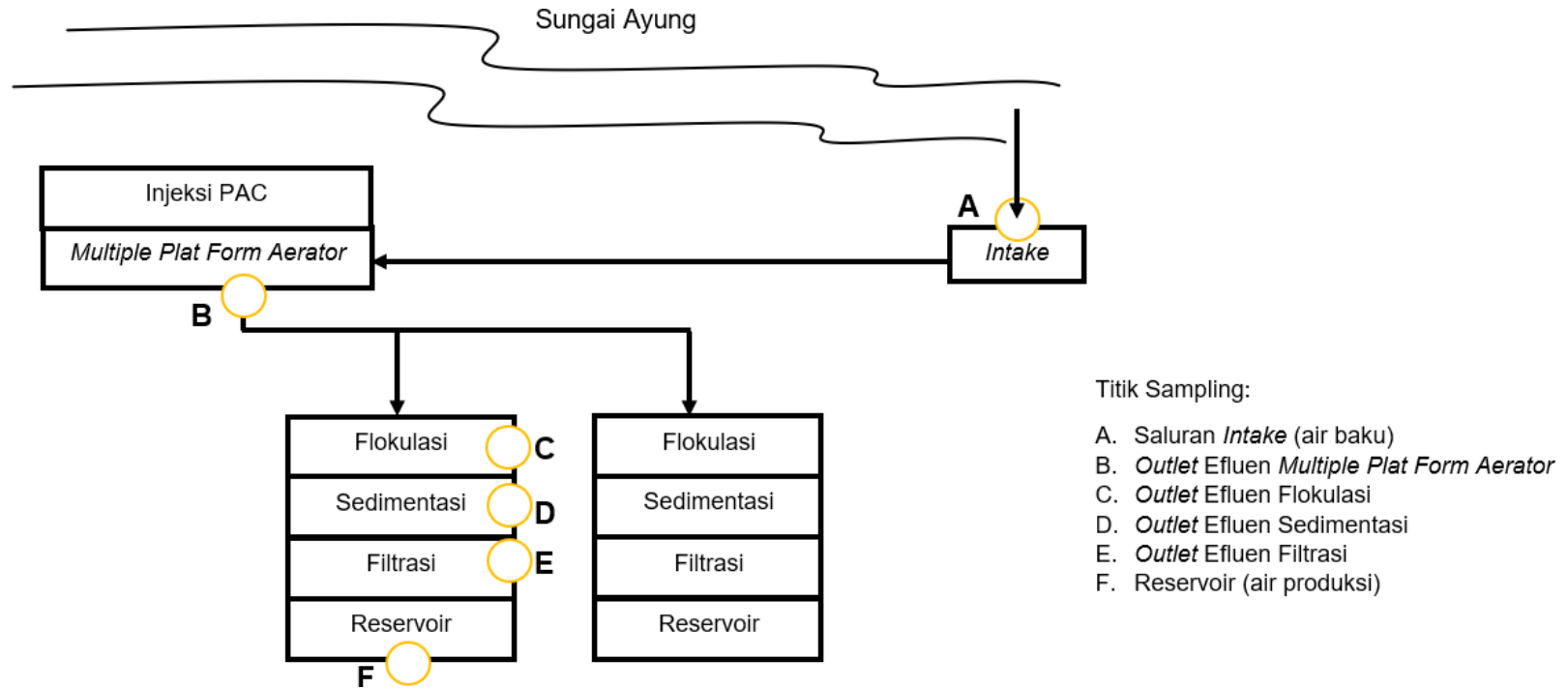
B. Pengambilan Sampel

Dalam penelitian ini, pengambilan sampel dilakukan dengan metode *composite sampling*, yaitu pengambilan sampel dari beberapa titik tertentu dari beberapa waktu pengamatan. Pengambilan sampel dilaksanakan selama 2 minggu dan setiap minggu akan dilakukan 2 kali sampling. Sampel akan diambil pada masing-masing unit pengolahan di IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Titik pengambilan sampel pada PDAM Kota Denpasar dan PDAM Kabupaten Badung dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



NB: Gambar tanpa skala

Gambar 3. 2 Titik Sampling IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar



NB: Gambar tanpa skala

Gambar 3. 3 Titik Sampling IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

3.2.5 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data akan dilakukan melalui analisis korelasi dan penyampaian deskriptif melalui grafik dan tabel. Fluktuasi data primer dari IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung akan diolah dengan grafik dan tabel kemudian dibandingkan secara deskriptif untuk mendapat pengaruh perbedaan unit pengolahan. Untuk menjawab tujuan pertama yakni perbandingan kinerja IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, didapatkan melalui perbandingan analisis sampel karakteristik air dan perbandingan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Selain itu dilakukan analisis korelasi untuk menentukan pengaruh perbedaan unit pengolahan terhadap air hasil olahan. Data primer selanjutnya akan disajikan dengan pendeskripsian grafik dan tabel. Sementara untuk menjawab tujuan kedua yakni peningkatan kinerja pengolahan IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, didapatkan dengan perhitungan nilai efisiensi total dan analisis teori untuk peningkatan kinerja unit.

3.2.6 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data, dihasilkan kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian meliputi perbandingan kinerja dan pengaruh perbedaan unit pengolahan di IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung melalui parameter uji sampel air. Saran diberikan sebagai rekomendasi dan referensi untuk pihak IPA terhadap tindakan lanjutan yang dapat dipertimbangkan dari hasil penelitian ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan Kondisi Kinerja IPA Belusung

Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung menggunakan sistem pengolahan konvensional. Dengan sumber air baku yang sama, terdapat perbedaan sistem pengolahan yang diterapkan oleh PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Adapun perbedaan pengolahan terdapat pada sistem aerasi dan pre-klorinasi. Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar menerapkan sistem *cascade aerator* dengan penambahan zat kimia gas klor pada hulu bak yang bertujuan sebagai pre-klorinasi. Selanjutnya di hilir bak ditambahkan koagulan PAC sebelum pendistribusian menuju ke unit pulsator.

Sementara pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, sistem aerasi menggunakan sistem *multiple plat form aerator* dan tanpa penambahan bahan kimia klor untuk pre-klorinasi. Dengan adanya perbedaan sistem pengolahan, maka dapat diasumsikan adanya perbedaan kualitas air produksi sehingga diperlukan evaluasi untuk menganalisis kualitas air hasil produksi. Kualitas air produksi akan dianalisis melalui uji parameter *Dissolved Oxygen (DO)*, *Total Suspended Solid (TSS)*, *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, amonium, nitrat, nitrit, nitrogen organik, sisa klor, tingkat kekeruhan, dan kandungan mikrobiologi untuk mengetahui kinerja IPAM. Adapun sampel akan diambil pada *intake (I)*, prasedimentasi (P), aerasi (A), flokulasi (F), flokulasi sedimentasi (F+S), filtrasi (Fi), dan reservoir (R). Pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, unit yang disebut aerasi merupakan unit yang berfungsi sebagai aerasi dan pengaduk cepat. Selanjutnya akan dilakukan analisis secara teori untuk mengetahui unit yang belum beroperasi secara maksimal dan upaya yang dapat dilakukan untuk memaksimalkan operasional unit terkait. Kondisi kinerja pada masing-masing unit akan dievaluasi berdasarkan beberapa parameter yang berpedoman pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

4.1.1 Pemeriksaan Parameter *Dissolved Oxygen (DO)*

Dissolved oxygen (DO) merupakan salah satu parameter yang sering digunakan untuk mengevaluasi kualitas air. Hal ini karena parameter ini dipengaruhi oleh substansi oksigen baik secara fisik, kimia, maupun biologi (Shekha dan Al-Abaychi, 2010). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, kadar *dissolved oxygen* minimal untuk kelas satu yakni peruntukan air minum adalah 6 mg/L. Pemeriksaan kandungan DO menggunakan DO meter *digital* lutron YK-2005WA. Terdapat perbedaan waktu uji yang berselang ± 3 jam antara pemeriksaan pada IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Perbedaan waktu uji dapat menjadi pertimbangan hasil DO karena adanya perbedaan suhu. Masing-masing unit pengolahan menunjukkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Uji Kandungan DO IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

TITIK SAMPLING	NILAI DO (mg/L)			
	14/03/2022	15/03/2022	22/03/2022	23/03/2022
Intake (I)	5,2	6,4	8,1	6,6

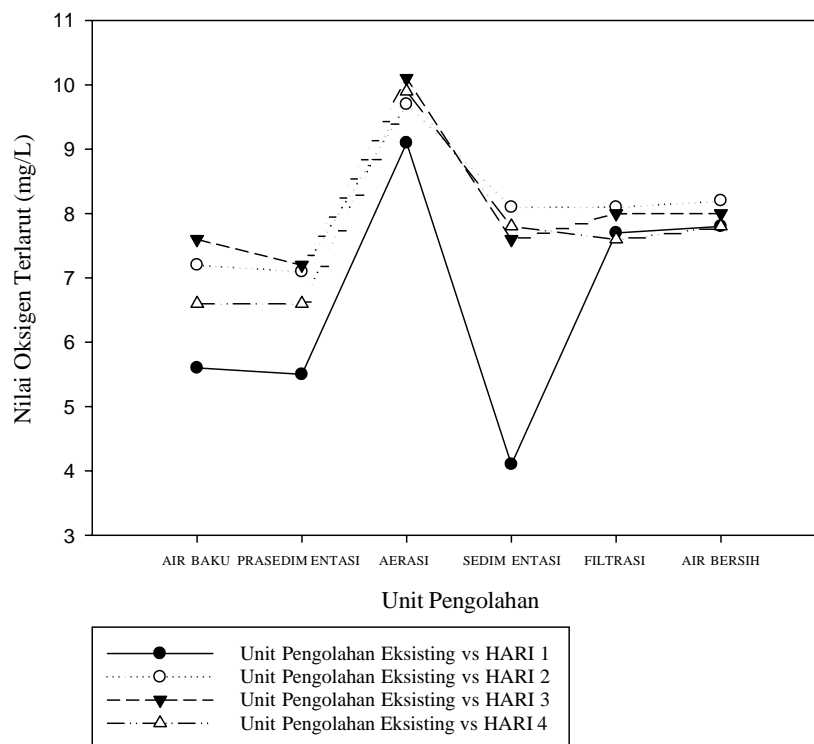
TITIK SAMPLING	NILAI DO (mg/L)			
	14/03/2022	15/03/2022	22/03/2022	23/03/2022
	6	7,6	7,1	6,9
	5,7	7,5	7,6	6,4
AVG VALUE	5,6	7,2	7,6	6,6
Prasedimentasi (P)	5,1	6,6	6,7	6,6
	5,4	7,7	7,4	6,8
	6	6,9	7,5	6,5
AVG VALUE	5,5	7,1	7,2	6,6
Aerasi (A)	9,1	9,3	9,9	9,9
	9,2	10,1	10,3	10,1
	9,1	9,6	10,1	9,7
AVG VALUE	9,1	9,7	10,1	9,9
Flokulasi Sedimentasi (F+S)	4	8,1	7,7	7,9
	4,2	8,1	7,3	7,6
	4	8,2	7,8	7,9
AVG VALUE	4,1	8,1	7,6	7,8
Filtrasi (Fi)	7,7	7,9	7,9	7,7
	7,7	8,3	7,7	7,3
	7,8	8,2	8,3	7,7
AVG VALUE	7,7	8,1	8,0	7,6
Reservoir (R)	7,6	7,8	7,9	8
	7,9	8,1	7,8	8,1
	7,8	8,6	8,2	7,4
AVG VALUE	7,8	8,2	8,0	7,8

Tabel 4. 2 Hasil Uji Kandungan DO IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

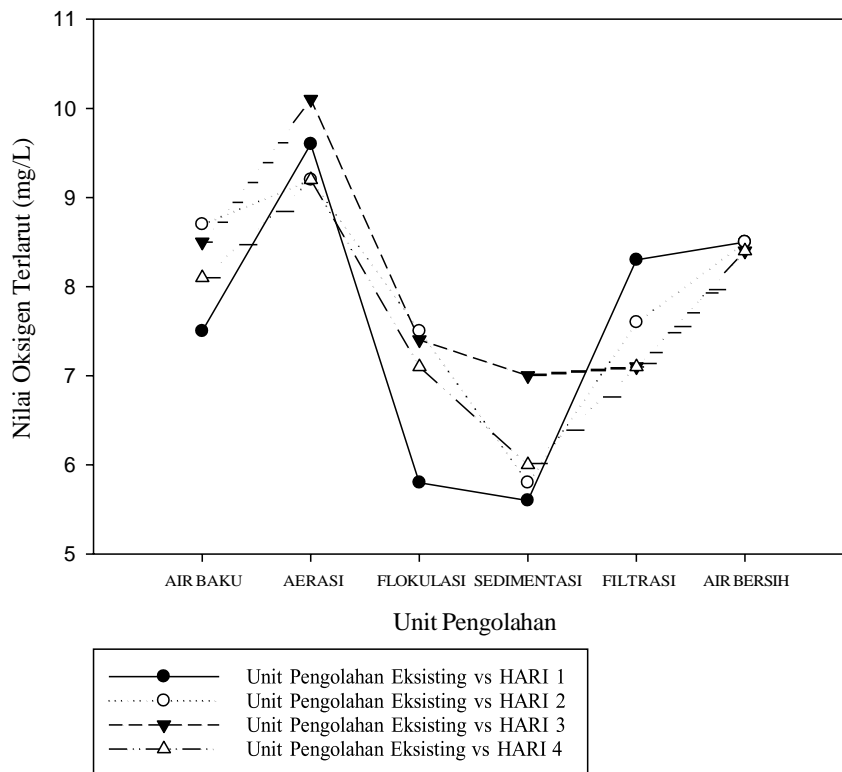
TITIK SAMPLING	NILAI DO (mg/L)			
	14/03/2022	15/03/2022	22/03/2022	23/03/2022
Intake (I)	7,9	8,5	8,5	7,9
	7,7	8,7	8,9	8,1
	7	8,8	8	8,3
AVG VALUE	7,5	8,7	8,5	8,1
Aerasi (A)	9,6	9,4	10,5	9,1
	9,7	9	10,2	9,6
	9,4	9,1	9,6	8,9
AVG VALUE	9,6	9,2	10,1	9,2
Flokulasi (F)	5,5	7,5	7,2	6,5
	5,8	7,8	7,5	7,3
	6,1	7,1	7,5	7,5
AVG VALUE	5,8	7,5	7,4	7,1
Sedimentasi (S)	5,4	5,2	6,8	6,3

TITIK SAMPLING	NILAI DO (mg/L)			
	14/03/2022	15/03/2022	22/03/2022	23/03/2022
	5,7	5,9	6,4	6
	5,8	6,2	7,7	5,7
AVG VALUE	5,6	5,8	7,0	6,0
Filtrasi (Fi)	8,3	7,2	7,2	7
	8,4	7,8	7,6	7,6
	8,2	7,9	6,6	6,6
AVG VALUE	8,3	7,6	7,1	7,1
Reservoir (R)	8,1	8,6	8,5	8,4
	8,6	8,4	8,4	8,5
	8,7	8,5	8,3	8,3
AVG VALUE	8,5	8,5	8,4	8,4

Rata-rata nilai DO yang didapatkan dari pengulangan uji sebanyak tiga kali pada setiap unit. Dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, dapat disajikan grafik untuk melihat perbandingan pada setiap unit serta fluktuasi nilai oksigen terlarut yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut:



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Kandungan DO IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Kandungan DO IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Meski menggunakan sumber air baku yang sama yakni Sungai Ayung, terdapat selisih konsentrasi DO *intake* antar IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung berkisar 0,9 mg/L – 1,9 mg/L. Hal ini terjadi karena posisi *intake* IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar yang lebih ke hilir dibanding posisi *intake* IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Semakin hilir, konsentrasi DO menjadi semakin rendah yang dapat dihubungkan dengan masuknya beban pencemar sehingga diperlukan oksigen terlarut untuk proses dekomposisi bahan organik dan bahan anorganik dari buangan limbah yang menyebabkan konsentrasi DO menurun. Meski demikian mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang menyebutkan bahwa batas minimal konsentrasi DO air kelas I adalah 6 mg/L, sungai Ayung belum dapat dikatakan memenuhi baku mutu karena rendahnya hasil uji konsentrasi DO pada *intake* PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar pada hari pertama penelitian.

Berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2, hasil uji konsentrasi DO menunjukkan kecenderungan yang sama pada hari pertama penelitian. Konsentrasi DO air baku pada hari pertama lebih rendah dibandingkan hari lainnya. Rendahnya kandungan DO diasumsikan terjadi akibat adanya hujan deras yang berlangsung pada hari sebelumnya. Hal ini sejalan dengan penelitian Paena *et al.* (2015), yang menyebutkan bahwa curah hujan dengan volume tertentu dapat berpengaruh terhadap penurunan nilai DO. Penurunan nilai DO terjadi akibat proses dekomposisi bahan organik yang masuk ke perairan melalui air limpasan permukaan.

IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung memiliki unit pengolahan yang berbeda. Pada PDAM Tirta

Sewakadarma Kota Denpasar, air dari *intake* disalurkan terlebih dahulu menuju ke unit prasedimentasi sebelum akhirnya dipompa menuju ke unit aerasi. Sementara pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, air dari *intake* langsung dipompa menuju ke unit aerasi karena tidak menerapkan prasedimentasi. Sistem aerasi yang digunakan keduanya pun berbeda. PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar menerapkan sistem *cascade aerator* sementara PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung menerapkan sistem *multiple plat form aerator*.

Kinerja PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar mengacu pada Gambar 4.1, terlihat adanya penurunan konsentrasi DO yang tidak signifikan pada unit prasedimentasi. Hal ini terjadi karena mekanisme kerja prasedimentasi yang berupa pengendapan secara gravitasi sehingga tidak terdapat aliran maupun turbulensi air yang dapat mengikat oksigen. Namun saat air dipompa menuju ke bak aerasi, terlihat adanya peningkatan DO yang signifikan. Menerapkan sistem *cascade aerator*, terlihat adanya kenaikan oksigen sebesar 32,1%. Kenaikan oksigen berkisar antara 2,6 mg/L – 3,6 mg/L dari nilai DO pada unit prasedimentasi. Nilai DO kemudian mengalami penurunan pada unit sedimentasi dan filtrasi. Penurunan nilai DO dapat disebabkan oleh beberapa hal, salah satunya adalah tidak terdapat turbulensi yang cukup untuk mengikat oksigen. Secara umum, efisiensi *cascade aerator* dipengaruhi oleh luas permukaan lempeng dan ketinggian jatuh air. Efisiensi kinerja *cascade aerator* cenderung meningkat seiring adanya peningkatan ketinggian air yang jatuh (Oh *et al.*, 2016). Selain itu, faktor lain yang mempengaruhi perpindahan oksigen adalah suhu, kejenuhan oksigen, konsentrasi jenuh oksigen, dan karakteristik air. Dengan kenaikan oksigen sebesar 32,1%, optimasi unit dapat ditingkatkan dengan membenahi faktor-faktor tersebut.

Kenaikan konsentrasi oksigen terlarut pada unit aerasi juga dapat dipengaruhi oleh adanya injeksi gas klor. Unit aerasi pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar menerapkan injeksi gas klor pada hulu unit yang bertujuan untuk pre-klorinasi. Injeksi gas klor pada air dapat mengikat senyawa organik seperti BOD dan COD sehingga terjadi penyisihan konsentrasi senyawa organik. Pernyataan ini didukung oleh penelitian yang dilaksanakan oleh Islami *et al.* (2019), yang menyebutkan bahwa injeksi klor dapat menurunkan konsentrasi BOD dan COD. Penurunan konsentrasi BOD dan COD akan berbanding terbalik terhadap konsentrasi DO. Hal ini sesuai dengan pernyataan Boyd (1982), yang menyatakan bahwa nilai BOD cenderung menurun saat terjadi peningkatan konsentrasi DO.

Pada unit aerasi PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung terjadi peningkatan DO dengan rata-rata kenaikan oksigen 13,7% dari unit sebelumnya. Jika dibandingkan dengan sistem *cascade aerator* yang diterapkan pada IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, peningkatan oksigen dengan sistem *multiple plat form aerator* mengalami kenaikan yang tidak signifikan. Sama seperti penerapan sistem *cascade*, nilai DO kemudian mengalami penurunan pada unit setelahnya yakni flokulasi dan sedimentasi. Konsentrasi DO pada akhir hasil produksi di PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar berkisar antara 7,8 – 8,2 mg/L. Jika dibandingkan dengan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung yang memiliki kisaran konsentrasi DO 8,4 – 8,5 mg/L, perbedaan hasil antar keduanya tidak dapat dikatakan signifikan. Namun jika dilihat dari kinerja unitnya, PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar lebih efektif dalam peningkatan konsentrasi DO.

4.1.2 Pemeriksaan Parameter Nitrogen Organik dan Nitrogen Anorganik

Di perairan, nitrogen dapat berupa nitrogen organik dan anorganik. Ion nitrogen anorganik terlarut dihasilkan dari proses remineralisasi nitrogen organik yang terdiri atas amonia (NH_3), amonium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), dan molekul nitrogen (N_2) (Meirinawati, 2019). Sementara, ion nitrogen organik dapat meliputi asam amino, urea, dan protein. Pada penelitian ini, fokus parameter adalah pada amonium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), dan N organik. Fokus parameter pada penelitian ini dipilih dengan beberapa pertimbangan. Parameter nitrit dan nitrat dipilih karena merupakan parameter yang

berhubungan langsung dengan kesehatan dan diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Parameter amonium dipilih karena merupakan parameter kimiawi yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan dan merupakan bentuk nitrogen yang dominan pada pH dan suhu air minum (Schullehner *et al.*, 2017). Sementara parameter N-organik dipilih untuk menggambarkan pencemaran air dari limpasan daerah pertanian (penggunaan pupuk urea) maupun limbah industri. Adanya aktivitas manusia di wilayah sungai seperti pertanian dan pemukiman dapat mengakumulasi bahan pencemar yang dapat terbawa oleh arus sungai.

Menurut baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, kadar nitrat, nitrit, dan amonium yang maksimal diperbolehkan pada air minum adalah sebesar masing-masing 50 mg/L; 3 mg/L; dan 1,5 mg/L. Nitrat dan nitrit dalam jumlah yang melebihi baku mutu dapat menimbulkan bahaya kesehatan. Sementara untuk amonium walaupun tidak memberikan dampak langsung pada kesehatan, keberadaan amonium dalam air memiliki kecenderungan mengikat oksigen yang dapat membentuk ion nitrat dan nitrit (Lubis *et al.*, 1987). Akibatnya, kadar nitrat dan nitrit dalam air akan meningkat. Sehingga perlu dilakukan pemantauan kadar amonium. Kadar nitrogen organik pun mempengaruhi peningkatan nitrat dan nitrit. Reaksi hidrolisis nitrogen organik dapat menghasilkan amonia yang dapat dioksidasi oleh bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* yang mengubah bentuk amonia menjadi nitrit dan nitrat (Aswadi, 2006).

Pemeriksaan kadar nitrogen organik dan anorganik menggunakan metode spektrofotometer secara eksitu melalui UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali. Adapun pemeriksaan dilakukan selama 4 (empat) hari, yakni 14 Maret dan 15 Maret 2022 serta 22 Maret dan 23 Maret 2022. Adapun sampel akan diambil pada *intake* (I), prasedimentasi (P), aerasi (A), flokulasi (F), flokulasi sedimentasi (F+S), filtrasi (Fi), dan reservoir (R). Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 berikut merupakan hasil pemeriksaan nitrogen pada masing-masing unit pengolahan:

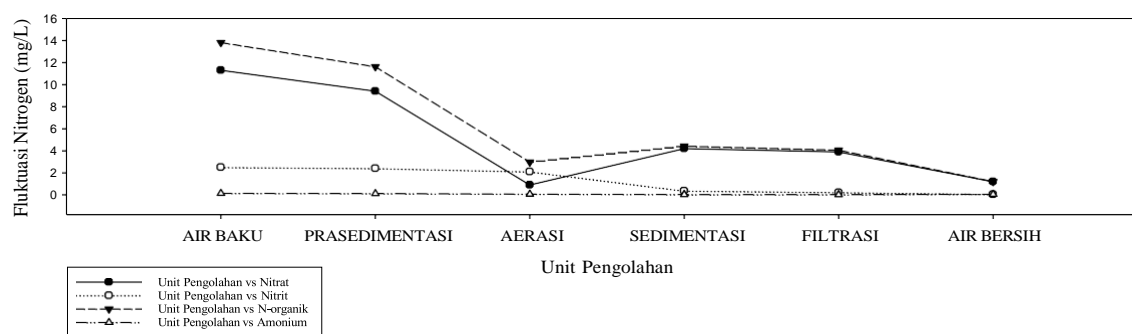
Tabel 4. 3 Pemeriksaan Kadar Nitrogen Organik dan Nitrogen Anorganik IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	P	A	F+S	Fi	R
Amonium	14 Maret 2022	mg/L	0,13	0,11	0,06	0,02	0,01	0,05
	15 Maret 2022	mg/L	0,12	0,12	0,01	0,06	0,13	0,02
	22 Maret 2022	mg/L	0,07	0,05	0,05	0,04	0,02	0,01
	23 Maret 2022	mg/L	0,07	0,08	0,04	0,05	0,09	0,03
Nitrat	14 Maret 2022	mg/L	11,3	9,4	0,9	4,2	3,9	1,2
	15 Maret 2022	mg/L	3,91	0,82	0,26	0,7	0,11	0,43
	22 Maret 2022	mg/L	2,43	1,98	1,12	1,08	1,11	1,02
	23 Maret 2022	mg/L	2,74	1,64	0,91	0,81	0,72	0,51
Nitrit	14 Maret 2022	mg/L	2,5	2,4	2,1	0,35	0,21	0,03
	15 Maret 2022	mg/L	0,9	0,37	0,09	0,03	0,05	0,01
	22 Maret 2022	mg/L	0,31	0,27	0,46	0,31	0,26	0,28
	23 Maret 2022	mg/L	0,49	0,41	0,07	0,05	0,03	0,01
N-organik	14 Maret 2022	mg/L	13,81	11,62	2,98	4,42	4,06	1,21
	15 Maret 2022	mg/L	4,87	1,26	0,34	0,72	0,24	0,44
	22 Maret 2022	mg/L	2,69	2,28	1,61	1,42	1,37	1,29
	23 Maret 2022	mg/L	3,2	1,78	0,92	0,91	0,81	0,52

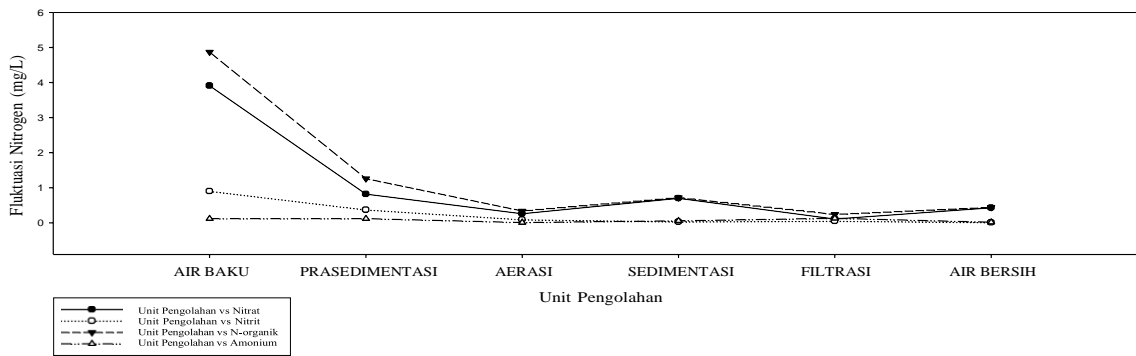
Tabel 4. 4 Pemeriksaan Kadar Nitrogen Organik dan Nitrogen Anorganik IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	A	F	S	Fi	R
Amonium	14 Maret 2022	mg/L	0,09	0,11	0,11	0,02	0,05	0,05
	15 Maret 2022	mg/L	0,18	0,12	0,06	0,19	0,26	0,08
	22 Maret 2022	mg/L	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01
	23 Maret 2022	mg/L	0,11	0,09	0,09	0,1	0,08	0,07
Nitrat	14 Maret 2022	mg/L	6,21	1,72	6,02	0,32	0,12	0,14
	15 Maret 2022	mg/L	1,2	0,78	0,42	0,41	0,58	1,42
	22 Maret 2022	mg/L	0,74	0,69	0,84	0,36	0,14	0,16
	23 Maret 2022	mg/L	0,98	0,84	0,76	0,62	0,51	0,52
Nitrit	14 Maret 2022	mg/L	3,42	0,44	3,13	0,14	0,02	0,02
	15 Maret 2022	mg/L	0,3	0,27	0,14	0,09	0,12	0,03
	22 Maret 2022	mg/L	0,41	0,37	0,32	0,13	0,07	0,03
	23 Maret 2022	mg/L	0,36	0,21	0,25	0,06	0,06	0,03
N-organik	14 Maret 2022	mg/L	9,68	2,23	9,16	0,46	0,17	0,19
	15 Maret 2022	mg/L	1,62	1,16	0,59	0,68	0,93	1,52
	22 Maret 2022	mg/L	1,13	1,05	1,12	0,42	0,18	0,18
	23 Maret 2022	mg/L	1,42	1,12	1,11	0,71	0,63	0,59

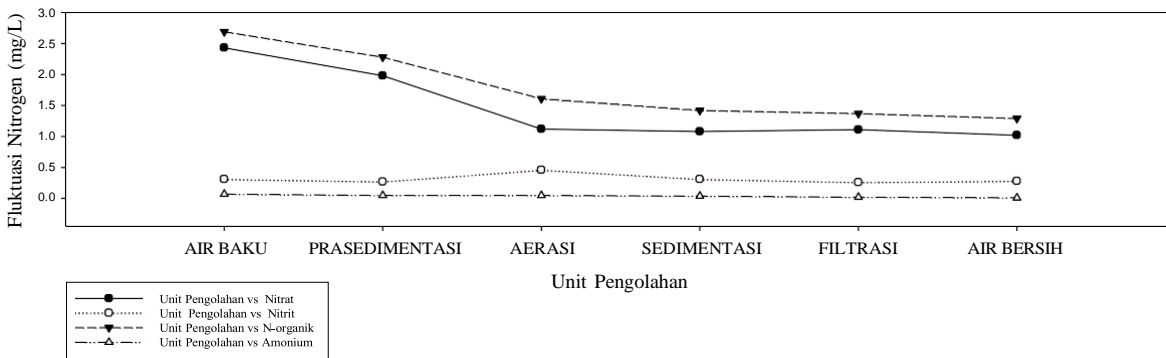
Berdasarkan data pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 diatas, dapat dilihat bahwa hampir seluruh parameter nitrogen baik organik maupun anorganik, mencapai kadar tertingginya pada hari pertama pengambilan sampel yakni 14 Maret 2022. Hal tersebut dapat dijelaskan karena adanya curah hujan yang tinggi pada hari sebelumnya. Limpasan air hujan yang berasal dari permukaan dapat menyebabkan peningkatan kadar nitrogen yang berasal dari bahan kimia maupun limbah industri/domestik di sekitar aliran sungai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hutagalung (1997) dalam Putri *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa pengkayaan nitrogen di perairan dapat berasal dari *run-off* atau masuknya limbah secara langsung ke perairan. Meski mencapai kadar tertinggi, kadar nitrat dan nitrit pada reservoir (air minum) masih memenuhi baku mutu yang disyaratkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yakni kurang dari 50 mg/L dan 3 mg/L, yang menunjukkan bahwa kinerja sistem pengolahan telah baik dan telah mampu memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Dari Tabel 4.3 dan Tabel 4.4, dapat disajikan grafik untuk melihat perbandingan pada setiap unit yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 hingga Gambar 4.10 berikut:



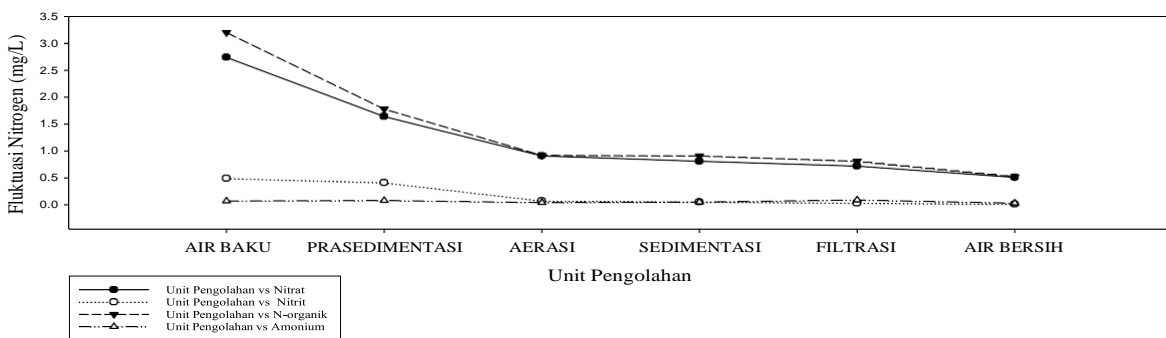
Gambar 4. 3 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 1 PDAM Kota Denpasar



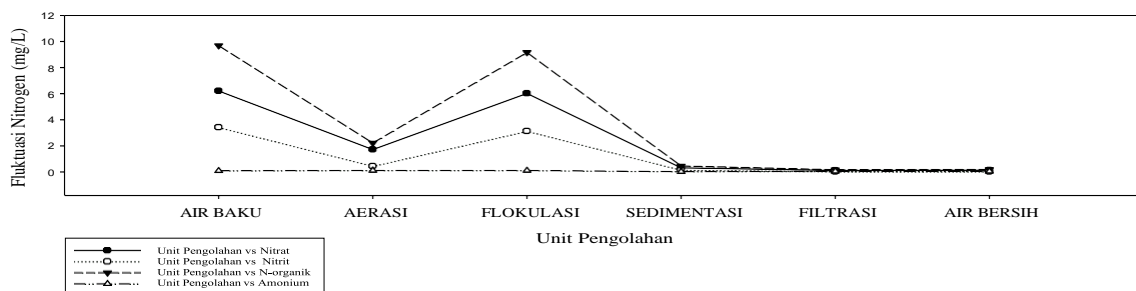
Gambar 4. 4 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 2 PDAM Kota Denpasar



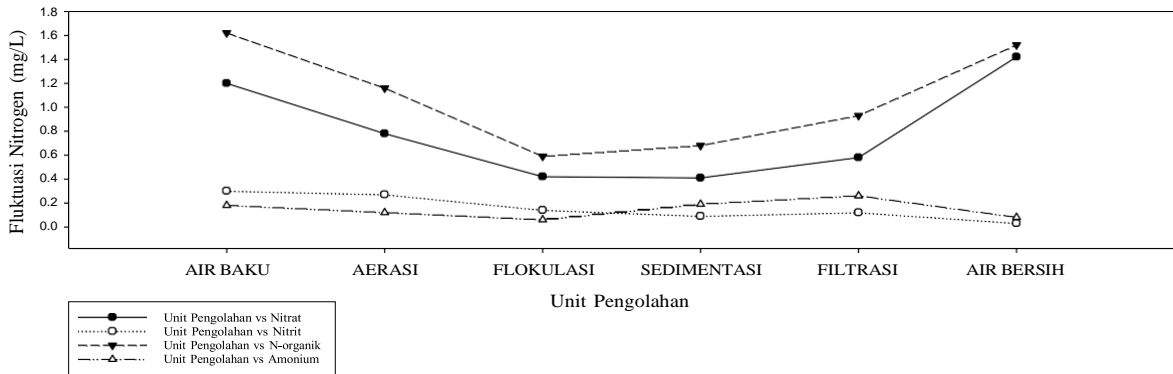
Gambar 4. 5 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 3 PDAM Kota Denpasar



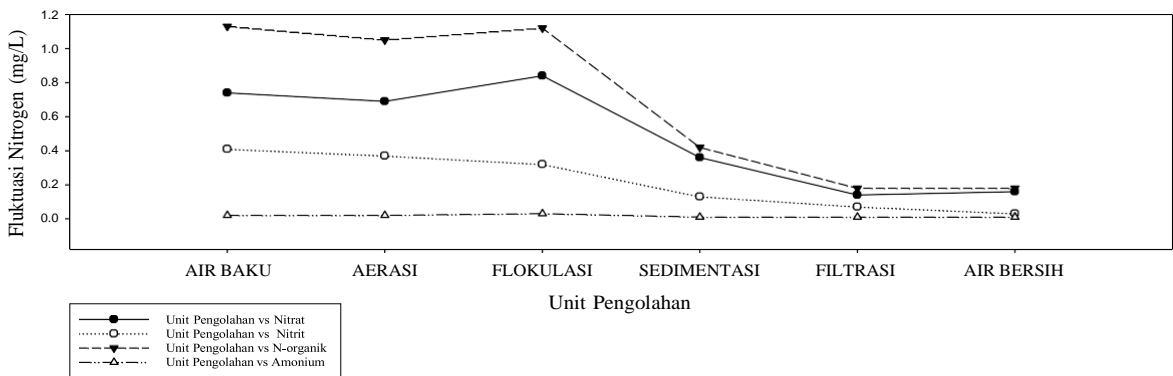
Gambar 4. 6 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 4 PDAM Kota Denpasar



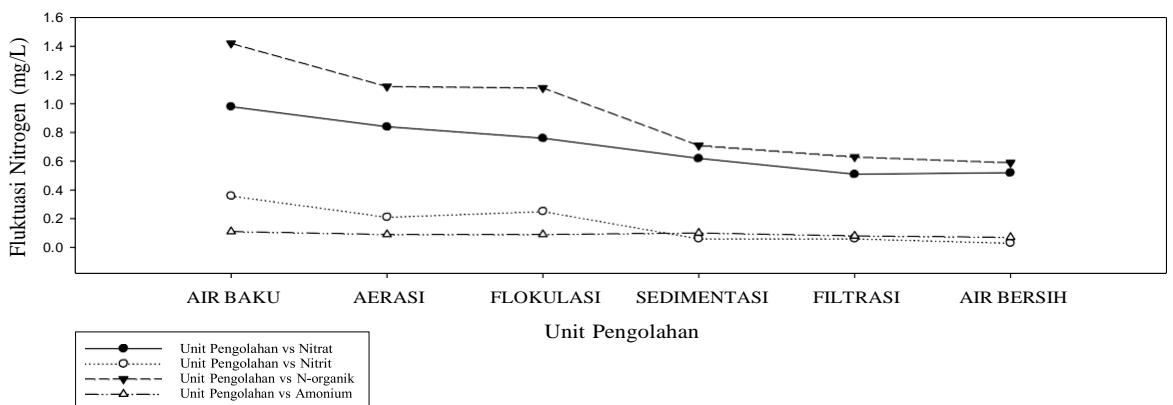
Gambar 4. 7 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 1 PDAM Kabupaten Badung



Gambar 4. 8 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 2 PDAM Kabupaten Badung



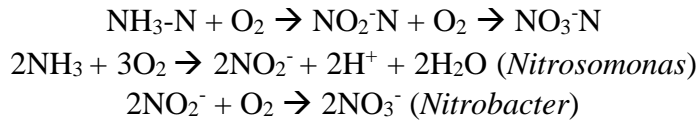
Gambar 4. 9 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 3 PDAM Kabupaten Badung



Gambar 4. 10 Grafik Fluktuasi Nitrogen Hari 4 PDAM Kabupaten Badung

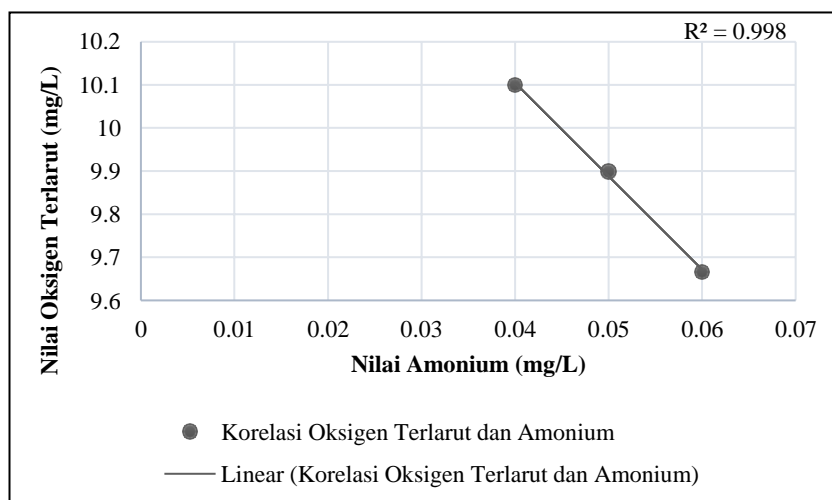
Dari hasil pengukuran konsentrasi nitrogen pada PDAM Kota Denpasar dan PDAM Kabupaten Badung pada Gambar 4.3 hingga Gambar 4.10, dapat dilihat bahwa kadar nitrat terukur selalu lebih besar dibandingkan dengan kadar nitrit. Hal ini sesuai dengan pernyataan Effendi (2003), yang menyatakan bahwa nitrit umumnya ditemukan dalam jumlah yang sedikit karena bentuknya yang tidak stabil dan mudah bertransformasi melalui proses oksidasi. Karena keberadaan oksigen, nitrit akan bertransformasi menjadi bentuk yang lebih stabil yakni nitrat

melalui proses nitrifikasi. Dalam proses nitrifikasi, amonia akan teroksidasi menjadi nitrit dan nitrat yang dapat dijelaskan dalam persamaan berikut:

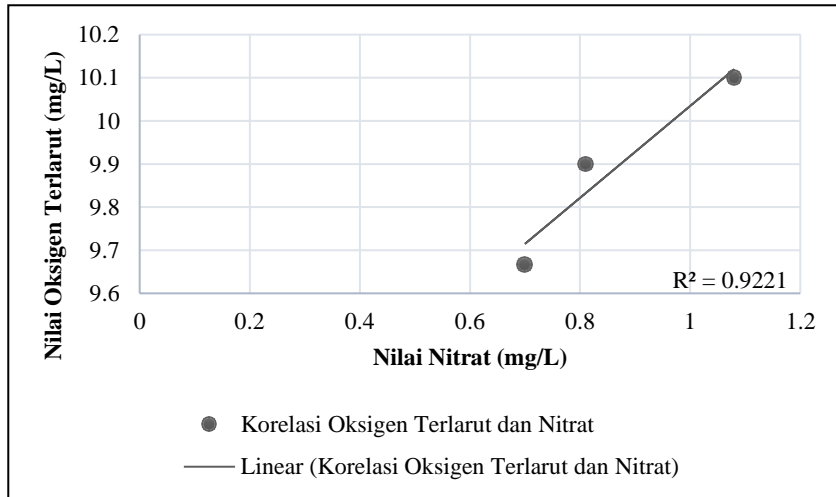


Dari persamaan diatas, proses nitrifikasi akan menghasilkan nitrit melalui oksidasi oleh bakteri *nitrosomonas* dan nitrit akan kembali dioksidasi oleh bakteri *nitrobacter* sehingga akan membentuk nitrat yang merupakan bentuk nitrogen paling stabil di perairan. Sebagai hasil akhir dari proses nitrifikasi, konsentrasi nitrat dalam perairan cenderung lebih tinggi dibandingkan nitrogen anorganik lain. Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi nitrat memiliki hubungan erat dengan konsentrasi oksigen, dimana konsentrasi nitrat, nitrit, dan oksigen memiliki hubungan berbanding lurus. Jika konsentrasi oksigen terlarut dalam badan air tinggi, maka hasil nitrifikasi (nitrat) pun akan tinggi. Pada konsentrasi oksigen terlarut yang tinggi, pembentukan nitrit akan berlangsung lebih cepat karena bentuknya yang tidak stabil. Berbeda dengan amonium, yang memiliki hubungan terbalik dengan oksigen terlarut. Amonia maupun amonium sebagai ion turunan yang teroksidasi menjadi nitrat dan nitrit, jumlahnya akan berkurang seiring dengan proses nitrifikasi berlangsung.

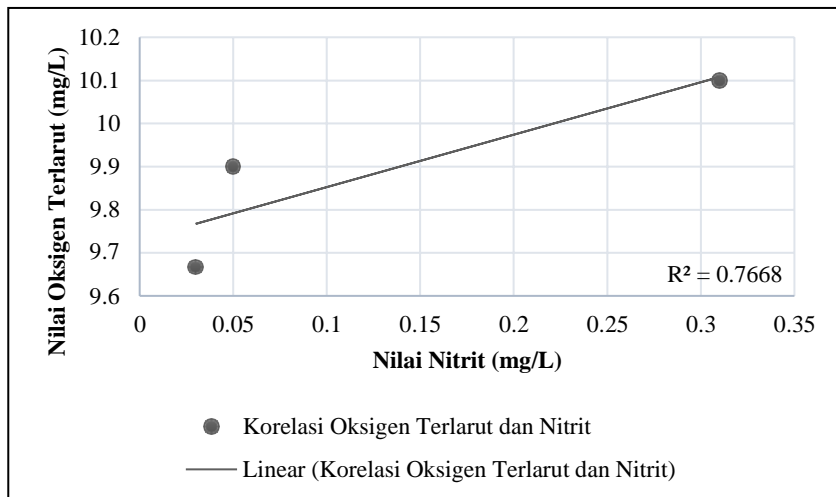
Dalam penelitian ini, proses nitrifikasi dapat dijelaskan melalui peningkatan transfer oksigen oleh unit aerasi dan pengaruhnya terhadap fluktuasi nitrogen. Pengaruh oksigen terlarut terhadap fluktuasi nitrogen diduga menyebabkan transformasi dan dapat ditunjukkan melalui analisis korelasi. Hasil pengukuran oksigen terlarut pada unit aerasi dikorelasikan dengan pengukuran nitrogen pada unit selanjutnya. Pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, unit aerasi juga berfungsi sebagai pengaduk cepat. Meski terdapat perbedaan sistem aerasi yang berpengaruh terhadap transfer oksigen antara PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, hasil analisis korelasi menunjukkan pengaruh yang serupa. Analisis korelasi didapat dari nilai rata – rata oksigen terlarut pada unit aerasi dan konsentrasi nitrogen pada unit setelahnya. Nilai oksigen terlarut rata – rata digunakan karena pengukuran DO yang diulang sebanyak tiga kali beriringan dengan analisis parameter nitrogen oleh pihak ketiga. Gambar 4.11 hingga Gambar 4.12 berikut merupakan hasil analisis regresi linear sederhana serta analisis korelasi.



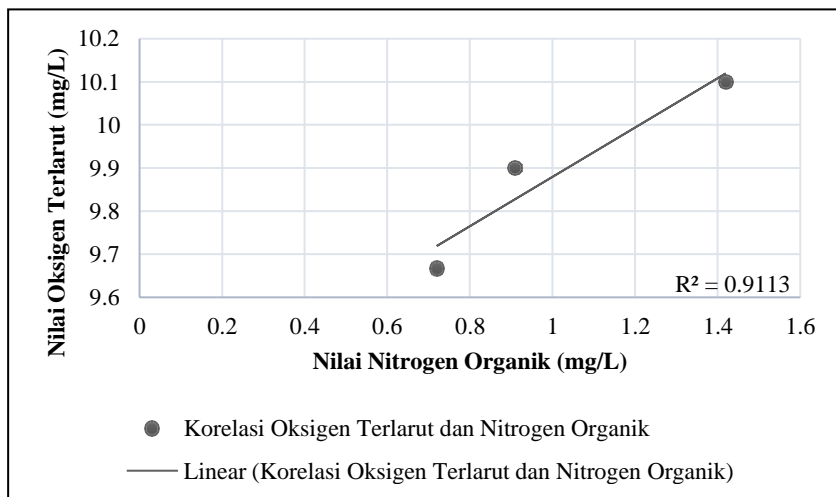
(a)



(b)

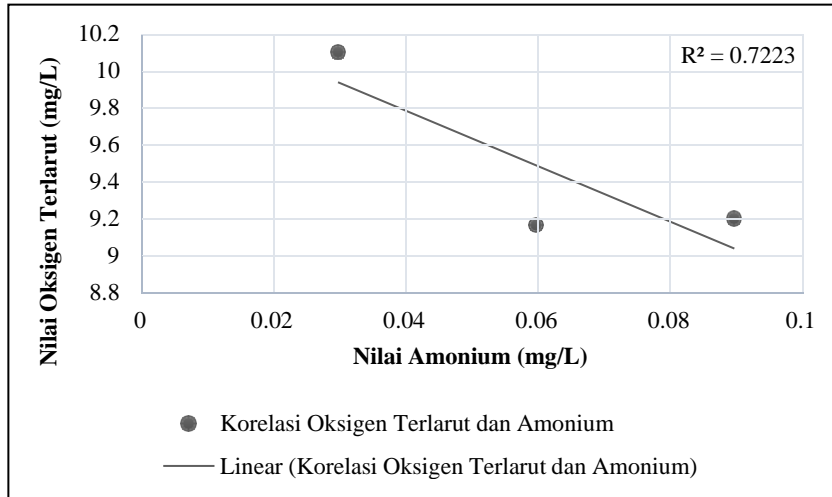


(c)

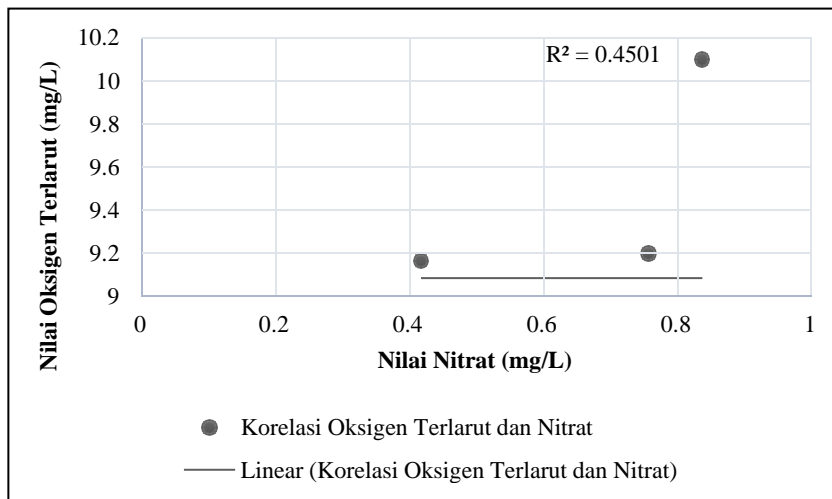


(d)

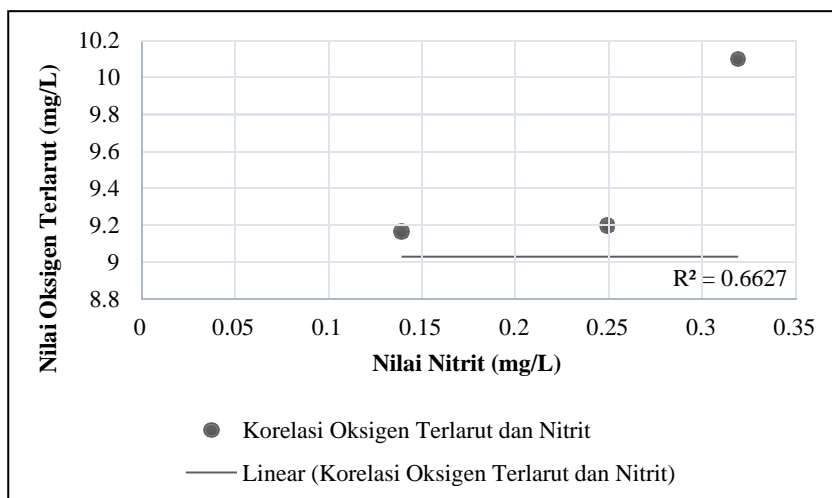
Gambar 4. 11 Hasil Analisis Korelasi Oksigen Terlarut terhadap (a) Amonium, (b) Nitrat, (c) Nitrit, dan (d) Nitrogen Organik PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar



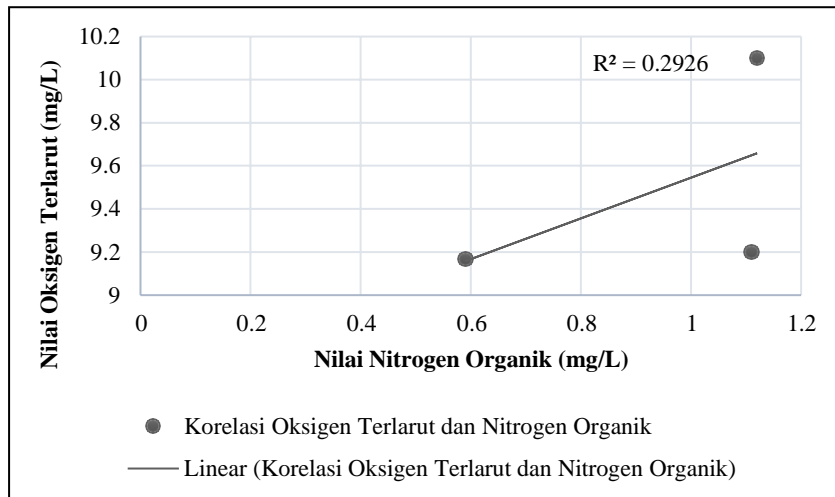
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4. 12 Hasil Analisis Korelasi Oksigen Terlarut terhadap (a) Amonium, (b) Nitrat, (c) Nitrit, dan (d) Nitrogen Organik PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Pada Gambar 4.11, didapatkan hasil koefisien korelasi yang menunjukkan hubungan antara variabel DO dan amonium, nitrat, nitrit, dan nitrogen organik. Pada PDAM Kota Denpasar koefisien korelasi pada amonium, nitrat, nitrit, dan nitrogen organik berturut – turut adalah 0,998; 0,922; 0,766; dan 0,911. Sementara pada Gambar 4.12, didapatkan hasil uji korelasi antara variabel DO dan amonium, nitrat, nitrit, dan nitrogen organik pada PDAM Kabupaten Badung berturut – turut 0,722; 0,45; 0,663; dan 0,293. Koefisien korelasi menunjukkan pengaruh antar variabel. Pada penelitian ini nilai koefisien korelasi pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar menunjukkan adanya hubungan kuat antara DO terhadap konsentrasi amonium, nitrat, nitrit, dan nitrogen organik sebesar berturut – turut 99,8%; 92,2%; 76,6%; dan 91,1%, sementara sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti. Namun, pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung hubungan antara DO terhadap konsentrasi amonium, nitrat, nitrit, dan nitrogen organik tidak seluruhnya menunjukkan adanya pengaruh kuat. Koefisien korelasi yang didapatkan pada nitrogen organik menunjukkan pengaruh lemah dengan konsentrasi DO dengan pengaruh sebesar 29,3%. Sementara pada parameter nitrat dan nitrit menunjukkan pengaruh moderat dengan nilai 45% dan 66,3% terhadap DO. Adapun parameter yang menunjukkan pengaruh kuat dengan konsentrasi DO adalah amonium dengan persentase 72,2%, dan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti. Perbedaan nilai koefisien korelasi antara pengaruh DO terhadap parameter nitrogen diduga terjadi akibat perbedaan sistem aerasi dan transfer oksigen. Rata – rata peningkatan konsentrasi DO pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar menunjukkan nilai persentase yang lebih besar 18,4% dari PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.

Bila dilihat dari Gambar 4.11 dan Gambar 4.12, dapat dilihat bahwa analisis korelasi antara PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung memiliki pola yang serupa. Analisis korelasi untuk menunjukkan pengaruh DO terhadap nitrat, nitrit, dan nitrogen organik menunjukkan hubungan positif, sementara pengaruh DO terhadap amonium menunjukkan hubungan negatif. Kecenderungan lain yang dapat dilihat dari Gambar 4.11 hingga Gambar 4.12 adalah kadar nitrogen organik terukur yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan nitrogen anorganik (amonium, nitrat, dan nitrit). Hal ini dapat disebabkan oleh adanya asimilasi nitrogen, yakni transformasi nitrogen anorganik menjadi nitrogen organik yang dilakukan oleh bakteri autotrof dan tumbuhan (Effendi, 2003).

Selain peningkatan kadar oksigen terlarut dari unit aerasi, terdapat perbedaan sistem pengolahan yang dapat mempengaruhi fluktuasi nitrogen yakni pre-klorinasi dan disinfeksi. Pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, dilakukan penerapan pre-klorinasi dan disinfeksi menggunakan gas klor. Sementara pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung hanya menerapkan disinfeksi gas klor. Klor memiliki pengaruh terhadap nitrogen melalui *Breakpoint Chlorination* (BPC) yang merupakan penentuan jumlah optimum klor. Penambahan klor secara terus menerus, akan bereaksi dengan zat organik, amonia, dan senyawa pereduksi hingga mencapai *break point*. *Break point* merupakan keadaan dimana klor telah sepenuhnya bereaksi dengan seluruh zat organik dan amonia dalam air sehingga konsentrasinya akan menurun. Namun menurut Kumar (2013), hasil akhir *break point* selain penurunan amonia dan sisa klor sebagian besar adalah berupa gas nitrogen (N_2) dan nitrat (NO_3^-). Oleh karenanya dapat dilihat pada Tabel 4.3, kenaikan nitrat setelah injeksi gas klor pada reservoir yang menandakan terjadinya BPC.

Jika dilihat pada Tabel 4.4 pada hasil pemeriksaan kadar nitrogen PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, konsentrasi nitrat pada reservoir yang terus meningkat dapat dijelaskan melalui *Breakpoint Chlorination* (BPC). Adanya penambahan gas klorin pada pipa outlet filtrasi, memungkinkan terjadinya *break point* yang membentuk nitrat. Hal ini juga serupa dengan hasil pemeriksaan kadar nitrogen pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar yang menunjukkan peningkatan konsentrasi nitrat pada air hasil produksi. Sehingga pada penelitian ini dapat dibuktikan bahwa penambahan klor pengaruh terhadap fluktuasi parameter nitrogen. Selain itu, penambahan gas klor dapat membunuh bakteri yang membantuproses transformasi nitrogen terutama pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar yang memiliki pre-klorinasi. Namun jika dilihat dari hasil pengujian sisa klor, tidak dapat dideteksi adanya sisa klor pada unit aerasi yang merupakan unit pembubuhan gas klor. Tidak terdeteksinya sisa klor saat proses pre-klorinasi dapat membuktikan bahwa proses transformasi oksigen secara biologis tidak terganggu.

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4, dapat dihitung penyisihan nitrogen organik maupun anorganik sehingga dapat diketahui apakah sistem pengolahan di kedua IPAM telah beroperasi dengan baik. Pada sistem pengolahan di PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, didapatkan rata – rata penyisihan nitrogen anorganik sebesar 75,9% dan penyisihan nitrogen organik sebesar 79,5%. Rata – rata penyisihan nitrogen anorganik terdiri dari penyisihan amonium sebesar 71,9%, nitrat sebesar 79,4%, dan nitrit sebesar 76,3%. Sementara pada sistem pengolahan di PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, rata – rata penyisihan nitrogen anorganik adalah sebesar 63,7% dan penyisihan nitrogen organik sebesar 61,7%. Adapun penyisihan nitrogen anorganik terdiri atas 46,6% penyisihan amonium, 51,2% penyisihan nitrat, dan 93,4% penyisihan nitrit. Dari rata – rata tersebut, penyisihan nitrogen di PDAM Kota Denpasar lebih besar dibandingkan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Meski demikian, kedua unit pengolahan dapat dikatakan beroperasi dengan baik karena telah memenuhi baku mutu air minum.

4.1.3 Pemeriksaan Parameter Kekeruhan

Kekeruhan merupakan parameter yang dapat digunakan sebagai indikator kualitas air yang ditentukan oleh banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di air. Parameter kekeruhan merupakan salah satu parameter wajib Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan dengan batas maksimal 5 NTU sehingga diperlukan pemeriksaan untuk mengevaluasi air hasil produksi. Pemeriksaan kadar kekeruhan menggunakan metode nephelometri secara eksitu melalui UPT Balai Peralatan dan Pengujian

Provinsi Bali. Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 berikut merupakan hasil pemeriksaan kekeruhan pada masing-masing unit pengolahan:

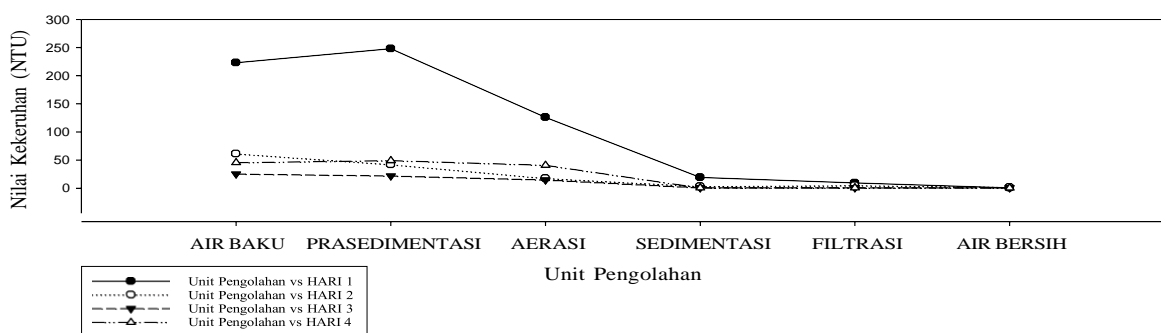
Tabel 4. 5 Pemeriksaan Kadar Kekeruhan IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	P	A	F+S	Fi	R
Kekeruhan	14 Maret 2022	NTU	223	248	126	19,2	9,48	0,53
	15 Maret 2022	NTU	61,2	41,9	17,4	3,16	4,71	1,42
	22 Maret 2022	NTU	25,3	21,8	14,6	0,53	0,54	0,53
	23 Maret 2022	NTU	45,4	49,2	40,7	0,56	0,52	0,49

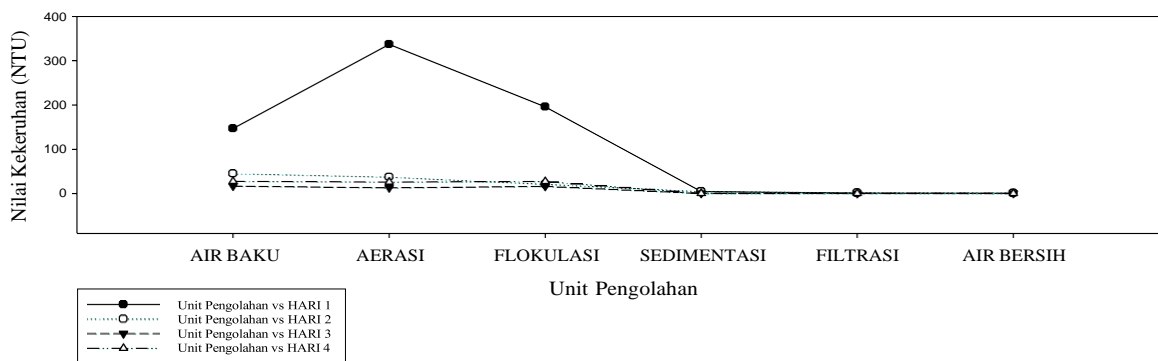
Tabel 4. 6 Pemeriksaan Kadar Kekeruhan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	A	F	S	Fi	R
Kekeruhan	14 Maret 2022	NTU	147	337	196	4,76	1,04	1,02
	15 Maret 2022	NTU	45,3	37,4	21,3	4,74	2,11	1,28
	22 Maret 2022	NTU	17,1	13,2	16,4	0,53	0,24	0,51
	23 Maret 2022	NTU	27,8	26,2	27,7	0,55	0,54	0,52

Berdasarkan data pada Tabel 4.5, kekeruhan air pada air baku PDAM Kota Denpasar memiliki nilai tertinggi 223 NTU dan nilai terendah 25,3 NTU. Sementara pada Tabel 4.6, kekeruhan air baku pada PDAM Kabupaten Badung berkisar antara 17,1 NTU hingga 147 NTU. Nilai kekeruhan tertinggi merupakan sampel air pada hari pertama, dimana pada hari sebelumnya terdapat hujan dengan curah yang tinggi yang mempengaruhi nilai kekeruhan. Menurut Lee *et al.* 2016, curah hujan yang tinggi dapat secara langsung menyebabkan erosi yang mengakibatkan limpasan dengan kekeruhan tinggi mengalir ke air permukaan. Jika dibandingkan, air baku pada *intake* PDAM Kota Denpasar cenderung lebih keruh daripada air baku pada *intake* PDAM Kabupaten Badung. Posisi *intake* PDAM Kota Denpasar yang lebih hilir menyebabkan kemungkinan adanya buangan limbah maupun penggerusan lapisan tanah yang masuk setelah melewati hulu, sehingga nilai kekeruhan menjadi lebih tinggi. Dari Tabel 4.5 dan Tabel 4.6, dapat disajikan grafik untuk melihat perbandingan pada setiap unit yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 berikut:



Gambar 4. 13 Grafik Kekeruhan PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar



Gambar 4. 14 Grafik Kekeruhan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Grafik kekeruhan pada Gambar 4.13, menunjukkan nilai kekeruhan PDAM Tirta Sewakadarma dan kinerja unit pengolahan dalam penyisihan kekeruhan. Peningkatan kekeruhan akibat curah hujan dapat mempengaruhi efisiensi unit prasedimentasi. Curah hujan tinggi yang tidak terprediksi akan menyebabkan kinerja unit prasedimentasi menjadi lebih berat dan membentuk lebih banyak produksi lumpur (Taghizadeh, 2018). Akibatnya, kadar kekeruhan terukur lebih tinggi karena tidak dilakukan pengurusan yang lebih rutin. Seperti terlihat pada Gambar 4.13, pada hari pertama penelitian, kekeruhan pada unit prasedimentasi lebih tinggi jika dibandingkan dengan air baku. Namun, di hari lainnya, terlihat grafik kekeruhan yang terus menurun dan terjadi penurunan yang signifikan pada unit aerasi.

Penurunan kekeruhan yang signifikan pada unit aerasi disebabkan oleh adanya penambahan koagulan. Pada sistem aerasi yang diterapkan di IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, terdapat dua buah pipa pada hulu dan hilir unit. Pipa pada hilir unit, merupakan pipa yang bertujuan untuk pembubuhan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) serta koagulan AID. Pembubuhan koagulan PAC dan AID dapat mengikat koloid sehingga dapat membentuk flok yang dapat menurunkan nilai kekeruhan. Pada unit lanjutan yakni sedimentasi dan filtrasi, nilai kekeruhan pun cenderung turun drastis. Penurunan nilai kekeruhan pada unit sedimentasi menggunakan pengendapan secara gravitasi, dimana flok hasil koagulasi flokulasi akan mengendap sebelum disaring dengan filter. Air hasil sedimentasi selanjutnya akan kembali disaring pada unit filtrasi untuk menghilangkan partikel sangat halus seperti flok dari partikel tersuspensi dan mikroorganisme. Jenis filtrasi yang digunakan pada IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma adalah saringan pasir cepat (*rapid sand filter*) single media pasir kuarsa dengan kecepatan 120 – 150 m³/m²/hr.

Sementara pada Gambar 4.14 yang menunjukkan grafik kekeruhan di PDAM Kabupaten Badung, terlihat bahwa penyisihan kekeruhan yang signifikan terjadi pada unit sedimentasi dan unit filtrasi. Meskipun terdapat perbedaan unit pengolahan antara PDAM Kabupaten Badung dan PDAM Kota Denpasar, efisiensi penyisihan kekeruhan secara keseluruhan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Air baku yang langsung dipompa menuju ke unit aerasi tanpa melalui unit prasedimentasi menunjukkan adanya penurunan nilai kekeruhan, kecuali pada hari pertama penelitian. Mekanisme aerasi yang membentuk turbulensi air, menyebabkan laju partikel sehingga kecepatan pengendapan cenderung lambat dan meningkatkan nilai kekeruhan. Serupa dengan sistem pengolahan pada PDAM Kota Denpasar, pembubuhan koagulan yakni *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dilakukan pada unit aerasi untuk mengikat koloid.

Jika dibandingkan dengan data monitoring pihak IPA, data dapat dikatakan berdistribusi normal. Adapun nilai rata – rata nilai kekeruhan diambil dari data monitoring bulan September dan Oktober 2021 pada intake PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung adalah $90,43 \pm 57,93$ NTU dan $108,66 \pm 86,78$ NTU. Sedangkan dari hasil data primer PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung didapatkan rata – rata kekeruhan yakni $43,96 \pm 17,99$ NTU dan $30,06 \pm 14,23$ NTU. Selanjutnya pada air hasil produksi, nilai rata – rata data monitoring dan data primer PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung adalah $1,31 \pm 0,34$ NTU dan $1,67 \pm 0,53$; $0,81 \pm 0,52$ NTU dan $0,77 \pm 0,44$ NTU. Data terbilang berdistribusi normal karena terdapat dalam jangkauan standar deviasi, namun pada data primer terdapat penyimpangan data akibat curah hujan yang tinggi mengakibatkan nilai kekeruhan yang cukup tinggi sehingga tidak dapat dimasukkan pada perhitungan rata – rata.

Perbandingan kinerja penyisihan kekeruhan antara PDAM Kota Denpasar dan PDAM Kabupaten Badung hanya memiliki selisih sebesar 0,6%. Penerapan sistem pengolahan di PDAM Kota Denpasar menyisihkan kekeruhan sebesar 98,5% dari nilai kekeruhan air baku, sementara di PDAM Kabupaten Badung penyisihan kekeruhan adalah sebesar 97,9%. Kedua sistem pun telah berhasil menyisihkan kekeruhan hingga memenuhi baku mutu yakni dibawah 5 NTU. Dari hasil penyisihan tersebut, kedua sistem pengolahan dapat dikatakan telah beroperasi dengan baik.

4.1.4 Pemeriksaan Parameter *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) di perairan merupakan muatan tersuspensi yang terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad renik yang berasal dari kikisan dan erosi tanah (Jiyah *et al.*, 2017). Parameter TSS tidak diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/2010, namun diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 terutama dalam penetapan baku mutu air peruntukan air minum. Kadar TSS untuk air kelas I baku mutu air sungai dan sejenisnya peruntukan air minum adalah 40 mg/L. Kadar TSS yang terlalu tinggi dapat menjadi indikasi adanya pencemaran. Pemeriksaan parameter TSS dilakukan untuk menilai apakah Sungai Ayung yang merupakan air baku IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung dapat digunakan sebagai baku mutu air minum. Pemeriksaan kadar TSS menggunakan metode gravimetri secara eksitu melalui UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali. Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut merupakan hasil pemeriksaan kekeruhan pada masing-masing unit pengolahan:

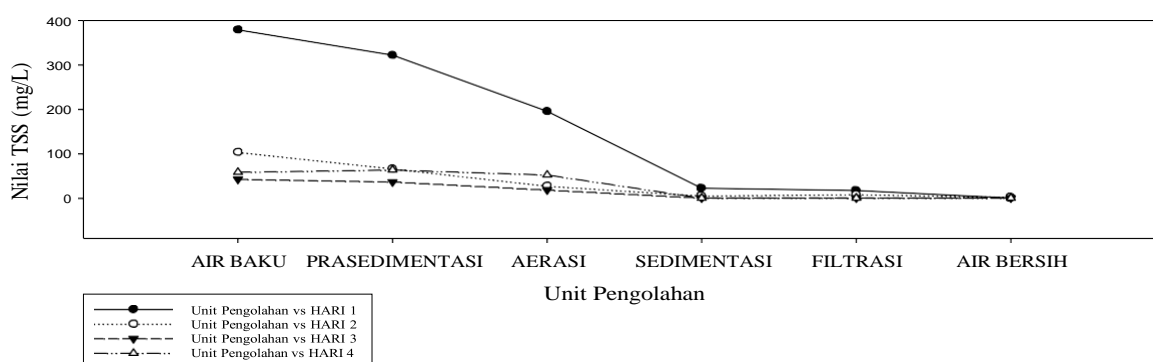
Tabel 4. 7 Pemeriksaan Kadar TSS IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	P	A	F+S	Fi	R
TSS	14 Maret 2022	mg/L	379	322	196	23	18	1
	15 Maret 2022	mg/L	104	67	28	6	9	3
	22 Maret 2022	mg/L	43	37	19	1	1	1
	23 Maret 2022	mg/L	59	64	53	1	1	1

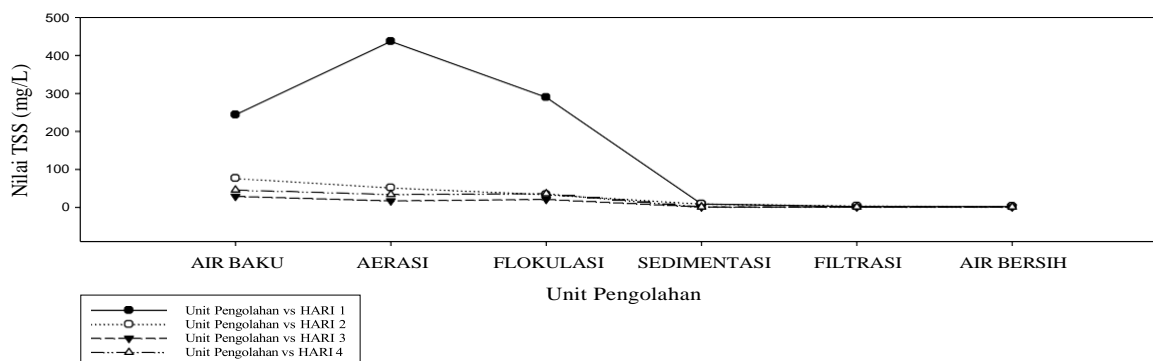
Tabel 4. 8 Pemeriksaan Kadar TSS IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	A	F	S	Fi	R
TSS	14 Maret 2022	mg/L	244	437	290	9	2	2
	15 Maret 2022	mg/L	77	52	34	9	4	3
	22 Maret 2022	mg/L	29	17	21	1	1	1
	23 Maret 2022	mg/L	46	34	36	1	1	1

Dari Tabel 4.7 dan Tabel 4.8, dapat disajikan grafik untuk melihat perbandingan pada setiap unit yang dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 berikut:



Gambar 4. 15 Grafik TSS PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar



Gambar 4. 16 Grafik TSS PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Mengacu pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16, nilai TSS pada Sungai Ayung berkisar antara 29 hingga 379 mg/L. Dari nilai tersebut, hanya terdapat satu hari penelitian pada Sungai Ayung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung yang memenuhi baku mutu dengan nilai 29 mg/L. Sementara pada hari penelitian lainnya, baik di PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar maupun PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, seluruh nilai TSS terukur pada intake tidak memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan karena nilainya melebihi 40 mg/L.

Penelitian yang dilaksanakan pada tanggal 14 Maret 2022 memiliki nilai TSS terukur yang lebih besar dibandingkan hari lainnya yang disebabkan oleh adanya curah hujan yang tinggi. Peningkatan kadar TSS saat curah hujan tinggi disebabkan oleh erosi atau kikisan tanah yang menyebabkan adanya limpasan menuju ke sungai. Namun terlihat pada Gambar 4.15,

bahwa nilai TSS pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar terus menurun pada setiap unitnya yang menandakan bahwa kinerja unit sudah cukup baik. Dari hasil perhitungan pun, sistem pengolahan PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar terhitung berhasil menyisihkan TSS sebesar rata – rata 98,2%. Kemudian jika dibandingkan dengan kinerja sistem PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, persentase penyisihan di PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar terukur lebih besar. Meski demikian, persentase penyisihan di PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung pun cukup tinggi dengan rata – rata 97,4%. Adapun kedua sistem yang menunjukkan efisiensi penyisihan yang telah lebih dari 90%, dapat dikatakan bahwa sistem operasi telah berjalan dengan baik dalam proses penyisihan TSS.

4.1.5 Pemeriksaan Parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) menyatakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk dekomposisi bahan organik (Atima, 2015). Semakin kecil nilai BOD, dapat disimpulkan bahwa kualitas perairan cukup baik karena mikroorganisme pengurai bahan organik tidak membutuhkan banyak oksigen untuk dekomposisi pencemar. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa nilai BOD untuk air kelas I baku mutu air sungai dan sejenisnya peruntukan air minum adalah 2 mg/L. Pada penelitian ini, pemeriksaan kadar BOD menggunakan metode SNI 06-6989.72-2009 secara eksitu melalui UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali. Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 berikut merupakan hasil pemeriksaan BOD pada masing-masing unit pengolahan:

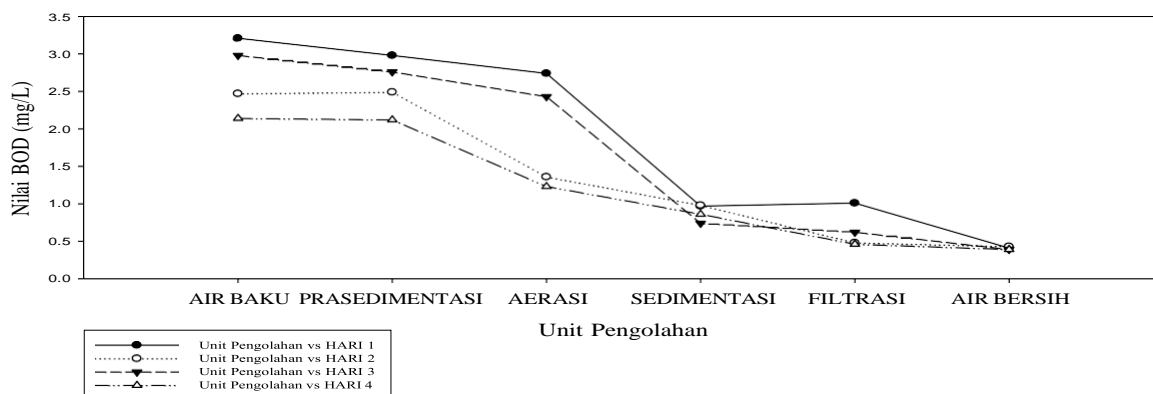
Tabel 4. 9 Pemeriksaan Kadar BOD IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	P	A	F+S	Fi	R
BOD	14 Maret 2022	mg/L	3,21	2,98	2,74	0,97	1,01	0,41
	15 Maret 2022	mg/L	2,47	2,49	1,36	0,98	0,48	0,43
	22 Maret 2022	mg/L	2,98	2,76	2,43	0,74	0,62	0,39
	23 Maret 2022	mg/L	2,14	2,12	1,23	0,86	0,46	0,39

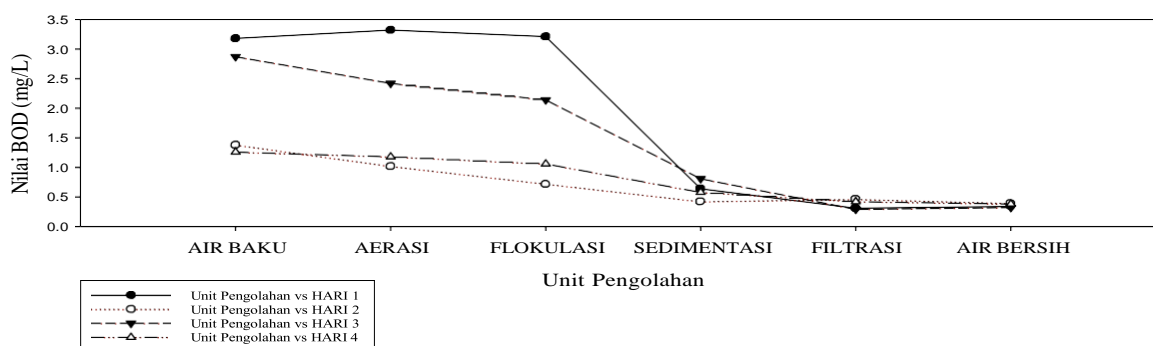
Tabel 4. 10 Pemeriksaan Kadar BOD IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	A	F	S	Fi	R
BOD	14 Maret 2022	mg/L	3,18	3,32	3,21	0,64	0,31	0,34
	15 Maret 2022	mg/L	1,38	1,02	0,72	0,42	0,46	0,39
	22 Maret 2022	mg/L	2,87	2,42	2,14	0,81	0,29	0,32
	23 Maret 2022	mg/L	1,26	1,18	1,06	0,58	0,42	0,38

Dari Tabel 4.9 dan Tabel 4.10, dapat disajikan grafik untuk melihat perbandingan pada setiap unit yang dapat dilihat pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 berikut:



Gambar 4. 17 Grafik Nilai BOD PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar



Gambar 4. 18 Grafik Nilai BOD PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Kadar BOD di perairan Sungai Ayung menunjukkan nilai berkisar 1,36 hingga 3,21 mg/L. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 yang menyatakan bahwa baku mutu BOD air kelas I adalah 2 mg/L, maka pada beberapa waktu Sungai Ayung sebagai sumber air baku belum dapat dikatakan memenuhi kriteria air kelas I. Pada Tabel 4.9, terlihat bahwa air baku pada *intake* PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar seluruhnya tidak memenuhi baku mutu berbeda dengan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Di hari kedua dan terakhir penelitian, nilai BOD pada air baku menunjukkan angka kurang dari 2 mg/L.

Secara spasial dari hulu ke hilir, yakni dari *intake* PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung ke *intake* PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar menunjukkan adanya peningkatan nilai BOD yang erat kaitannya dengan masuknya limbah domestik. Tingginya nilai BOD dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya adalah aktivitas manusia. Sungai Ayung tidak hanya dimanfaatkan sebagai sumber air baku, melainkan juga dimanfaatkan untuk kegiatan yang bersifat domestik. Lokasi sungai yang dekat dengan pemukiman, memungkinkan penduduk sekitar untuk membuang limbah secara langsung ke sungai. Dengan adanya oksigen, zat-zat organik yang berasal dari limbah kemudian akan teroksidasi oleh kegiatan bakteri aerob sehingga menyebabkan kenaikan nilai BOD.

Nilai BOD sangat berkaitan dengan COD karena keduanya menunjukkan kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik. Namun nilai BOD akan selalu lebih kecil jika dibandingkan dengan COD karena hanya merupakan kebutuhan oksigen secara biokimia untuk mengukur proses biologis. Meskipun jumlahnya di perairan selalu lebih kecil dibandingkan COD, nilai BOD yang kurang dari satu pertiga nilai COD dapat menjadi indikasi adanya terlalu

banyak zat penangkap oksigen diluar zat organik. Zat penangkap tersebut salah satunya dapat berasal dari bahan anorganik seperti amonia dan amonium. Jika dilihat pada Tabel 4.7, air baku yang diolah oleh PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar memang tidak memiliki nilai BOD kurang dari satu pertiga COD. Adapun setelah air baku mulai dipompa menuju ke unit sedimentasi dan filtrasi, justru terdapat perubahan nilai BOD menjadi kurang dari satu pertiga nilai COD. Hal ini terjadi akibat adanya kenaikan konsentrasi amonium. Selain itu pada Tabel 4.8 pun dapat dilihat bahwa PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung juga memiliki pola serupa, dimana nilai BOD air baku tidak mencapai kurang dari satu pertiga COD melainkan mencapai kurang dari satu pertiga COD saat berada di unit pengolahan sedimentasi dan filtrasi.

Jika ditinjau dari perbedaan sistem pengolahan, yakni pada aerasi dan pre-klorinasi, penyisihan BOD dengan aerasi dan pre-klorinasi pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar lebih efektif jika dibandingkan dengan aerasi pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Injeksi gas klor pada hulu unit aerasi, memungkinkan adanya pengikatan senyawa organik sekaligus peningkatan konsentrasi oksigen terlarut. Seperti dapat dilihat pada Tabel 4.17, konsentrasi BOD mengalami penurunan pada unit aerasi yang bersamaan dengan kenaikan oksigen pada unit yang sama (mengacu pada Tabel 4.1). Jika dibandingkan dengan penyisihan pada unit aerasi PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, penyisihan konsentrasi BOD tidak sebesar PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar yang sekaligus membuktikan hubungan injeksi klor dengan BOD. Penurunan konsentrasi BOD juga terjadi pada reservoir PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar karena pada pipa filtrasi dilakukan tambahan injeksi gas klor sebagai disinfektan.

Walaupun tidak termasuk dalam parameter yang diuji dalam pemeriksaan kualitas air minum, pemeriksaan BOD tetap perlu dilakukan untuk melihat tingkat pencemaran sumber air baku. Meskipun pada beberapa waktu perairan Sungai Ayung tidak memenuhi baku mutu air baku, namun tingkat pencemarannya tidak dapat dikatakan berat. Selain itu, kinerja unit pengolahan di PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung pun telah berhasil menurunkan nilai BOD sebesar masing – masing 84,6% dan 79,9%. Parameter BOD juga dapat dikonversi dalam permanganat value $KMnO_4$ yang merupakan parameter bahan organik dalam syarat kualitas air minum. Dari hasil konversi, didapatkan nilai BOD yang telah memenuhi baku mutu yakni kurang dari 10 mg/L.

4.1.6 Pemeriksaan Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) menunjukkan jumlah oksigen untuk mengurai seluruh bahan organik, baik yang mudah terurai hingga kompleks dan sulit terurai. Dengan menunjukkan jumlah oksigen dari seluruh bahan organik, maka selisih antara nilai COD dan BOD dapat menunjukkan nilai bahan organik kompleks. Oleh karenanya, nilai COD selalu lebih besar dibandingkan nilai BOD. Nilai COD dapat memberi gambaran mengenai kualitas air dilihat dari nilai bahan organik kompleks. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa nilai COD untuk air kelas I baku mutu air sungai dan sejenisnya peruntukan air minum adalah 10 mg/L. Pada penelitian ini, pemeriksaan kadar COD menggunakan metode spektrofotometri secara eksitu melalui UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali. Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 berikut merupakan hasil pemeriksaan COD pada masing-masing unit pengolahan:

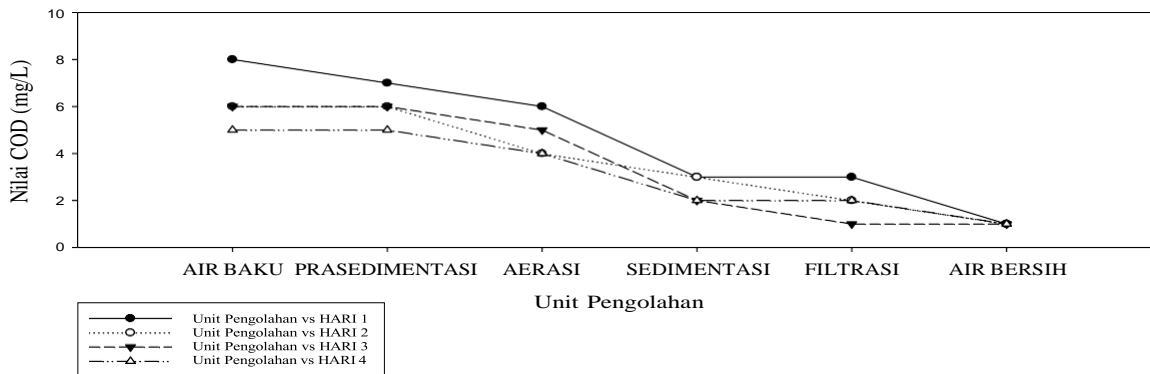
Tabel 4. 11 Pemeriksaan Kadar COD IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	P	A	F+S	Fi	R
COD	14 Maret 2022	mg/L	8	7	6	3	3	1
	15 Maret 2022	mg/L	6	6	4	3	2	1
	22 Maret 2022	mg/L	6	6	5	2	1	1
	23 Maret 2022	mg/L	5	5	4	2	2	1

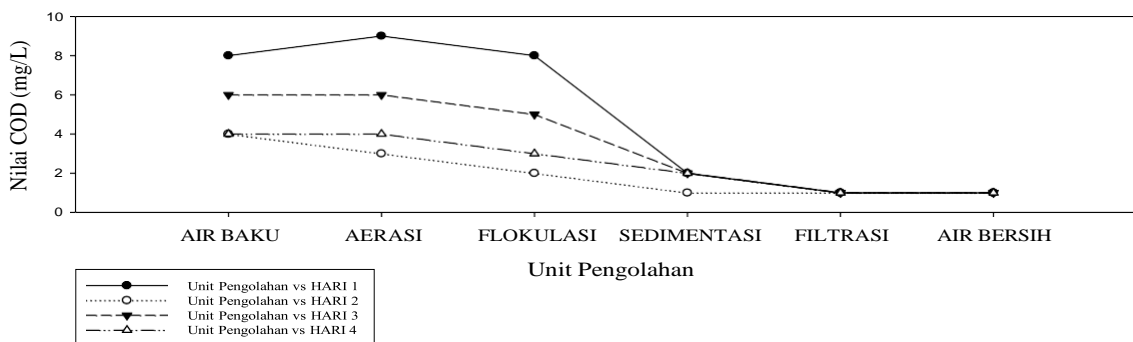
Tabel 4. 12 Pemeriksaan Kadar COD IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	A	F	S	Fi	R
COD	14 Maret 2022	mg/L	8	9	8	2	1	1
	15 Maret 2022	mg/L	4	3	2	1	1	1
	22 Maret 2022	mg/L	6	6	5	2	1	1
	23 Maret 2022	mg/L	4	4	3	2	1	1

Dari Tabel 4.11 dan Tabel 4.12, dapat disajikan grafik untuk melihat perbandingan dan fluktuasi nilai COD pada setiap unit yang dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 berikut:



Gambar 4. 19 Grafik Nilai COD PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar



Gambar 4. 20 Grafik Nilai COD PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar COD yang perairan Sungai Ayung berkisar 8 – 54 mg/L. Ditinjau dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, Sungai Ayung dapat dikatakan layak digunakan sebagai sumber air baku air minum berdasarkan ambang batas air kelas I adalah 10 mg/L. Jika ditinjau dari perbandingan nilai BOD₅ pun, keseluruhan rasio BOD/COD adalah > 0,4. Nilai rasio BOD/COD dapat menentukan biodegradabilitas dari bahan organik yang ada di perairan. Jika rasio bernilai > 0,1 maka pencemar di perairan bersifat *biodegradable*. Sebaliknya, jika < 0,1 maka pencemar bersifat *non biodegradable* dan sulit untuk diolah secara biologis.

Dalam penelitian ini, nilai COD terukur lebih besar dibandingkan nilai BOD. Hal ini didukung oleh penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa nilai COD merupakan total keseluruhan dari pengotor TSS, zat organik, hingga zat kimia yang memakan oksigen (*oxygen scavenger*). Sementara, nilai BOD hanya menunjukkan jumlah TSS dan zat organik. Kecenderungan yang membedakan nilai COD antara PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, dapat terlihat pada nilai COD di air baku. Nilai COD pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung cenderung lebih kecil pada beberapa hari. Hal ini karena secara spasial nilai COD akan meningkat dari hulu menuju hilir. Adanya limpasan air hingga masuknya beban pencemar akan meningkatkan konsentrasi COD. Jika dibandingkan, nilai BOD dan COD memiliki hubungan berbanding lurus. Oleh karenanya jika konsentrasi COD ditinjau dari perbedaan unit pengolahan, akan terdapat analisis yang serupa dengan konsentrasi BOD. Serupa dengan BOD, penyisihan COD pada unit aerasi yang diinjeksikan gas klor pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar lebih efektif dibandingkan tanpa pre-klorinasi seperti PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.

Walaupun tidak termasuk dalam parameter yang diuji dalam pemeriksaan kualitas air minum, Parameter COD dapat dikonversi dalam permanganat value KMnO₄ yang merupakan parameter bahan organik dalam syarat kualitas air minum. Dari hasil konversi, didapatkan nilai COD yang telah memenuhi baku mutu yakni kurang dari 10 mg/L. Pada air baku pemeriksaan COD tetap perlu dilakukan untuk menentukan tingkat pencemaran. Seperti dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12, seluruh nilai COD terutama pada air baku telah memenuhi baku mutu. Kinerja unit pengolahan di PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung pun telah berhasil menurunkan nilai COD secara signifikan masing – masing 83,5% dan 80,2%.

4.1.7 Pemeriksaan Parameter Total Koliform

Total koliform merupakan salah satu parameter yang dapat mengidentifikasi adanya kontaminasi limbah domestik dan indikator adanya bakteri patogen lainnya (Anisafitri *et al.*, 2020). Total koliform dibagi dalam dua golongan yakni koliform fekal dan non fekal koliform. koliform fekal berasal dari sistem pencernaan/tinja manusia sementara non fekal koliform berasal dari hewan/tanaman yang telah mati. Parameter total koliform merupakan salah satu parameter wajib (mikrobiologi) Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang langsung berhubungan dengan kesehatan dengan batas 0 jumlah per 100 ml sampel. Pada penelitian ini, pemeriksaan parameter total koliform dilakukan dengan pertimbangan lokasi sumber air baku yang dekat dengan pemukiman sehingga berpotensi tercemar. Pemeriksaan total koliform dilakukan dengan metode *Most Probable Number* (MPN) secara eksitu melalui UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali. Tabel 4.13 dan Tabel 4.14 berikut merupakan hasil pemeriksaan pada masing-masing unit pengolahan:

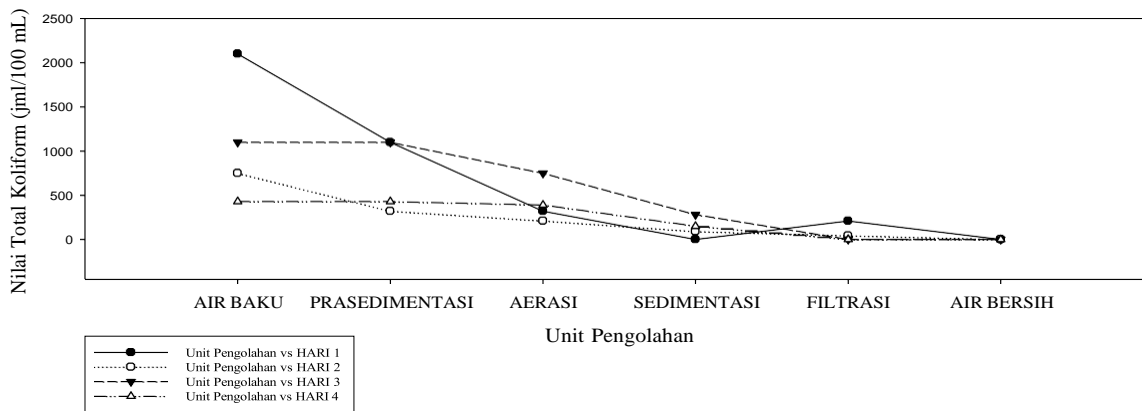
Tabel 4. 13 Pemeriksaan Total Koliform IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	P	A	F+S	Fi	R
Total Koliform	14 Maret 2022	jml/100 mL	2100	1100	320	0	210	0
	15 Maret 2022	jml/100 mL	750	320	210	90	43	0
	22 Maret 2022	jml/100 mL	1100	1100	750	280	0	0
	23 Maret 2022	jml/100 mL	430	430	390	150	0	0

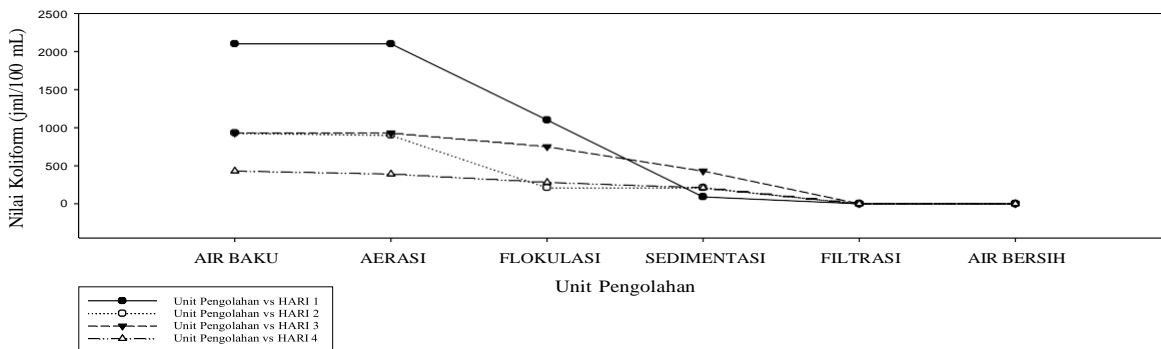
Tabel 4. 14 Pemeriksaan Total Koliform IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	A	F	S	Fi	R
Total Koliform	14 Maret 2022	jml/100 mL	2100	2100	1100	90	0	0
	15 Maret 2022	jml/100 mL	930	900	210	210	0	0
	22 Maret 2022	jml/100 mL	930	930	750	430	0	0
	23 Maret 2022	jml/100 mL	430	390	280	210	0	0

Dari Tabel 4.13 dan Tabel 4.14, dapat disajikan grafik untuk melihat perbandingan pada setiap unit yang dapat dilihat pada Gambar 4.21 dan Gambar 4.22 berikut:



Gambar 4. 21 Grafik Nilai Total Koliform PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar



Gambar 4. 22 Grafik Nilai Total Koliform PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Berdasarkan Tabel 4.13 dan Tabel 4.14, hasil pemeriksaan total koliform pada *intake* berkisar antara 430 hingga 2100 per 100 mL. Pada penelitian ini pengambilan sampel pada *intake* dilakukan pada pagi hari pukul 09.00 WITA untuk sampel *intake* PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan pukul 11.00 WITA untuk sampel *intake* PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, sehingga diperkirakan terjadi aktivitas manusia yang menyebabkan tingginya nilai koliform. Selain aktivitas manusia, keberadaan total koliform juga dipengaruhi faktor lingkungan seperti suhu, ketersediaan oksigen, sinar matahari, pH, dan disinfektan. Seperti terlihat pada Gambar 4.21 nilai koliform pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, air yang telah melalui proses pengolahan mengalami kecenderungan penurunan nilai koliform.

Penurunan nilai koliform pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar yang cukup signifikan dapat dilihat pada proses aerasi. Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan gas klor pada hulu unit yang berfungsi sebagai pre-klorinasi yakni membunuh bakteri dan virus patogen. Jika dibandingkan dengan penurunan nilai koliform pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, penurunan nilai koliform unit aerasi pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung tidak signifikan yang menunjukkan bahwa terdapat korelasi penambahan klor sebagai pre-klorinasi dengan penurunan nilai koliform. Selanjutnya pada unit prasedimentasi PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar pun terjadi penurunan nilai koliform, meskipun tidak signifikan. Adanya penurunan jumlah sampah yang tertahan pada *bar screen* yang terdapat di *intake* dapat mempengaruhi kandungan total koliform.

Selanjutnya pada proses filtrasi di PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, nilai total koliform terus mengalami penurunan. Hal ini karena proses penyaringan melalui *sand filter* menggunakan media yang tebal, yakni media pasir kuarsa 100 cm. Media yang tebal memiliki waktu pengaliran lama dan daya saring yang besar sehingga kontak antar air dan pasir menjadi lebih lama dan meningkatkan penyisihan bakteri koliform (Maryani *et al.*, 2014). Pada hari pertama penelitian, terlihat bahwa nilai koliform pada filtrasi lebih besar dibandingkan unit sedimentasi. Hal ini terjadi akibat adanya perbedaan waktu pengambilan sampel dan pengaruh hujan. Pengambilan sampel pada unit filtrasi lebih dahulu dilakukan sebelum pengambilan sampel pada unit sedimentasi. Sementara, setelah pengambilan sampel pada unit filtrasi dilakukan pengurasan akibat curah hujan yang tinggi. Curah hujan yang tinggi pada hari sebelumnya menyebabkan kenaikan produksi lumpur yang mengarah pada perlunya proses pengurasan. Proses pengurasan diduga mempengaruhi kualitas air sehingga terdapat perbedaan nilai koliform. Saat proses pengurasan, dilakukan *backwash* pada media filter. *Backwash* merupakan sistem pencucian media filter dengan aliran air yang berlawanan arah dengan aliran air saat penyaringan. Setelah *backwash* selesai dan aliran kembali seperti semula, akan terjadi kenaikan konsentrasi polutan akibat kembalinya aliran. Hal tersebut dapat berpengaruh juga terhadap total koliform yang bertambah usai *backwash*.

Sementara pada Gambar 4.22 nilai koliform di PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, menunjukkan penurunan nilai total koliform hingga unit sedimentasi dan sudah mencapai baku mutu bahkan sebelum ditambahkan gas klor sebagai disinfektan. Meski tidak menggunakan pre-klorinasi, total koliform pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung dapat dimusnahkan pada unit filtrasi dan hal ini diyakini karena filter media yang digunakan. Filtrasi menggunakan media koral silika, pasir silika, dan antrasit dengan tebal masing – masing 50 cm, 25 cm, dan 45 cm dengan total tebal 120 cm. Menurut penelitian Maryani *et al.* (2014), variasi filter tebal 120 cm merupakan tebal media paling efisien dalam memusnahkan total koliform dengan efisiensi 99%. Semakin tebal media pasir, akan semakin lama waktu pengalirannya sehingga akan memperbesar daya saring dan penyisihan total koliform.

Sebelum air disalurkan menuju reservoir, pada kedua IPA dilakukan proses disinfeksi menggunakan gas klor yang menyebabkan seluruh bakteri koliform musnah. Jika ditinjau dari

kinerja sistem, baik IPA PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung telah berhasil menghilangkan 100% bakteri total koliform sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja sistem dalam pemusnahan bakteri total koliform telah baik. Musnahnya bakteri koliform telah sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang menyebutkan bahwa total koliform harus bernilai 0 jumlah per 100 ml sampel, sehingga dari parameter mikrobiologi air produksi telah dikatakan layak untuk didistribusikan.

4.1.8 Pemeriksaan Parameter Sisa Klor

Pada sistem pengolahan air minum, sisa klor diperlukan sebagai disinfektan yang bertujuan untuk membunuh bakteri dan virus yang masuk selama pendistribusian air. Sisa klor pada sistem distribusi diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 736/Menkes/Per/VI/2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum, dimana nilai maksimal sisa klor adalah 1 mg/L di outlet reservoir dan 0.2 mg/L pada titik terjauh jaringan distribusi. Pemeriksaan parameter sisa klor sangat erat hubungannya dengan pemusnahan bakteri patogen, oleh karenanya perlu dievaluasi untuk menghindari risiko patogenik. Pemeriksaan sisa klor dilakukan dengan metode spektrofotometri secara eksitu melalui UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali. Tabel 4.15 dan Tabel 4.16 berikut merupakan hasil pemeriksaan pada masing-masing unit pengolahan:

Tabel 4. 15 Pemeriksaan Sisa Klor IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	P	A	F+S	Fi	R
Sisa Klor	14 Maret 2022	mg/L	ND	ND	ND	0,42	ND	0,28
	15 Maret 2022	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,24	0,27
	22 Maret 2022	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,47	0,31
	23 Maret 2022	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,24	0,23

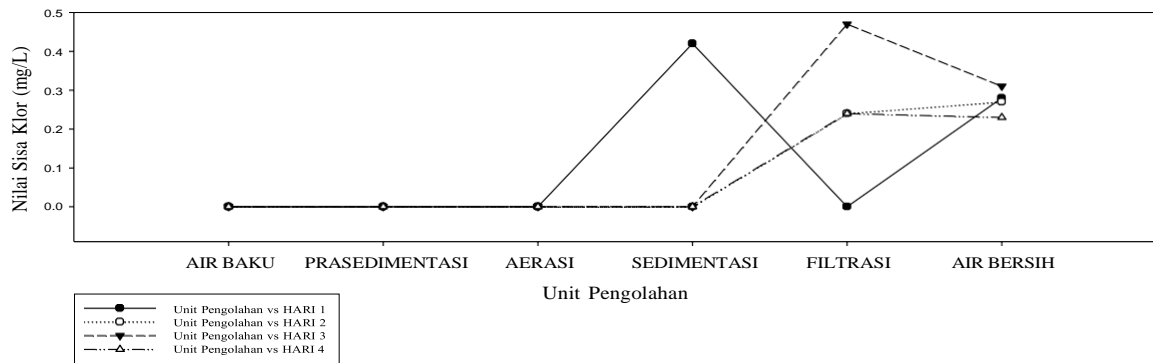
*ND (not detected) minimal detection limit 0.01 mg/L.

Tabel 4. 16 Pemeriksaan Sisa Klor IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

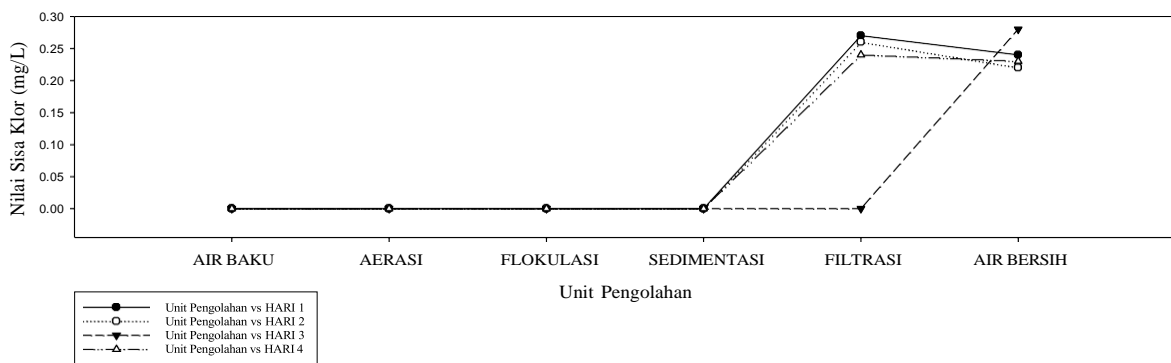
Parameter	Tanggal	Satuan	Unit Pengolahan					
			I	A	F	S	Fi	R
Sisa Klor	14 Maret 2022	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,27	0,24
	15 Maret 2022	mg/L	ND	ND	ND	ND	0,26	0,22
	22 Maret 2022	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	0,28
	23 Maret 2022	mg/L	ND	ND	ND	ND	ND	0,23

*ND (not detected) minimal detection limit 0.01 mg/L.

Dari Tabel 4.15 dan Tabel 4.16, dapat disajikan grafik untuk melihat perbandingan pada setiap unit yang dapat dilihat pada Gambar 4.23 dan Gambar 4.24 berikut:



Gambar 4. 23 Grafik Sisa Klor PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar



Gambar 4. 24 Grafik Sisa Klor PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung Mengacu

pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16, hasil pemeriksaan sisa klor berkisar kurang dari 0,01 hingga 0,42 mg/L. Pada reservoir PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, kadar sisa klor berkisar 0,23 hingga 0,31 mg/L. Sementara pada pemeriksaan sisa klor di reservoir PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung berkisar antara 0,22 hingga 0,28 mg/L, yang berarti kedua IPA telah memenuhi batas syarat Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 736/Menkes/Per/VI/2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum.

Pembubuhan klor pada sistem pengolahan air di IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dilakukan pada 2 (dua) titik, yakni pada unit aerasi dan setelah unit filtrasi. Pada unit aerasi, pipa gas klor dimasukkan ke air untuk menghindari penguapan dengan tujuan pre-klorinasi. Pre-klorinasi menargetkan sisa klor sebesar 0,01 ppm hingga unit filtrasi. Pada hasil pemeriksaan, dapat dilihat bahwa sisa klor pada unit filtrasi tidak dapat terdeteksi sehingga tidak dapat dikatakan memenuhi target. Selanjutnya, pembubuhan gas klor juga dilakukan setelah unit filtrasi sebelum memasuki reservoir. Pembubuhan gas klor pada tahap ini bertujuan untuk disinfeksi dan membunuh seluruh bakteri patogen dengan target sisaklor yang lebih besar yakni 0,5 hingga 0,8 ppm. Namun jika dilihat dari hasil pemeriksaan, sisaklor tidak mengalami kenaikan yang signifikan bahkan beberapa mengalami penurunan nilai dari unit filtrasi akibat oksidasi.

Berbeda dengan pengolahan air di PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung hanya menambahkan gas klor sebanyak satu kali yakni pada pipa setelah filtrasi sebelum memasuki reservoir. Namun bila dilihat pada Tabel 4.16 terlihat adanya sisa klor pada unit filtrasi sedangkan injeksi gas klor dilakukan setelah unit filtrasi. Hal tersebut dapat terjadi akibat proses *backwash* atau pencucian media filter yang dilakukan menggunakan air hasil produksi yang telah melalui proses disinfeksi sehingga saat

pemeriksaan sisa klor pada unit filtrasi terdapat deteksi sisa klor. Meski injeksi gas klor hanya dilakukan setelah filtrasi, PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung telah memenuhi batas syarat kesehatan sisa klor pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 736/Menkes/Per/VI/2010 tentang Tata Laksana Pengawasan Kualitas Air Minum dan telah berhasil memusnahkan bakteri patogen.

Penurunan sisa klor dapat terjadi akibat reaksi sisa klor dengan hidrogen sulfida dan senyawa organik melalui celah pipa pada sambungan yang tidak terpasang dengan baik (Afrianita *et al.*, 2016). Meski demikian, jangkauan nilai sisa klor pada reservoir di kedua IPA sudah tergolong memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 736/Menkes/Per/VI/2010 dan telah mampu membunuh bakteri patogenik total koliform hingga memenuhi baku mutu 0 per 100 mL, sehingga dapat disimpulkan bahwa efisiensi proses disinfeksi adalah 100%.

4.2 Analisis Unit

Analisis unit dilakukan untuk mendapat nilai efisiensi dari tiap unit sehingga dapat ditentukan kinerja unit yang perlu ditingkatkan. Kinerja pada masing – masing unit ditinjau dalam penyisihan parameter amonium, nitrat, nitrit, nitrogen organik, kekeruhan, *Total Suspended Solid* (TSS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan kandungan mikrobiologi (total koliform). Sementara pada parameter sisa klor, tidak dilakukan perhitungan penyisihan karena nilainya akan meningkat akibat diinjeksikan untuk disinfeksi.

4.2.1 Analisis Unit Pengolahan PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Nilai efisiensi pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar diseluruh parameter dihitung menggunakan data hasil uji laboratorium pada *intake* (I), prasedimentasi (P), aerasi (A), flokulasi sedimentasi (F+S), filtrasi (Fi), dan reservoir (R). Uji laboratorium dilakukan selama 4 (empat) hari secara eksitu melalui UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali. Tabel 4.17 hingga Tabel 4.21 berikut merupakan rekapitulasi penyisihan parameter pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar:

Tabel 4. 17 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Hari Pertama

Parameter	Satuan	Efisiensi Penyisihan (%)						
		I	P	A	F+S	Fi	R	Total
Amonium	mg/L	-	15,4	45,5	66,7	50,0	-400	61,5
Nitrat	mg/L	-	16,8	90,4	-366,7	7,1	69,2	89,4
Nitrit	mg/L	-	4,0	12,5	83,3	40,0	85,7	98,8
N-organik	mg/L	-	15,9	74,4	-48,3	8,1	70,2	91,2
Kekeruhan	NTU	-	-11,2	49,2	84,8	50,6	94,4	99,8
TSS	mg/L	-	15,0	39,1	88,3	21,7	94,4	99,7
BOD	mg/L	-	7,2	8,1	64,6	-4,1	59,4	87,2
COD	mg/L	-	12,5	14,3	50,0	0	66,7	87,5
Total koliform	jml/100 mL	-	47,6	70,9	100	0	100	100

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Hari Kedua

Parameter	Satuan	Efisiensi Penyisihan (%)						Total
		I	P	A	F+S	Fi	R	
Amonium	mg/L	-	0	91,7	-500	-116,7	84,6	83,3
Nitrat	mg/L	-	79,0	68,3	-169,2	84,3	-290,9	89,0
Nitrit	mg/L	-	58,9	75,7	66,7	-66,7	80,0	98,9
N-organik	mg/L	-	74,1	73,0	-111,8	66,7	-83,3	91,0
Kekeruhan	NTU	-	31,5	58,5	81,8	-49,1	69,9	97,7
TSS	mg/L	-	35,6	58,2	78,6	-50,0	66,7	97,1
BOD	mg/L	-	-0,8	45,4	27,9	51,0	10,4	82,6
COD	mg/L	-	0	33,3	25,0	33,3	50,0	83,3
Total koliform	jml/100 mL	-	57,3	34,4	57,1	52,2	100	100

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Hari Ketiga

Parameter	Satuan	Efisiensi Penyisihan (%)						Total
		I	P	A	F+S	Fi	R	
Amonium	mg/L	-	28,6	0,0	20,0	50,0	50,0	85,7
Nitrat	mg/L	-	18,5	43,4	3,6	-2,8	8,1	58,0
Nitrit	mg/L	-	12,9	-70,4	32,6	16,1	-7,7	9,7
N-organik	mg/L	-	15,2	29,4	11,8	3,5	5,8	52,0
Kekeruhan	NTU	-	13,8	33,0	96,4	-1,9	1,9	97,9
TSS	mg/L	-	14,0	48,6	94,7	0,0	0,0	97,7
BOD	mg/L	-	7,4	12,0	69,5	16,2	37,1	86,9
COD	mg/L	-	0,0	16,7	60,0	50,0	0,0	83,3
Total koliform	jml/100 mL	-	0,0	31,8	62,7	100	100	100

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Hari Keempat

Parameter	Satuan	Efisiensi Penyisihan (%)						Total
		I	P	A	F+S	Fi	R	
Amonium	mg/L	-	-14,3	50,0	-25,0	-80,0	66,7	57,1
Nitrat	mg/L	-	40,1	44,5	11,0	11,1	29,2	81,4
Nitrit	mg/L	-	16,3	82,9	28,6	40,0	66,7	98,0
N-organik	mg/L	-	44,4	48,3	1,1	11,0	35,8	83,8
Kekeruhan	NTU	-	-8,4	17,3	98,6	7,1	5,8	98,9
TSS	mg/L	-	-8,5	17,2	98,1	0,0	0,0	98,3
BOD	mg/L	-	0,9	42,0	30,1	46,5	15,2	81,8
COD	mg/L	-	0,0	20,0	50,0	0,0	50,0	80,0

Parameter	Satuan	Efisiensi Penyisihan (%)						Total
		I	P	A	F+S	Fi	R	
Total koliform	jml/100 mL	-	0.0	9,3	61,5	100	100	100

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Efisiensi Rerata Penyisihan Parameter PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

Parameter	Satuan	Efisiensi Penyisihan (%)						Total
		I	P	A	S	F	R	
Amonium	mg/L	-	7,4	46,8	-109,6	-24,2	-49,7	71,9
Nitrat	mg/L	-	38,6	61,7	-130,3	24,9	-46,1	79,4
Nitrit	mg/L	-	23,0	25,2	52,8	7,4	56,2	76,3
N-organik	mg/L	-	37,4	56,3	-36,8	22,3	7,1	79,5
Kekeruhan	NTU	-	6,4	39,5	90,4	1,7	43,0	98,6
TSS	mg/L	-	14,0	40,8	89,9	-7,1	40,3	98,2
BOD	mg/L	-	3,7	26,8	48,0	27,4	30,5	84,6
COD	mg/L	-	3,1	21,1	46,3	20,8	41,7	83,5
Total koliform	jml/100 mL	-	26,2	36,6	70,3	63,1	100	100

Setelah dilakukan analisis unit melalui hasil uji sampel tiap parameter didapatkan efisiensi tiap unit dalam penyisihan parameter dan efisiensi penyisihan total yakni penyisihan total dari air baku pada *intake* hingga air produksi pada reservoir. Jika dilihat pada Tabel 4.17 hingga Tabel 4.20, terdapat efisiensi yang bernilai minus. Hal ini terjadi karena perhitungan didasarkan pada penyisihan parameter, namun pada beberapa parameter di beberapa unit terjadi peningkatan konsentrasi sehingga efisiensi terhitung bernilai minus. Akibat adanya kenaikan konsentrasi, maka efisiensi bernilai minus akan diabaikan. Berdasarkan Tabel 4.21, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan efisiensi penyisihan telah berada diatas 70% untuk seluruh parameter. Berdasarkan Tabel 4.17 hingga 4.20, dapat dilihat adanya rentang penyisihan pada masing – masing unit. Dengan mengabaikan efisiensi minus, unit prasedimentasi mampu menyisihkan parameter amonium sebesar 15,4 – 28,6%, parameter nitrat sebesar 16,8 – 79%, parameter nitrit sebesar 4 – 58,9%, dan parameter nitrogen organik sebesar 15,9 – 74,1%. Berdasarkan rentang penyisihan tersebut, unit prasedimentasi dapat dikatakan memiliki efisiensi cukup besar dalam penyisihan nitrogen anorganik dan nitrogen organik. Meskipun tujuan utama dari unit prasedimentasi adalah penyisihan pasir, lumpur, maupun material kasar lainnya, adanya pengaruh eksternal seperti konsentrasi oksigen terlarut dapat menyebabkan transformasi nitrogen dan memungkinkan adanya penyisihan. Unit prasedimentasi pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dapat menyisihkan kekeruhan sebesar 13,8 – 31,5% dan TSS sebesar 14 – 35,6%. Menurut Dewi *et al.* (2019), efisiensi penyisihan kekeruhan berkisar antara 65 – 70%. Hal ini menunjukkan bahwa unit prasedimentasi belum beroperasi secara optimal dalam penyisihan kekeruhan. Pada parameter lain yakni BOD dan COD, unit prasedimentasi mampu menyisihkan sebesar masing – masing 0,9 – 7,4% dan 12,5%.

Selanjutnya berdasarkan Tabel 4.17 hingga 4.20 juga dapat dilihat kinerja aerasi dalam transfer oksigen untuk penyisihan parameter nitrogen yang cukup besar. Unit aerasi dapat menyisihkan parameter amonium sebesar 45,5 – 91,7%, parameter nitrat sebesar 43,4 – 90,4%, parameter nitrit 12,5 – 82,9%, dan parameter nitrogen organik sebesar 29,4 – 74,4%. Parameter nitrogen organik dan nitrogen anorganik memiliki korelasi/berpengaruh terhadap oksigen

terlarut. Parameter nitrat, nitrit, dan nitrogen organik berbanding lurus dengan konsentrasi oksigen terlarut dan sebaliknya parameter amonium berbanding terbalik.

Pada unit aerasi, terjadi penyisihan kekeruhan, TSS, dan total koliform yang tidak memiliki fungsi untuk penyisihan parameter tersebut. Namun pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, unit aerasi dikombinasikan dengan penambahan gas klor pada hulu bak yang berfungsi sebagai pre-klorinasi dan juga penambahan PAC sebagai koagulan pada hilir bak. Parameter kekeruhan berhasil disisihkan sebesar 17,3 – 58,5%, sementara parameter TSS berhasil disisihkan sebesar 17,2 – 58,2%. Penggunaan koagulan PAC merupakan salah satu koagulan yang efektif menurunkan kekeruhan dan TSS dengan persentase penurunan lebih dari 90% (Widiyanti, 2018). Penyisihan kekeruhan dan TSS yang kurang dari 60% dapat memberi kesimpulan bahwa kinerja PAC pada unit aerasi belum optimal. Selanjutnya untuk parameter total koliform berhasil dimusnahkan hingga 9,3 – 70,9%. Penyisihan ini terbilang cukup tinggi karena penggunaan gas klor hanya 0,01 ppm. Selanjutnya efisiensi unit sedimentasi dinilai melalui penyisihan parameter kekeruhan dan TSS. Hal ini karena unit sedimentasi ditujukan untuk menyisihkan *suspended solid* menggunakan pengendapan secara gravitasi. Pada unit sedimentasi, parameter kekeruhan turun hingga 81,8 – 98,6% dan parameter TSS turun mencapai 78,6 – 98,1%. Berdasarkan persentase tersebut, unit sedimentasi dapat dikatakan telah optimal dan efisien dalam penyisihan kekeruhan dan TSS.

Pada unit filtrasi, terjadi mekanisme pemisahan zat padat halus hingga mereduksi kandungan bakteri menggunakan medium. Adapun parameter yang dapat disisihkan adalah kekeruhan, TSS, hingga bakteri. Efektivitas unit filtrasi dalam penyisihan bakteri total koliform berkisar antara 52,2 – 100%. Rentang tersebut sudah dikategorikan baik mengingat pada outlet filtrasi akan kembali diinjeksikan gas klor untuk membunuh seluruh bakteri koliform. Namun untuk penyisihan kekeruhan dan TSS, unit filtrasi hanya mampu menyisihkan dengan rentang nilai 7,1 – 50,6 dan 21,7%. Persentase ini terbilang lebih kecil dari kriteria desain filtrasi yang umumnya mampu menyisihkan hingga 90% kekeruhan. Berdasarkan persentase penyisihan kekeruhan dan TSS, unit filtrasi tidak dapat dikatakan sudah bekerja secara optimal. Air dari unit filtrasi selanjutnya akan disalurkan menuju reservoir dan dilakukan proses disinfeksi. Dilihat dari Tabel 4.17 hingga Tabel 4.20 bahwa saat air berada di reservoir, seluruh parameternya sudah memenuhi baku mutu.

Selanjutnya, analisis kinerja unit ditinjau melalui kebutuhan bahan kimia yakni kebutuhan gas klor dan penggunaan koagulan PAC serta koagulan AID. PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar mengoperasikan 5 (lima) pompa *intake* dengan debit pengaliran 600 L/detik. Namun pada operasionalnya, tidak semua pompa diaplikasikan sehingga debit pengaliran rata – rata \pm 500 L/detik. Dengan debit pengaliran tersebut, PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar membutuhkan 2.500 – 2.700 kg gas klor per bulan dan 57.750 kg koagulan PAC serta 3.300 kg koagulan AID yang merupakan koagulan tambahan untuk menggantikan 30% koagulan PAC (komposisi koagulan adalah 70% PAC dan 4% koagulan AID untuk mengganti 30% koagulan PAC). Jika dihitung, dosis gas klor yang dibutuhkan adalah sebesar 0,0019 kg/m³ sementara kebutuhan koagulan PAC dan koagulan AID masing-masing sebesar 0,044 kg/m³ dan 0,0025 kg/m³ sehingga kebutuhan total koagulan adalah sebesar 0,0465 kg/m³.

Pemakaian bahan kimia pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar terbilang efisien. Bila dilihat pada keseluruhan hasil uji, kualitas air baku yang digunakan oleh PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar mengandung beban pencemar yang lebih tinggikonsentrasinya jika dibandingkan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Meski mengandung beban pencemar yang lebih besar, namun secara keseluruhan pemakaian bahan kimia pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar lebih sedikit jika dibandingkan dengan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung dengan kualitas air hasil produksi yang setara.

Dosis koagulan yang lebih sedikit diakibatkan oleh penerapan proses pre-klorinasi. Pada dosis koagulan optimum, efisiensi penurunan beban pencemar seperti partikel organik dan anorganik penyebab kekeruhan cukup tinggi sehingga pemakaian klor menjadi lebih rendah. Injeksi gas klor dapat mengoksidasi bahan organik yang merupakan salah satu penyebab kekeruhan, sehingga beban kerja pada proses koagulasi pun berkurang yang linear dengan pengurangan dosis koagulan. Oleh karenanya, dapat dikatakan bahwa pemakaian bahan kimia pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar lebih efektif dan efisien dibandingkan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.

4.2.2 Analisis Unit Pengolahan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Nilai efisiensi kinerja unit pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung akan ditinjau berdasarkan data uji laboratorium pada *intake* (I), aerasi (A), flokulasi (F), sedimentasi (S), filtrasi (Fi), dan reservoir (R). Uji laboratorium dilakukan selama 4 (empat) hari secara eksitu melalui UPT Balai Peralatan dan Pengujian Provinsi Bali. Selanjutnya berikut merupakan rekapitulasi efisiensi penyisihan parameter uji pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung pada Tabel 4.22 hingga Tabel 4.26.

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung Hari Pertama

Parameter	Satuan	I	A	F	S	Fi	R	Total
Efisiensi Penyisihan (%)								
Amonium	mg/L	-	-22,2	0,0	81,8	-150,0	0,0	44,4
Nitrat	mg/L	-	72,3	-250,0	94,7	62,5	-16,7	97,7
Nitrit	mg/L	-	87,1	-611,4	95,5	85,7	0,0	99,4
n-organik	mg/L	-	77,0	-310,8	95,0	63,0	-11,8	98,0
kekeruhan	NTU	-	-129,3	41,8	97,6	78,2	1,9	99,3
TSS	mg/L	-	-79,1	33,6	96,9	77,8	0,0	99,2
BOD	mg/L	-	-4,4	3,3	80,1	51,6	-9,7	89,3
COD	mg/L	-	-12,5	11,1	75,0	50,0	0,0	87,5
Total koliform	jml/100 mL	-	0,0	47,6	91,8	100	0,0	100

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung Hari Kedua

Parameter	Satuan	I	A	F	S	Fi	R	Total
Efisiensi Penyisihan (%)								
Amonium	mg/L	-	33,3	50,0	-216,7	-36,8	69,2	55,6
Nitrat	mg/L	-	35,0	46,2	2,4	-41,5	-144,8	-18,3
Nitrit	mg/L	-	10,0	48,1	35,7	-33,3	75,0	90,0
n-organik	mg/L	-	28,4	49,1	-15,3	-36,8	-63,4	6,2
kekeruhan	NTU	-	17,4	43,0	77,7	55,5	39,3	97,2
TSS	mg/L	-	32,5	34,6	73,5	55,6	25,0	96,1
BOD	mg/L	-	26,1	29,4	41,7	-9,5	15,2	71,7
COD	mg/L	-	25,0	33,3	50,0	0,0	0,0	75,0
Total koliform	jml/100 mL	-	3,2	76,7	0,0	100	0,0	100

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung Hari Ketiga

Parameter	Satuan	Efisiensi Penyisihan (%)						Total
		I	A	F	S	Fi	R	
Amonium	mg/L	-	0,0	-50,0	66,7	0,0	0,0	50,0
Nitrat	mg/L	-	6,8	-21,7	57,1	61,1	-14,3	78,4
Nitrit	mg/L	-	9,8	13,5	59,4	46,2	57,1	92,7
n-organik	mg/L	-	7,1	-6,7	62,5	57,1	0,0	84,1
kekeruhan	NTU	-	22,8	-24,2	96,8	54,7	-112,5	97,0
TSS	mg/L	-	41,4	-23,5	95,2	0,0	0,0	96,6
BOD	mg/L	-	15,7	11,6	62,1	64,2	-10,3	88,9
COD	mg/L	-	0,0	16,7	60,0	50,0	0,0	83,3
Total koliform	jml/100 mL	-	0,0	19,4	42,7	100	0,0	100

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Efisiensi Penyisihan Parameter PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung Hari Keempat

Parameter	Satuan	Efisiensi Penyisihan (%)						Total
		I	A	F	S	Fi	R	
Amonium	mg/L	-	18,2	0,0	-11,1	20,0	12,5	36,4
Nitrat	mg/L	-	14,3	9,5	18,4	17,7	-2,0	46,9
Nitrit	mg/L	-	41,7	-19,0	76,0	0,0	50,0	91,7
n-organik	mg/L	-	21,1	0,9	36,0	11,3	6,3	58,5
kekeruhan	NTU	-	5,8	-5,7	98,0	1,8	3,7	98,1
TSS	mg/L	-	26,1	-5,9	97,2	0,0	0,0	97,8
BOD	mg/L	-	6,3	10,2	45,3	27,6	9,5	69,8
COD	mg/L	-	0,0	25,0	33,3	50,0	0,0	75,0
Total koliform	jml/100 mL	-	9,3	28,2	25,0	100	0,0	100

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Efisiensi Rerata Penyisihan Parameter PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Parameter	Satuan	Efisiensi Penyisihan (%)						Total
		I	A	F	S	Fi	R	
Amonium	mg/L	-	7,3	0,0	-19,8	-41,7	20,4	46,6
Nitrat	mg/L	-	32,1	-54,0	43,2	25,0	-44,4	51,2
Nitrit	mg/L	-	37,1	-142,2	66,7	24,6	45,5	93,4
n-organik	mg/L	-	33,4	-66,8	44,6	23,7	-17,2	61,7
kekeruhan	NTU	-	-20,8	13,7	92,5	47,5	-16,9	97,9
TSS	mg/L	-	5,2	9,7	90,7	33,3	6,3	97,4
BOD	mg/L	-	10,9	13,6	57,3	33,5	1,2	79,9
COD	mg/L	-	3,1	21,5	54,6	37,5	0,0	80,2

Parameter	Satuan	I	A	F	S	Fi	R	Total
		Efisiensi Penyisihan (%)						
Total	jml/100	-	3,1	43,0	39,9	100	0.0	100
koliform	mL	-	3,1	43,0	39,9	100	0.0	100

Setelah dilakukan analisis, dapat dilihat kinerja IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung pada Tabel 4.26. Secara keseluruhan, unit pengolahan pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung sudah beroperasi dengan efektif karena telah memenuhi baku mutu kualitas air minum Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum pada seluruh parameter uji. Meskipun telah berhasil memenuhi baku mutu, ditinjau dari segi efisiensi unit seperti pada Tabel 4.22 hingga Tabel 4.26 terdapat unit dengan efisiensi yang bernilai minus. Hal ini terjadi karena perhitungan didasarkan pada penyisihan parameter, namun pada beberapa parameter di beberapa unit terjadi peningkatan konsentrasi sehingga efisiensi terhitung bernilai minus. Akibat adanya kenaikan konsentrasi dan tidak terdapat penyisihan, maka efisiensi bernilai minus akan diabaikan.

Berbeda dengan sistem pengolahan PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar yang menerapkan unit prasedimentasi, PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung tidak menerapkan prasedimentasi melainkan air langsung dipompa menuju unit aerasi. Terdapat perbedaan tipe aerasi yang mempengaruhi efisiensi transfer oksigen, dimana pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung peningkatan transfer oksigen hanya sebesar 13,7% dari air baku. Oksigen terlarut memiliki pengaruh terhadap parameter uji nitrogen. Dalam proses transformasi nitrogen berupa nitrifikasi, keadaan aerob dibutuhkan oleh bakteri. Adanya transformasi nitrogen dapat menyisihkan amonium menjadi nitrit dan nitrat. Pada unit aerasi PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung rentang penyisihan parameter amonium, nitrat, dan nitrit adalah masing – masing 18,2 – 33,3%, 6,8 – 72,3%, dan 9,8 – 87,1% (dengan mengabaikan efisiensi minus). Sementara nitrogen organik yang berhasil disisihkan adalah 7,1 – 77%. Penyisihan nitrogen pada unit aerasi PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung terbilang lebih kecil jika dibandingkan dengan PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar yang diprediksi akibat perbedaan efisiensi transfer oksigen. Pada unit aerasi pun dilakukan pembubuhan PAC sebagai koagulan. Pembubuhan PAC digunakan untuk mengikat koloid dan membentuk flok yang dapat menyisihkan kekeruhan dan TSS. Namun, pembubuhan PAC pada unit aerasi tidak menyisihkan kekeruhan maupun TSS secara signifikan dengan rentang penyisihan masing – masing 5,8 – 22,8% dan 26,1 – 41,4%.

Penyisihan kekeruhan dan TSS terjadi paling besar pada unit sedimentasi. Unit sedimentasi mampu menyisihkan kekeruhan dengan rentang persentase penyisihan sebesar 77,7 – 98% dari unit sebelumnya. Sementara parameter TSS dapat disisihkan sebesar 73,5 – 97,2%. Rentang penyisihan tersebut dapat dikatakan tinggi karena telah mencapai lebih dari 70%, sehingga unit sedimentasi dapat dikatakan telah beroperasi optimal dalam penyisihan parameter kekeruhan dan TSS. Selanjutnya pada unit filtrasi, dapat dilihat dari Tabel 4.26 bahwa terjadi penyisihan 100% bakteri total koliform. Meski tidak melakukan injeksi gas klor seperti yang diterapkan oleh PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar, unit filtrasi mampu menyisihkan bakteri total koliform. Hal ini dapat terjadi akibat tebal media yang digunakan oleh PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung dengan perbandingan media koral silika, pasir silika, dan antrasit dengan tebal masing – masing 50 cm, 25 cm, dan 45 cm dengan total tebal 120 cm. Tebalnya media penyaringan dapat memperlama waktu tinggal dan memperbesar kemungkinan penyaringan bakteri. Selain itu, terdapat kemungkinan lain yakni penyisihan bakteri akibat sisa klor. Jika melihat Tabel 4.16, dapat terlihat bahwa terdapat sisa klor pada unit filtrasi sedangkan injeksi gas klor dilakukan setelah unit filtrasi. Hal ini dapat terjadi akibat penggunaan air hasil produksi (reservoir) untuk melakukan pencucian media (*backwash*), sehingga sisa klor pada air

hasil produksi terbawa menuju unit filtrasi. Selain bakteri total koliform, unit filtrasi didesain untuk dapat menyaring zat halus seperti kekeruhan. Namun, penyisihan kekeruhan maupun TSS pada unit ini hanya sebesar masing – masing 1,8 – 78,2% dan 0 – 77,8%. Berdasarkan rentang tersebut, unit filtrasi disimpulkan belum beroperasi secara optimal dalam penyisihan TSS dan kekeruhan namun telah optimal dalam penyisihan bakteri total koliform.

Selanjutnya, analisis kinerja unit ditinjau melalui kebutuhan bahan kimia yakni kebutuhan gas klor dan koagulan PAC. Adapun debit pengaliran rata – rata ± 120 L/detik dengan kebutuhan bahan kimia sebesar 2.000 kg gas klor per bulan dan ± 37.650 kg koagulan PAC. Jika dihitung, dosis gas klor yang dibutuhkan adalah sebesar $0,0063$ kg/m³ sementara kebutuhan koagulan PAC adalah sebesar $0,116$ kg/m³.

Kebutuhan bahan kimia ini terbilang lebih besar jika dibandingkan dengan PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dengan kualitas air baku yang lebih baik. Letak *intake* PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung berada di hulu sehingga beban pencemar lebih rendah jika dibandingkan dengan kualitas air di hilir. Dengan penggunaan bahan kimia yang lebih besar dengan kualitas air baku yang lebih baik, penggunaan bahan kimia PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung terbilang belum efisien dan masih dapat dioptimalkan.

4.3 Upaya Peningkatan

Secara keseluruhan, IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung telah menunjukkan kinerja yang efektif dan memenuhi baku mutu persyaratan air minum. Adapun upaya yang dapat ditingkatkan adalah data monitoring. Kedua IPA hanya melakukan pemeriksaan pada parameter wajib syarat air minum sebanyak 1 tahun sekali. Data monitoring yang lebih lengkap dapat menunjukkan kinerja IPA sehingga dapat diambil tindakan jika masih terdapat hasil yang kurang optimal.

Secara efisiensi, penggunaan kebutuhan bahan kimia pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung masih belum dapat dikatakan efisien. Kualitas air baku yang lebih baik dan debit pengolahan yang lebih kecil dibandingkan PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar memungkinkan pemakaian bahan kimia yang lebih sedikit. Adapun upaya peningkatan yang dapat ditawarkan adalah dengan menerapkan pre-klorinasi yang bertujuan untuk menyisihkan senyawa organik maupun bakteri patogen di awal proses. Penerapan pre-klorinasi ditawarkan sehingga saat proses disinfeksi beban polutan seperti senyawa organik sudah tersisihkan sebagian dan mempercepat proses *Breakpoint Chlorination* (BPC) yang akan berpengaruh terhadap penggunaan bahan kimia.

Selain itu, upaya peningkatan yang dapat dilakukan adalah pembangunan bangunan pengolahan lumpur. Saat ini lumpur hasil dari unit pengolahan masih dibuang menuju ke badan air. Hal tersebut dapat menyebabkan pencemaran karena pencemar dalam lumpur langsung dibuang ke badan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan dari tugas akhir ini antara lain:

1. Hasil evaluasi kinerja IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung dapat dibandingkan melalui perbedaan sistem pengolahan dan penyisihan parameter uji yakni sebagai berikut:
 - a. Secara keseluruhan IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung telah beroperasi dengan baik dan telah mampu memenuhi baku mutu persyaratan kualitas air minum. Namun jika dibandingkan IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma mampu menyisihkan parameter pencemar sebesar 71 – 100%, sementara IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung hanya mampu menyisihkan parameter dengan rata – rata penyisihan 46 – 100%.
 - b. Jika dibandingkan melalui efisiensi pemakaian bahan kimia, IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma lebih efisien dibandingkan IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Pada PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dibutuhkan $0,0019 \text{ kg/m}^3$ dosis gas klor dan $0,0465 \text{ kg/m}^3$ koagulan PAC dan AID, sementara pada PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung dibutuhkan $0,0063 \text{ kg/m}^3$ gas klor dan $0,116 \text{ kg/m}^3$ koagulan PAC.
2. Upaya peningkatan kinerja pengolahan pada IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung adalah dengan penerapan pre-klorinasi untuk penyisihan polutan di awal proses sehingga beban pencemar dapat diikat dan menurunkan pemakaian koagulan. Selain itu, upaya peningkatan yang dapat dilakukan pada kedua IPA adalah monitoring kualitas air secara komprehensif untuk mempertahankan kualitas air hasil produksi dan pembangunan bangunan pengolahan lumpur yang bertujuan untuk menyisihkan polutan pada lumpur sebelum kembali ke badan air.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel sebaiknya mempertimbangkan musim hujan dan musim kemarau sehingga tidak terdapat fluktuasi data yang berlebihan dan dapat diamati sehingga dapat ditentukan efektivitas unit dalam kedua musim.
2. Pada penelitian selanjutnya, dapat ditambahkan parameter lain yang juga disyaratkan untuk mendapat evaluasi kualitas air minum yang komprehensif.
3. Pada analisis dan pembahasan sebaiknya dibandingkan antara hasil uji parameter (data primer) dan data monitoring dari pihak IPA (data sekunder) sehingga dapat dipastikan bahwa data primer merupakan data dengan nilai beban pencemar yang normal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianita, R., Komala, P. S., & Andriani, Y. (2016). Kajian Kadar Sisa Klor di Jaringan Distribusi Penyediaan Air Minum Rayon 8 PDAM Kota Padang. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Lingkungan II*, 144–151.
- Alaerts, G., & Sumestri, S. (1987). *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional.
- Ambat, R. E., & Prasetyo, R. A. (2015). Perancangan Bak Prasedimentasi. *Potensi : Jurnal Sipil Politeknik*, 17(1), 23–29. <https://doi.org/10.35313/potensi.v17i1.518>
- Anisafitri, J., Khairuddin, K., & Rasmi, D. A. C. (2020). Analisis Total Bakteri Coliform Sebagai Indikator Pencemaran Air Pada Sungai Unus Lombok. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(3), 266–272. <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i3.1622>
- Arifiani, N. F., & Hadiwidodo, M. (2007). Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air Pdam Ibu Kota. *Jurnal PRESIPITASI*, 3(2), 78–85.
- Asrifah, D. (2015). Pengolah Air Backwash Tangki Filtrasi Menggunakan Proses Koagulasi Flokulasi Dan Sedimentasi (Studi Kasus Unit Pengolahan Air Bersih Rsup Dr. Sarjito). *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(1), 41–50. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol7.iss1.art4>
- Aswadi, M. (2006). Pemodelan Fluktuasi Nitrogen (Nitrit) Pada Aliran Sungai Palu. *Jurnal SMARTek*, 4(2), 112–125.
- Atima. (2015). BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science and Education*, 4(2), 159–169.
- Aziz, T., Pratiwi, D. Y., & Rethiana, L. (2013). Pengaruh Penambahan Tawas dan Kaporit Terhadap Parameter Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro. *Jurnal Teknik Kimia No. 3, Vol. 19, Agustus 2013*, 19(3), 55–65.
- Azizah, D. (2017). Kajian Kualitas Lingkungan Perairan Teluk Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. *Dinamika Maritim*, 6(1), 47–53.
- Bennefield, L. ., & Randall, C. W. (1980). *Biological Process Design for Wastewater Treatment*. Prentice-Hall, Inc.
- Boyd, C. E. (1982). *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*.
- Brooks, A. M. (1999). Breakpoint Chlorination as an Alternate Means of Ammonia-Nitrogen Removal at a Water Reclamation Plant. *Environmental Sciences and Engineering*.
- Budiman, A., Wahyudi, C., Irawati, W., & Hindarso, H. (2017). Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) Dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih. *Widya Teknik*, 7(1), 25–34. <http://journal.wima.ac.id/index.php/teknik/article/view/1258>
- Carosi, G., & Chanson, H. (2008). Turbulence Characteristics in Skimming Flows on Stepped Spillways. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 35(9), 865–880.
- Crittenden, J. C. (2012). *Coagulation and Flocculation In MHW's Water Treatment Principle and Design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Degremont. (1991). *Water Treatment Handbook* (5th edition). John Wiley & Sons, Inc.
- Dewi, M. R., Karnaningroem, N., & Mardiyanto, M. A. (2019). Study of Company X Mineral Water Production System by Using Hazard Analysis Critical Control Point Method. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 0(5), 502. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2019i5.6412>
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. PT Kanisius.
- Erna Widiyanti, S. (2018). Optimization of the Aluminum Sulfate and Pac (Poly Aluminum Chloride) Coagulant on Tello River Water Treatment. *Konversi*, 7(1), 1–5. <https://doi.org/10.31213/konv.7.1.1>
- Fair. (1968). *Water and Wastewater Engineering Vol 2. Water Purification and Wastewater*

- Treatment and Disposal* (I. John Wiley & Sons (ed.)).
- Fitriyah, & Maulana, Z. (2018). Teknologi Pengolahan Air Bersih menggunakan Media PAC. *Jurnal Jurnalis*, 1(1), 62–73.
- Gabriel, B. (1994). *Wastewater Microbiology*. John Wiley & Sons, Inc.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Hartini, E. (2012). *Jurnal Kesehatan Masyarakat Aerator Cascade And Bubble Method To Reduce Mangan*. 8(1), 42–50.
- Hartoto, D. ., Sunanisari, S., Syawal, M. S., Yustiawati, & Ridwansyah, I Nomosatryo, S. (1998). *Alternatif Tata Guna Danau Teluk Hasil-Hasil, Berdasar Sifat Limnologis*.
- Hassan Omer, N. (2020). Water Quality Parameters. *Water Quality - Science, Assessments and Policy*, 1–18. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89657>
- Hutagalung, H. A. R. (1997). *Metode Analisis Air Laut, Sedimen Dan Biota*. Puslitbang Oseanologi-LIPI.
- Indrayani, E., Nitimulyo, K. H., Hadisusanto, S., & Rustadi, R. (2015). Analisis Kandungan Nitrogen, Fosfor Dan Karbon Organik Di Danau Sentani - Papua. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 22(2), 217–225.
- Islami, B. B., Priadi, C. R., Adityosulindro, S., & Abdillah, A. (2019). Wastewater Disinfection Efficiency Using One- Step and Two-Step Chlorination. *MATEC Web of Conferences*, 280, 05015. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201928005015>
- Jiyah, Sudarsono, B., & Sukmono, A. (2017). Studi Distribusi Total Suspended Solid (Tss) Di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 41–47.
- Kawamura, S. (1991). *Integrated Design of Water Treatment Facilities* (1st ed). John Wiley & Sons, Inc.
- Kawamura, S. (2000). *Integrated Design of Water Treatment Facilities* (2nd Ed). John Wiley & Sons, Inc.
- Kumar, L. (2013). Study of Double Breakpoints During Chlorination of river Yamuna water , Delhi , India. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 5(7), 370–379. <https://doi.org/10.5897/IJWREE2012.0381>
- Lee, C. S., Lee, Y. C., & Chiang, H. M. (2016). Abrupt State Change of River Water Quality (Turbidity): Effect of Extreme Rainfalls and Typhoons. *Science of the Total Environment*, 557–558, 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.213>
- Lubis, Agustina; Inswiasri; Tugaswati, T. (1987). *20570-ID-Amonium-dalam-Air-Sumur-Penduduk.pdf*. 15(1), 21–25.
- Manuartha, I. K. A., Pascarani, D., & Purnamaningsih, E. (2016). Evaluasi Pelayanan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Mangutama Dalam Peningkatan Kepuasan Pelanggan(Studi Kasus Kecamatan Kuta Selatan Kabupaten Badung). *Jurnal Akademika*, 01(01), 1–15. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/citizen/article/view/20093>
- Mardiah, R. (2019). *Aplikasi Cascade Aerator untuk Penghilangan Fe dan Mn dalam Air Sumur Gali: Pengaruh Variasi Debit, Tinggi, dan Jumlah Bidang Kontak Cascade*. Universitas Sumatera Utara.
- Maryani, D., Maryani, D., Masduqi, A., & Moesriati, A. (2014). Pengaruh Ketebalan Media dan Rate filtrasi pada Sand Filter dalam Menurunkan Kekeruhan dan Total Coliform. *Jurnal Teknik ITS*, 3(2), D76–D81. <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/6906%0Ahttps://ejurnal.its.ac.id>
- Masduqi, A., & Assomadi, A. F. (2019). *Operasi & Proses Pengolahan Air* (Kedua). ITS Press.

- Maulana, L., Suprayogi, A., & Wijaya, A. (2015). Analisis Pengaruh Total Suspended Solid Dalam Penentuan Kedalaman Laut Dangkal Dengan Metode Algoritma Van Hengel Dan Spitzer. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(2), 139–148.
- Meirinawati, H. (2019). Transformasi Nitrogen Di Laut. *Oseana*, 42(1), 36–46. <https://doi.org/10.14203/oseana.2017.vol.42no.1.37>
- Munthe, S. A., Manurung, J., Studi, P., Masyarakat, K., Sari, U., Indonesia, M., Studi, P., Masyarakat, K., Aerator, W., Aerator, M. P., & Sumur, A. (2018). Analisa Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Metode Waterfall Aerator dan Multiple. *Jurnal Mutiara Kesehatan Masyarakat*, 3(2), 125–135.
- Ngatilah, Y., & Kurniawan, O. (2014). *Kebijakan Perbaikan Kualitas Air Sungai Pegirikan Dengan Metode Sistem Dinamik*.
- Oh, C., Ji, S., Cheong, Y., Yim, G., & Hong, J. H. (2016). Evaluation of Design Factors for a Cascade Aerator to Enhance The Efficiency of an Oxidation Pond for Ferruginous Mine Drainage. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 37(19), 2483–2493. <https://doi.org/10.1080/09593330.2016.1153154>
- Paena, Mudian; Suhaimi, R. A; Undu, M. C. (2015). Analisis Konsentrasi Oksigen Terlarut, Salinitas, dan Suhu pada Musim Hujan Terhadap Penurunan Kualitas Air Perairan Teluk Punduh Kab. Pesawaran Provinsi Lampung.Pdf. *Analisis Konsentrasi Oksigen Terlarut, Salinitas, dan Suhu Pada Musim Hujan Terhadap Penurunan Kualitas Air Perairan Teluk Punduh Kab. Pesawaran Provinsi Lampung*, 1–7.
- Pernitsky, D. J. (2003). Coagulation 101. *Associated Engineering*.
- Putri, W. A. E., Purwiyanto, A. I. S., Fauziyah, ., Agustriani, F., & Suteja, Y. (2019). Kondisi Nitrat, Nitrit, Amonia, Fosfat Dan Bod Di Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1), 65–74. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.18861>
- R, N. F., Hadiwidodo, M., & Rezagama, A. (2017). Pengolahan Lindi Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Aluminium Sulfat dan Metode Ozonisasi Untuk Menurunkan Parameter BOD , COD , dan TSS (Studi Kasus Lindi TPA Jatibarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–13. <https://media.neliti.com/>
- Rachmansyah, F., Utomo, S. B., & Sumardi. (2014). Perancangan dan Penerapan Alat Ukur Kekeruhan Air Menggunakan Metode Nefelometrik Pada Instalasi Pengolahan Air Dengan Multi Media Card (MMC) Sebagai Media Penyimpanan (Studi Kasus di PDAM Jember). *Jurnal Berkala Sainstek*, 2(1), 17–21.
- Rahmiati, R. (2020). Pemeriksaan Kualitas Air Minum Isi Ulang Secara Mikrobiologis. *Journal of Natural Sciences*, 1(1), 31–37. <https://doi.org/10.34007/jons.v1i1.141>
- Rizqiain Rahmatdani, & Afrianisa, R. D. (2021). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum di PT Hanarida Tirta Birawa Unit IPA 1 dan IPA 2. *Prosiding Step Plan*, 399–405. <https://ejurnal.itats.ac.id/stepplan/article/view/1600>
- Said, N. I. (2005). Metoda Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Penyediaan Air Domestik. *Jai*, 1(3), 239–250.
- Schullehner, J., Stayner, L., & Hansen, B. (2017). Nitrate, Nitrite, and Ammonium Variability In Drinking Water Distribution Systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(3), 1–9. <https://doi.org/10.3390/ijerph14030276>
- Setyowati, R. D. N. (2015). Status Kualitas Air Das Cisanggarung, Jawa Barat. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(1), 37–45. <https://doi.org/10.29080/alard.v1i1.32>
- Shekha, Y. A., & Al-Abaychi, J. K. (2010). Use of Water Quality Index and Dissolved Oxygen Saturation As Indicators of Water Pollution of Erbil Wastewater Channel and Greater Zab River. *Territorial Planning And The Local Development*, 13(2), 1–8.
- Siregar, S. (2020). *Pemetaan Kualitas Air Sumur Bor di Kecamatan Medan Sunggal Kota*

- Medan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Universitas Sumatera Utara.
- Smet, J., & Wijk-Sijbesma, C. Van. (2002). Small community water supplies : technology, people and partnership. In *IRC - International Water and Sanitation center*. https://www.ircwash.org/sites/default/files/Smet-2002-Small_TP40.pdf
- Subarijanti. (2005). *Pemupukan dan Kesuburan Perairan*. Universitas Brawijaya.
- Sudarma, I. M., & Widyantara, W. (2016). Persepsi Masyarakat Terhadap Ekosistem Daerah Aliran Sungai Ayung Menuju Sumberdaya Air Berkelanjutan. *Bumi Lestari Journal of Environment*, 16(2), 78. <https://doi.org/10.24843/blje.2016.v16.i02.p01>
- Susanti, E., & Hartati, A. (2003). Koagulasi Flokulasi Untuk Menurunkan Warna Dengan Koagulan PAC Pada Efluen Pengolahan Limbah Pencelupan Benang. *Jurnal Purifikasi*, 4(1), 37–42. <https://purifikasi.id/index.php/purifikasi/article/view/352>
- Taghizadeh, mohammad. (2018). Pre-Sedimentation Tank Effects on Water Treatment Unit Operation. *Environmental Quality*, 28(March), 35–42. <https://doi.org/10.6092/issn.2281-4485/7804>
- Widyaningsih, W., Supriharyono, S., & Widyorini, N. (2016). Analisis Total Bakteri Coliform Di Perairan Muara Kali Wisu Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 5(3), 157–164. <https://doi.org/10.14710/marj.v5i3.14403>
- Wijana S, I. M., Ernawati, N. M., & As-syakur, A. R. (2020). Status Mutu Air Sungai Ayung Berdasarkan Data Pemantauan Kualitas Air Tahun 2014-2018. *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 14(2), 143. <https://doi.org/10.24843/ejes.2020.v14.i02.p05>

LAMPIRAN

LAMPIRAN A
LAMPIRAN PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
NO.492/MENKES/PER/IV/2010 TENTANG PERSYARATAN KUALITAS AIR
MINUM



MENTERI KESEHATAN
 REPUBLIK INDONESIA

Lampiran
Peraturan Menteri Kesehatan
Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010
Tanggal : 19 April 2010

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

I. PARAMETER WAJIB

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂ ⁻)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃ ⁻)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kepadatan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	mg/l	0,6
	Nitrilotriacetic acid (NTA)	mg/l	0,2
c.	Pestisida		
	Alachlor	mg/l	0,02
	Aldicarb	mg/l	0,01
	Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,00003
	Atrazine	mg/l	0,002
	Carbofuran	mg/l	0,007
	Chlordane	mg/l	0,0002
	Chlorotoluron	mg/l	0,03
	DDT	mg/l	0,001
	1,2- Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	mg/l	0,001
	2,4 Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)	mg/l	0,03
	1,2-Dichloropropane	mg/l	0,04
	Isoproturon	mg/l	0,009
	Lindane	mg/l	0,002
	MCPA	mg/l	0,002
	Methoxychlor	mg/l	0,02
	Metolachlor	mg/l	0,01
	Molinate	mg/l	0,006
	Pendimethalin	mg/l	0,02
	Pentachlorophenol (PCP)	mg/l	0,009
	Permethrin	mg/l	0,3
	Simazine	mg/l	0,002
	Trifluralin	mg/l	0,02
	Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA		
	2,4-DB	mg/l	0,090
	Dichlorprop	mg/l	0,10
	Fenoprop	mg/l	0,009
	Mecoprop	mg/l	0,001
	2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid	mg/l	0,009
d.	Desinfektan dan Hasil Sampingannya		
	Desinfektan		
	Chlorine	mg/l	5
	Hasil sampingan		
	Bromate	mg/l	0,01
	Chlorate	mg/l	0,7
	Chlorite	mg/l	0,7
	Chlorophenols		
	2,4,6 -Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	mg/l	0,2
	Bromoform	mg/l	0,1
	Dibromochloromethane (DBCM)	mg/l	0,1
	Bromodichloromethane (BDCM)	mg/l	0,06
	Chloroform	mg/l	0,3

LAMPIRAN B
LAMPIRAN PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NO. 22 TAHUN
2021 TENTANG PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN PENGELOLAAN
LINGKUNGAN HIDUP



PRESIDEN
 REPUBLIK INDONESIA

LAMPIRAN VI
 PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
 NOMOR 22 TAHUN 2021
 TENTANG
 PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN
 PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

BAKU MUTU AIR NASIONAL

I. BAKU MUTU AIR SUNGAI DAN SEJENISNYA

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000	Tidak berlaku untuk muara
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	50	100	400	
4.	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
5.	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
6.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	

7. Kebutuhan . . .

SK No 097089 A



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 2 -

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
7.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
9.	Sulfat (SO_4^{2-})	mg/L	300	300	300	400	
10.	Klorida (Cl)	mg/L	300	300	300	600	
11.	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20	
12.	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
13.	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
14.	Total Nitrogen	mg/L	15	15	25	-	
15.	Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
16.	Fluorida (F^-)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
17.	Belerang sebagai H_2S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
18.	Sianida (CN)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
19.	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
20.	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
21.	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
22.	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
23.	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10	
24.	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
25.	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
26.	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	

27. Kobalt . . .

SK No 065355 A



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 3 -

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
27.	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
28.	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	-	-	-	
29.	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
30.	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	
31.	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
32.	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
33.	Kromium heksavalen (Cr-(VI))	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
34.	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
35.	Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	
36.	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02	
37.	Aldrin/ Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
38.	BHC	µg/L	210	210	210	-	
39.	Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
40.	DDT	µg/L	2	2	2	2	
41.	Endrin	µg/L	1	4	4	-	
42.	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
43.	Lindane	µg/L	56	-	-	-	
44.	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
45.	Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
46.	Fecal Coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000	
47.	Total Coliform	MPN/100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
48.	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil	
49.	Radioaktivitas						
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

II. BAKU . . .

SK No 065357 A

LAMPIRAN C
LAMPIRAN PERATURAN MENTERI KESEHATAN RI NO.
736/MENKES/PER/VI/2010 TENTANG TATA LAKSANA PENGAWASAN
KUALITAS AIR MINUM



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIC INDONESIA

Lampiran
Peraturan Menteri Kesehatan
Nomor : 736/Menkes/Per/VI/2010
Tanggal : 18 Juni 2010

I. INSPEKSI SANITASI

Inspeksi sanitasi dilakukan untuk air minum dengan sistem jaringan perpipaan, depot air minum, air minum bukan jaringan perpipaan. Apabila terjadi indikasi pencemaran, maka inspeksi sanitasi dapat dilakukan di semua unit mulai dari unit air baku, unit produksi, unit distribusi dan unit pelayanan.

Frekuensi inspeksi sanitasi dilakukan pada musim kemarau dan musim hujan. Lokasi titik dan frekuensi inspeksi sanitasi, serta cara penilaian ditentukan sebagai berikut:

- a. Lokasi titik dan frekuensi minimal inspeksi sanitasi untuk air minum dengan sistem jaringan perpipaan

Lokasi titik inspeksi sanitasi	Frekuensi inspeksi sanitasi per tahun
Daerah tangkapan (<i>catchment area</i>) untuk air baku berasal dari mata air	2
Tempat penyadapan mata air (<i>brncaptering</i>)	2
Daerah aliran sungai (DAS), untuk air baku yang berasal dari air permukaan	2
Pipa distribusi	2
Tandon air (<i>reservoir</i>)	2

- b. Lokasi titik dan frekuensi minimal inspeksi sanitasi untuk depot air minum.

Lokasi titik inspeksi sanitasi	Frekuensi inspeksi sanitasi per tahun
Tempat asal air baku	4
Alat pengangkut air baku (mobil tangki)	4
Tandon (untuk menyimpan air baku)	4
Pencucian galon (tempat dan cara pencucian wadah/galon yang akan diisi air minum)	4



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Dalam melakukan inspeksi sanitasi menggunakan formulir sebagaimana tercantum pada contoh Formulir I.

II. PENETAPAN JUMLAH DAN FREKUENSI PENGAMBILAN SAMPEL AIR MINUM

A. Penetapan Jumlah dan Frekuensi Pengambilan Sampel Air Minum Pada Pengawasan Eksternal.

Pengambilan sampel air minum dilaksanakan berdasarkan hasil inspeksi sanitasi sebagaimana terurai di atas, yaitu terhadap air minum dengan sistem jaringan perpipaan, depot air minum, dan air minum bukan jaringan perpipaan dengan risiko pencemaran sedang (S) dan rendah (R).

a. Air minum dengan sistem jaringan perpipaan.

Pengambilan sampel air minum dilaksanakan berdasarkan hasil laporan pengawasan internal penyelenggara air minum. Jumlah sampel dan frekuensi pengujian sampel air minum harus dilaksanakan berdasarkan jumlah penduduk yang dilayani pada jaringan distribusi sesuai dengan ketentuan minimal sebagai berikut:

Parameter	Frekuensi Pengujian	Jumlah sampel /parameter/jaringan distribusi		
		Jumlah penduduk yang dilayani		
		< 5000	< 5000 – 100.000	> 100.000
Fisik	Satu bulan sekali	1	1 per 5000 penduduk	1 per 10.000 penduduk ditambah 5 sampel tambahan
Mikrobiologi	Satu bulan sekali	1	1 per 5000 penduduk	1 per 10.000 penduduk ditambah 5 sampel tambahan
Sisa chlor*	Satu bulan sekali	1	1 per 5000 penduduk	1 per 10.000 penduduk ditambah 5 sampel tambahan



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Parameter	Frekuensi Pengujian	Jumlah sampel /parameter/jaringan distribusi		
		Jumlah penduduk yang dilayani		
		< 5000	< 5000 – 100.000	> 100.000
Kimia wajib	Enam bulan sekali	1	1 per 5000 penduduk	1 per 10.000 penduduk
Kimia tambahan**	Enam bulan sekali	1	1 per 5000 penduduk	1 per 10.000 penduduk

Keterangan:

* Sisa chlor diuji pada outlet reservoir dengan nilai maksimal 1 mg/l dan titik terjauh unit distribusi minimal 0,2 mg/l

** Parameter kimia tambahan yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah.

b. Depot air minum

Jumlah sampel dan frekuensi pengujian sampel air minum dilakukan terhadap air yang siap dimasukkan ke dalam galon/wadah air minum sesuai kebutuhan dengan ketentuan minimal sebagai berikut:

Parameter	Frekuensi pengujian	Jumlah sampel
Mikrobiologi	Satu bulan sekali	1
Fisika	Satu bulan sekali	1
Kimia Wajib	Enam bulan sekali	1
Kimia tambahan*	Enam bulan sekali	1

Keterangan:

* Parameter kimia tambahan yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah.

c. Air minum bukan jaringan perpipaan

Jumlah sampel dan frekuensi pengujian sampel air minum dilakukan sesuai kebutuhan dengan ketentuan minimal sebagai berikut:

LAMPIRAN D
LAMPIRAN DOKUMENTASI UNIT PENGOLAHAN IPA BELUSUNG PDAM TIRTA SEWAKADARMA KOTA DENPASAR



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar LA.1 Unit *Intake* (a), Prasedimentasi (b), Ruang kimia (c), Bak Pencampur (d), Klorinasi (e), dan Pompa koagulan (f) IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



Gambar LA.2 Unit Pengolahan (a), *Cascade aerator* (b), Sedimentasi (c), Filtrasi (d), dan Reservoir (e) IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

LAMPIRAN DOKUMENTASI UNIT PENGOLAHAN IPA BELUSUNG PDAM TIRTA MANGUTAMA KABUPATEN BADUNG

(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Gambar LA.3 Unit *Intake* (a), Bak pencampur kaogulan (b), Bak penampung koagulan (c), *Multiple plat form aerator* (d), Flokulasi (e), Sedimentasi (f), Filtrasi (g), Disinfeksi (h), dan Reservoir (i) IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

LAMPIRAN E HASIL ANALISIS UJI SAMPEL



ပိတောက်ပြည်နယ်
PEMERINTAH PROVINSI BALI
 မိမိပြည်ထောင်စုစွဲစီမံခန့်ခွဲရေးဦးစီးဌာန
DINAS PEKERJAAN UMUM, PENATAAN RUANG,
 ပိတောက်မြို့နယ် အထွေထွေ ပို့ဆောင်ရေး
PERUMAHAN DAN KAWASAN PERMUKIMAN
 အထွေထွေ ပို့ဆောင်ရေး ဦးစီးဌာန၊ ပိတောက် (ပိတောက်)၊ ပိတောက် (ပိတောက်)၊ ပိတောက် (ပိတောက်)
 JALAN BELITON NOMOR 2 DENPASAR – (80112), TELEPON (0361) 222883,
 WEBSITE : dispuprkim.baliprov.go.id EMAIL : puprkim@baliprov.go.id

Kode Sampel : 1-1-6/PMHS/2022
 Diterima tgl : 14 Maret 2022
 Jenis Sampel : Air Baku
 Penguji Lab : Tim Uji Air
 Asal Sampel : Denpasar

Kepada
 Yth. Anak Agung Wulan Reinata Iswari
 Kampus ITS Sukolilo-Surabaya
 di.
 Tempat

No	Parameter	Metode	Satuan	Inlet Intake	Outlet Pras	Aerasi	Outlet Sedimen	Filtrasi	Reservoir	Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010
1	Amonium	Spektrofotometri	mg/L	0,13	0,11	0,06	0,02	0,01	0,05	-
2	Nitrat	Spektrofotometri	mg/L	11,3	9,4	0,9	4,2	3,9	1,2	50,0
3	Nitrit	Spektrofotometri	mg/L	2,5	2,4	2,1	0,35	0,21	0,03	3,0
4	N-organik	Spektrofotometri	mg/L	13,81	11,62	2,98	4,42	4,06	1,21	-
5	Kekeruhan	Nephelometri	NTU	223	248	126	19,2	9,48	0,53	5
6	TSS	Gravimetri	mg/L	379	322	196	23	18	1	-
7	BOD	Potensiometri	mg/L	3,21	2,98	2,74	0,97	1,01	0,41	-
8	COD	Spektrofotometri	mg/L	8	7	6	3	3	1	-
9	Total Koliform	MPN	Jm/100mL	2.100	1.100	320	0	210	0	0
10	Sisa klor	Spektrofotometri	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,42	< 0,01	0,28	0,2 – 1*

KETERANGAN:

- Parameter yang diuji berdasarkan permintaan.
- Tahap pengambilan sampel di luar tanggung jawab UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
- Tanda* Permenkes RI No 736/Menkes/PER/IV/2010

Kepala Seksi Pengujian

IMADE BUDIASA
 NIP. 19710910 199903 1 003

Mengetahui
 an. Kepala Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang,
 Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
 Kepala UPTD Balai Peralatan dan Pengujian

IDA BAGUS RAKA SURYA ATMAJA
 NIP. 19670330 199503 1 002

Bali, 24 – 3 - 2022
 Penguji

A.A. GEDE SUWIRA
 NIP. 19691104 199803 1 011



ပိတောက်ပူပူပူပူပူပူပူ
PEMERINTAH PROVINSI BALI
 မိနစ်ပိတောက်ပူပူပူပူပူပူပူ
DINAS PEKERJAAN UMUM, PENATAAN RUANG,
 ပိတောက်ပူပူပူပူပူပူပူ
PERUMAHAN DAN KAWASAN PERMUKIMAN
 လမ်းပိတောက်ပူပူပူပူပူပူပူ (ပိတောက်ပူပူပူပူပူပူပူ) ပိတောက်ပူပူပူပူပူပူပူ
JALAN BELITON NOMOR 2 DENPASAR – (80112), TELEPON (0361) 222883,
WEBSITE : dispuprkim.baliprov.go.id EMAIL : puprkim@baliprov.go.id

Kode Sampel : 4-1-6/PMHS/2022
 Diterima tgl : 15 Maret 2022
 Jenis Sampel : Air Baku
 Penguji Lab : Tim Uji Air
 Asal Sampel : Denpasar


Kepada
 Yth. Anak Agung Wulan Reinata Iswari
 Kampus ITS Sukolilo-Surabaya
 di.
 Tempat

No	Parameter	Metode	Satuan	Intake	Prasedimen	Aerasi	Sedimentasi	Filtrasi	Air Bersih	Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010
1	Amonium	Spektrofotometri	mg/L	0,12	0,12	0,01	0,06	0,13	0,02	-
2	Nitrat	Spektrofotometri	mg/L	3,91	0,82	0,26	0,7	0,11	0,43	50,0
3	Nitrit	Spektrofotometri	mg/L	0,9	0,37	0,09	0,03	0,05	0,01	3,0
4	N-organik	Spektrofotometri	mg/L	4,87	1,26	0,34	0,72	0,24	0,44	-
5	Kekeruhan	Nephelometri	NTU	61,2	41,9	17,4	3,16	4,71	1,42	5
6	TSS	Gravimetri	mg/L	104	67	28	6	9	3	-
7	BOD	Potensiometri	mg/L	2,47	2,49	1,36	0,98	0,48	0,43	-
8	COD	Spektrofotometri	mg/L	6	6	4	3	2	1	-
9	Total Koliform	MPN	Jm/100mL	7	320	210	90	43	0	0
10	Sisa klor	Spektrofotometri	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,24	0,27	0,2 - 1*


KETERANGAN:

- Parameter yang diuji berdasarkan permintaan.
- Tahap pengambilan sampel di luar tanggung jawab UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
- Tanda* Permenkes RI No 736/Menkes/PER/VI/2010

Kepala Seksi Pengujian



I MADE BUDIASA
 NIP. 19710910 199903 1 003

Mengetahui
 an. Kepala Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang,
 Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
 Kepala UPTD Balai Peralatan dan Pengujian


IDA BAGUS RAKA SURYA ATMAJA
 NIP. 19670330 199503 1 002

Bali, 25 - 3 - 2022

Penguji


A.A. GEDE SUWIRA
 NIP. 19691104 199803 1 011



ပိတောက်ပူပူပူပူပူပူ
 PEMERINTAH PROVINSI BALI
 သို့မဟုတ် ဝန်ထမ်းဦးစီးဌာန၊ ပိတောက်ပူပူ
 DINAS PEKERJAAN UMUM, PENATAAN RUANG,
 ပိတောက်ပူပူပူပူပူပူ
 PERUMAHAN DAN KAWASAN PERMUKIMAN

တပ်မတော်ဦးစီးဌာန၊ ပိတောက်ပူပူ (ပိတောက်ပူပူ)၊ ပိတောက်ပူပူ (ပိတောက်ပူပူ)၊ ပိတောက်ပူပူ
 JALAN BELITON NOMOR 2 DENPASAR - (80112), TELEPON (0361) 222883,
 WEBSITE : dispuprkim.baliprov.go.id EMAIL : puprkim@baliprov.go.id

Kode Sampel : 6-1-6/PMHS/2022
 Diterima tgl : 22 Maret 2022
 Jenis Sampel : Air Baku
 Penguji Lab : Tim Uji Air
 Asal Sampel : Denpasar

Kepada
 Yth. Anak Agung Wulan Reinata Iswari
 Kampus ITS Sukolilo-Surabaya
 di.
 Tempat

No	Parameter	Metode	Satuan	Intake	Presedimentasi	Aerasi	Sedimentasi	Aerasi	Air Bersih	Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/VI/2010
1	Amonium	Spektrofotometri	mg/L	0,07	0,05	0,05	0,04	0,02	0,01	-
2	Nitrat	Spektrofotometri	mg/L	2,43	1,98	1,12	1,08	1,11	1,02	50,0
3	Nitrit	Spektrofotometri	mg/L	0,31	0,27	0,46	0,31	0,26	0,28	3,0
4	N-organik	Spektrofotometri	mg/L	2,69	2,28	1,61	1,42	1,37	1,29	-
5	Kekeruhan	Nephelometri	NTU	25,3	21,8	14,6	0,53	0,54	0,53	5
6	TSS	Gravimetri	mg/L	43	37	19	1	1	1	-
7	BOD	Potensiometri	mg/L	2,98	2,76	2,43	0,74	0,62	0,39	-
8	COD	Spektrofotometri	mg/L	6	6	5	2	1	1	-
9	Total Koliform	MPN	Jml/100mL	1.100	1.100	750	280	0	0	0
10	Sisa klor	Spektrofotometri	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,47	0,31	0,2 - 1*

KETERANGAN:

- Parameter yang diuji berdasarkan permintaan.
- Tahap pengambilan sampel di luar tanggung jawab UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
- Tanda* Permenkes RI No 736/Menkes/PER/VI/2010

Kepala Seksi Pengujian

I MADE BUDIASTA
 NIP. 19710910 199903 1 003

Kepala UPTD Balai Peralatan dan Pengujian
IDA BAGUS RAKA SURYA ATMAJA
 NIP. 19670330 199503 1 002

Bali, 1 - 4 - 2022
 Penguji

A.A. GEDE SUWIRA
 NIP. 19691104 199803 1 011



ပိတောက်ပျာသိက္ခိဏမ်
PEMERINTAH PROVINSI BALI
 သိက္ခိဏမ် ပိတောက်ပျာသိက္ခိဏမ်
DINAS PEKERJAAN UMUM, PENATAAN RUANG,
 ပိတောက်ပျာသိက္ခိဏမ်
PERUMAHAN DAN KAWASAN PERMUKIMAN
 ကပတိဏမ် ပိတောက်ပျာသိက္ခိဏမ် (ပိတောက်ပျာသိက္ခိဏမ်) ပိတောက်ပျာသိက္ခိဏမ်
JALAN BELITON NOMOR 2 DENPASAR – (80112), TELEPON (0361) 222883,
WEBSITE : dispuprkim.baliprov.go.id EMAIL : puprkim@baliprov.go.id

Kode Sampel : 8-1-6/PMHS/2022
 Diterima tgl : 23 Maret 2022
 Jenis Sampel : Air Baku
 Penguji Lab : Tim Uji Air
 Asal Sampel : Denpasar

Kepada
 Yth. Anak Agung Wulan Reinata Iswari
 Kampus ITS Sukolilo-Surabaya
 di.
 Tempat

No	Parameter	Metode	Satuan	Intake	Presedimentasi	Aerasi	Sedimentasi	Filtrasi	Air Bersih	Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010
1	Amonium	Spektrofotometri	mg/L	0,07	0,08	0,04	0,05	0,09	0,03	-
2	Nitrat	Spektrofotometri	mg/L	2,74	1,64	0,91	0,81	0,72	0,51	50,0
3	Nitrit	Spektrofotometri	mg/L	0,49	0,41	0,07	0,05	0,03	0,01	3,0
4	N-organik	Spektrofotometri	mg/L	3,2	1,78	0,92	0,91	0,81	0,52	-
5	Kekeruhan	Nephelometri	NTU	45,4	49,2	40,7	0,56	0,52	0,49	5
6	TSS	Gravimetri	mg/L	59	64	53	1	1	1	-
7	BOD	Potensiometri	mg/L	2,14	2,12	1,23	0,86	0,46	0,39	-
8	COD	Spektrofotometri	mg/L	5	5	4	2	2	1	-
9	Total Koliform	MPN	Jm/100mL	430	430	390	150	0	0	0
10	Sisa klor	Spektrofotometri	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,24	0,23	0,2 – 1*

KETERANGAN:

1. Parameter yang diuji berdasarkan permintaan.
2. Tahap pengambilan sampel di luar tanggung jawab UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
3. Tanda* Permenkes RI No 736/Menkes/PER/VI/2010

Kepala Seksi Pengujian

I MADE BUDIASA
 NIP. 19710910 199903 1 003

Mengesah
 Kepala Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang,
 Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
 UPTD Balai Peralatan dan Pengujian

IDA BAGUS RAKA SURYA ATMAJA
 NIP. 19670330 199503 1 002

Bali, 1 – 4 - 2022

Penguji

A.A. GEĐE SUWIRA
 NIP. 19691104 199803 1 011



PEMERINTAH PROVINSI BALI
DINAS PEKERJAAN UMUM, PENATAAN RUANG,
PERUMAHAN DAN KAWASAN PERMUKIMAN

Jalan Beliton Nomor 2 Denpasar – (80112), TELEPON (0361) 222883,
 WEBSITE : dispuprkim.baliprov.go.id EMAIL : puprkim@baliprov.go.id

Kode Sampel : 2-1-6/PMHS/2022
 Diterima tgl : 14 Maret 2022
 Jenis Sampel : Air Baku
 Penguji Lab : Tim Uji Air
 Asal Sampel : Badung

Kepada
 Yth. Anak Agung Wulan Reinata Iswari
 Kampus ITS Sukolilo-Surabaya
 di.
 Tempat

No	Parameter	Metode	Satuan	Inlet	Pengaduk Cepat	Pengaduk Lambat	Sediment	Filter	Reservoir	Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010
1	Amonium	Spektrofotometri	mg/L	0,09	0,11	0,11	0,02	0,05	0,05	-
2	Nitrat	Spektrofotometri	mg/L	6,21	1,72	6,02	0,32	0,12	0,14	50,0
3	Nitrit	Spektrofotometri	mg/L	3,42	0,44	3,13	0,14	0,02	0,02	3,0
4	N-organik	Spektrofotometri	mg/L	9,68	2,23	9,16	0,46	0,17	0,19	-
5	Kekeruhan	Nephelometri	NTU	147	337	196	4,76	1,04	1,02	5
6	TSS	Gravimetri	mg/L	244	437	290	9	2	2	-
7	BOD	Potensiometri	mg/L	3,18	3,32	3,21	0,64	0,31	0,34	-
8	COD	Spektrofotometri	mg/L	8	9	8	2	1	1	-
9	Total Koliform	MPN	Jml/100mL	2.100	2.100	1.100	90	0	0	0
10	Sisa klor	Spektrofotometri	mg/L	-	-	-	-	0,27	0,24	0,2 - 1*

KETERANGAN:

1. Parameter yang diuji berdasarkan permintaan.
2. Tahap pengambilan sampel di luar tanggung jawab UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
3. Tanda* Permenkes RI No 736/Menkes/PER/VI/2010

Kepala Seksi Pengujian

IMADE BUDIASA
 NIP. 19710910 199903 1 003

Mengetahui
 an. Kepala Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang,
 Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
 Kepala UPTD Balai Peralatan dan Pengujian

IDA BAGUS RAKA SURYA ATMAJA
 NIP. 19670330 199503 1 002

Bali, 24 - 3 - 2022
 Penguji

A.A. GEDE SUWIRA
 NIP. 19691104 199803 1 011



ပရိယတ္တိယုဝါဒီတော်
PEMERINTAH PROVINSI BALI
 သို့မဟုတ် ဝန်ကြီးဌာန၊ ပြည်ထောင်စုဝန်ကြီးဌာန
DINAS PEKERJAAN UMUM, PENATAAN RUANG,
 ပြုစုရေးရာနှင့် အခြေခံပို့ဆောင်ရေး
PERUMAHAN DAN KAWASAN PERMUKIMAN
 လမ်းညွှန်ပေးရေးဌာန၊ ပြည်ထောင်စုဝန်ကြီးဌာန၊ ပြည်ထောင်စုဝန်ကြီးဌာန၊ ပြည်ထောင်စုဝန်ကြီးဌာန
JALAN BELITON NOMOR 2 DENPASAR – (80112), TELEPON (0361) 222883,
WEBSITE : dispuprkim.baliprov.go.id EMAIL : puprkim@baliprov.go.id

Kode Sampel : 3-1-6/PMHS/2022
 Diterima tgl : 15 Maret 2022
 Jenis Sampel : Air Baku
 Penguji Lab : Tim Uji Air
 Asal Sampel : Badung


Kepada
 Yth. Anak Agung Wulan Reinata Iswari
 Kampus ITS Sukolilo-Surabaya
 di.
 Tempat

No	Parameter	Metode	Satuan	Intake	Pengaduk Cepat Airasi	Pengaduk Lambat	Sedimentasi	Filtrasi	Air Bersih	Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010
1	Amonium	Spektrofotometri	mg/L	0,18	0,12	0,06	0,19	0,26	0,08	-
2	Nitrat	Spektrofotometri	mg/L	1,2	0,78	0,42	0,41	0,58	1,42	50,0
3	Nitrit	Spektrofotometri	mg/L	0,3	0,27	0,14	0,09	0,12	0,03	3,0
4	N-organik	Spektrofotometri	mg/L	1,62	1,16	0,59	0,68	0,93	1,52	-
5	Kekeruhan	Nephelometri	NTU	45,3	37,4	21,3	4,74	2,11	1,28	5
6	TSS	Gravimetri	mg/L	77	52	34	9	4	3	-
7	BOD	Potensiometri	mg/L	1,38	1,02	0,72	0,42	0,46	0,39	-
8	COD	Spektrofotometri	mg/L	4	3	2	1	1	1	-
9	Total Koliform	MPN	Jml/100mL	930	900	210	210	0	0	0
10	Sisa klor	Spektrofotometri	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,26	0,22	0,2 - 1*


KETERANGAN:

- Parameter yang diuji berdasarkan permintaan.
- Tahap pengambilan sampel di luar tanggung jawab UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
- Tanda* Permenkes RI No 736/Menkes/PER/VI/2010


Kepala Seksi Pengujian


IMADE BUDIASA
 NIP. 19710910 199903 1 003

Mengetahui
 an. Kepala Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang,
 Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
 Kepala UPTD Balai Peralatan dan Pengujian


IDA BAGUS RAKA SURYA ATMAJA
 NIP. 19670330 199503 1 002

Bali, 25 - 3 - 2022
 Penguji


A.A. GEDE SUWIRA
 NIP. 19691104 199803 1 011



ပိတောက်ပြည်နယ်အစိုးရ
PEMERINTAH PROVINSI BALI
 သို့မဟုတ် အစိုးရအဖွဲ့၏ ပိတောက်ပြည်နယ်
DINAS PEKERJAAN UMUM, PENATAAN RUANG,
 ပိတောက်ပြည်နယ် အစိုးရအဖွဲ့၏
PERUMAHAN DAN KAWASAN PERMUKIMAN

ပိတောက်ပြည်နယ်အစိုးရအဖွဲ့၏ ပိတောက်ပြည်နယ် (ပိတောက်ပြည်နယ်) ပိတောက်ပြည်နယ်
 JALAN BELITON NOMOR 2 DENPASAR – (80112), TELEPON (0361) 222883,
 WEBSITE : dispuprkim.baliprov.go.id EMAIL : puprkim@baliprov.go.id

Kode Sampel : 5-1-6/PMHS/2022
 Diterima tgl : 22 Maret 2022
 Jenis Sampel : Air Baku
 Penguji Lab : Tim Uji Air
 Asal Sampel : Badung

Kepada
 Yth. Anak Agung Wulan Reinata Iswari
 Kampus ITS Sukolilo-Surabaya
 di.
 Tempat

No	Parameter	Metode	Satuan	Air Baku	Pengaduk Cepat	Pengaduk Lambat	Sedimentasi	Filtrasi	Air Bersih	Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010
1	Amonium	Spektrofotometri	mg/L	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	-
2	Nitrat	Spektrofotometri	mg/L	0,74	0,69	0,84	0,36	0,14	0,16	50,0
3	Nitrit	Spektrofotometri	mg/L	0,41	0,37	0,32	0,13	0,07	0,03	3,0
4	N-organik	Spektrofotometri	mg/L	1,13	1,05	1,12	0,42	0,18	0,18	-
5	Kekeruhan	Nephelometri	NTU	17,1	13,2	16,4	0,53	0,24	0,51	5
6	TSS	Gravimetri	mg/L	29	17	21	1	1	1	-
7	BOD	Potensiometri	mg/L	2,87	2,42	2,14	0,81	0,29	0,32	-
8	COD	Spektrofotometri	mg/L	6	6	5	2	1	1	-
9	Total Koliform	MPN	Jml/100mL	930	930	750	430	0	0	0
10	Sisa klor	Spektrofotometri	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,28	0,2 – 1*

KETERANGAN:

1. Parameter yang diuji berdasarkan permintaan.
2. Tahap pengambilan sampel di luar tanggung jawab UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
3. Tanda* Permenkes RI No 736/Menkes/PER/VI/2010

Kepala Seksi Pengujian

MADE BUDIASA

MADE BUDIASA
NIP. 19710910 199903 1 003



Kepala Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang,
 Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
 Kepala UPTD Balai Peralatan dan Pengujian

BAGUS RAKA SURYA ATMAJA
BAGUS RAKA SURYA ATMAJA
NIP. 19670330 199503 1 002

Bali, 1 – 4 - 2022
Penguji

AA GEDE SUWIRA

AA GEDE SUWIRA
NIP. 19691104 199803 1 011



පිටිකිලි ප්‍රාදේශීය පාලන සභාව

PEMERINTAH PROVINSI BALI

සාමාන්‍ය සේවාවල අධ්‍යක්ෂවරයා

DINAS PEKERJAAN UMUM, PENATAAN RUANG,

රාජ්‍ය සේවාවල අධ්‍යක්ෂවරයා

PERUMAHAN DAN KAWASAN PERMUKIMAN

රාජ්‍ය සේවාවල අධ්‍යක්ෂවරයා

JALAN BELITON NOMOR 2 DENPASAR – (80112), TELEPON (0361) 222883,

WEBSITE : dispuprkim.baliprov.go.id EMAIL : puprkim@baliprov.go.id

Kode Sampel : 7-1-6/PMHS/2022
Diterima tgl : 23 Maret 2022
Jenis Sampel : Air Baku
Penguji Lab : Tim Uji Air
Asal Sampel : Badung

Kepada
Yth. Anak Agung Wulan Reinata Iswari
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya
di.
Tempat

No	Parameter	Metode	Satuan	Air Baku	Pengaduk Cepat	Pengaduk Lambat	Sedimentasi	Filtrasi	Air Bersih	Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010
1	Amonium	Spektrofotometri	mg/L	0,11	0,09	0,09	0,10	0,08	0,07	-
2	Nitrat	Spektrofotometri	mg/L	0,98	0,84	0,76	0,62	0,51	0,52	50,0
3	Nitrit	Spektrofotometri	mg/L	0,36	0,21	0,25	0,06	0,06	0,03	3,0
4	N-organik	Spektrofotometri	mg/L	1,42	1,12	1,11	0,71	0,63	0,59	-
5	Kekeruhan	Nephelometri	NTU	27,8	26,2	27,7	0,55	0,54	0,52	5
6	TSS	Gravimetri	mg/L	46	34	36	1	1	1	-
7	BOD	Potensiometri	mg/L	1,26	1,18	1,06	0,58	0,42	0,38	-
8	COD	Spektrofotometri	mg/L	4	4	3	2	1	1	-
9	Total Koliform	MPN	Jm/100mL	430	390	280	210	0	0	0
10	Sisa klor	Spektrofotometri	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,24	0,23	0,2 – 1*

KETERANGAN:

- Parameter yang diuji berdasarkan permintaan.
- Tahap pengambilan sampel di luar tanggung jawab UPTD Balai Peralatan dan Pengujian Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Bali
- Tanda* Permenkes RI No 736/Menkes/PER/VI/2010

Kepala Seksi Pengujian

MADE BUDIASA
I MADE BUDIASA
NIP. 19710910 199903 1 003



Bali, 1 – 4 - 2022
Penguji

A.A. GEDE SUWIRA
A.A. GEDE SUWIRA
NIP. 19691104 199803 1 011

LAMPIRAN F
UJI KORELASI BIVARIATE SPEARMAN DAN UJI REGRESI LINEAR SEDERHANA UNTUK PENENTUAN KORELASI
PARAMETER NITROGEN DAN OKSIGEN TERLARUT

A. Uji Korelasi Bivariate Spearman Parameter Nitrogen dan Oksigen Terlarut IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar

			Correlations				
			DO	Amonium	Nitrat	Nitrit	Norganik
Spearman's rho	DO	Correlation Coefficient	1.000	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000**
		Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.
		N	3	3	3	3	3
Amonium	Amonium	Correlation Coefficient	-1.000**	1.000	-1.000**	-1.000**	-1.000**
		Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.
		N	3	3	3	3	3
Nitrat	Nitrat	Correlation Coefficient	1.000**	-1.000**	1.000	1.000**	1.000**
		Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.
		N	3	3	3	3	3
Nitrit	Nitrit	Correlation Coefficient	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000	1.000**
		Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.
		N	3	3	3	3	3
Norganik	Norganik	Correlation Coefficient	1.000**	-1.000**	1.000**	1.000**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.	.	.	.	.
		N	3	3	3	3	3

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

B. Uji Korelasi Bivariate Spearman Parameter Nitrogen dan Oksigen Terlarut IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

			Correlations				
			DO	Amonium	Nitrat	Nitrit	Norganik
Spearman's rho	DO	Correlation Coefficient	1.000	-.500	1.000**	1.000**	1.000**
		Sig. (2-tailed)	.	.667	.	.	.
		N	3	3	3	3	3
Amonium	Amonium	Correlation Coefficient	-.500	1.000	-.500	-.500	-.500
		Sig. (2-tailed)	.667	.	.667	.667	.667
		N	3	3	3	3	3
Nitrat	Nitrat	Correlation Coefficient	1.000**	-.500	1.000	1.000**	1.000**
		Sig. (2-tailed)	.	.667	.	.	.
		N	3	3	3	3	3
Nitrit	Nitrit	Correlation Coefficient	1.000**	-.500	1.000**	1.000	1.000**
		Sig. (2-tailed)	.	.667	.	.	.
		N	3	3	3	3	3
Norganik	Norganik	Correlation Coefficient	1.000**	-.500	1.000**	1.000**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.	.667	.	.	.
		N	3	3	3	3	3

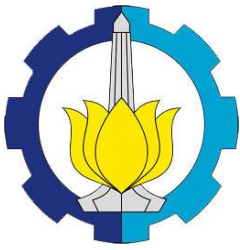
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Biodata Penulis



Penulis dilahirkan di Denpasar, 18 Agustus 2000, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Saraswati 1 Denpasar (2006 – 2012), SMP Negeri 1 Denpasar (2012 – 2015), dan SMA Negeri 1 Denpasar (2015 – 2018). Setelah lulus dari SMA di tahun 2018, penulis diterima di Departemen Teknik Lingkungan FTSPK – ITS dan terdaftar dengan NRP 03211840000118.



Selama masa perkuliahan, penulis aktif pada organisasi kemahasiswaan sebagai *Internationalization and Culture Minister* pada *Environmental Engineering English Club* (EEEC) HMTL ITS 2021/2022. Pada tahun 2019, Penulis berkesempatan menambah wawasan dengan terpilih menjadi salah satu peserta *International Winter School Program* di *Dankook University*, Korea Selatan. Selain itu, penulis aktif mengikuti beberapa organisasi, kepanitiaan, dan pelatihan di luar Departemen Teknik Lingkungan. Penulis juga memperluas pengalaman di dunia profesional dengan bergabung menjadi pekerja kontrak di PT Wasteforchange Alam Indonesia sebagai *waste management research surveyor* pada tahun 2021 sampai 2022 dan Kerja Praktik di PT. Perusahaan Gas Negara pada divisi *Health, Safety, Security, and Environment* (HSSE) pada tahun 2021. Untuk diskusi lebih lanjut, penulis dapat dihubungi melalui surat elektronik a.reinatawulan@gmail.com.



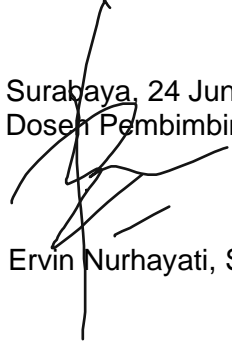
KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Anak Agung Wulan Reinata Iswari
NRP : 0321184000118
Judul : Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	15/01/2022	Bimbingan terkait metodologi penelitian dan pengambilan data primer serta sekunder IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung serta rencana anggaran biaya	
2	21/01/2022	Diskusi mengenai penetapan serta sketsa posisi titik sampling pada IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung, kendala penelitian akibat ketidaksanggupan laboratorium untuk parameter tertentu, serta finalisasi proposal penelitian	
3	01/02/2022	Bimbingan terkait finalisasi proposal penelitian dan presentasi seminar proposal - Penambahan titik sampling - Penambahan foto-foto unit sampling	
4	15/02/2022	Bimbingan mengenai hasil sidang proposal serta pembahasan revisi pada sidang proposal - Perubahan judul TA serta tujuan penelitian dengan fokus kepada evaluasi keseluruhan IPA - Revisi penulisan	
5	19/03/2022	Bimbingan mengenai progres penelitian, kendala yang dihadapi, serta usulan solusi dan rencana lanjutan penelitian - Pembahasan kendala DO meter (adanya pemakaian di Surabaya dan Bali) - Kendala pengambilan sampel akibat cuaca - Melanjutkan pengambilan data primer	
6	30/03/2022	Bimbingan terkait progres sementara hasil uji dan adanya kendala pada pembahasan hasil uji IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar	
7	26/04/2022	Bimbingan terkait progres dan hasil uji sampel serta perbaikan danperkayaan bagian pembahasan	
8	10/05/2022	Bimbingan terkait analisis korelasi SPSS untuk parameter DO dan nitrogen dan adanya kendala dalam pembacaan hasil uji total koliform	
9	19/05/2022	Menampilkan hasil akhir berupa presentasi serta laporan untuk sidang progres sekaligus perbaikan akhir pada laporan	

		<ul style="list-style-type: none">- Penambahan pembahasan terkait breakpoint chlorination (BPC)- Penambahan evaluasi untuk menemukan solusi peningkatan kinerja	
10	24/06/2022	Finalisasi Laporan Tugas Akhir	

Surabaya, 24 Juni 2022
Dosen Pembimbing


Ervin Nurhayati, S.T., M.T., PhD



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Nilai TOEFL 500

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 13.30 - 14.45 WIB
Lokasi : TL 101
Judul : Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung

Nama : Anak Agung Wulan Reinata Iswari
NRP. : 03211840000118
Topik : Penelitian Lapangan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
	<p>Regresi → Korelasi ↓ gagal sebelum data</p> <p>Data 6 bulan?</p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Ervin Nurhayati, S.T., M.T., Ph.D.



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 13.30 - 14.45 WIB
Lokasi : TL 101
Judul : Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung
Nama : Anak Agung Wulan Reinata Iswari
NRP. : 03211840000118
Topik : Penelitian Lapangan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	Kode I, P, (A), F + S dst diberi keterangan ketika tampil pertama kali di Bab IV.
2.	Gbr 4.11 & 4.12 → bukan progres. Aerasi atau ke mixing?

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ali Masduqi, ST., MT

Dosen Pembimbing Ervin Nurhayati, S.T., M.T., Ph.D.

(Uppalaly)
(ER)



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 13.30 - 14.45 WIB
Lokasi : TL 101
Judul : Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung
Nama : Anak Agung Wulan Reinata Iswari
NRP. : 03211840000118
Topik : Penelitian Lapangan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	Pemulisan kesimpulan lebih di ringkas lagi
2.	Pembahasan terkait penggunaan ^{perbedaan} preklorinasi pada perbedaan bahan kimia koagulan.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ir. Agus Slamet, MSc

Dosen Pembimbing Ervin Nurhayati, S.T., M.T., Ph.D.



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir



Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 13.30 - 14.45 WIB
Lokasi : TL 101
Judul : Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung
Nama : Anak Agung Wulan Reinata Iswari
NRP. : 03211840000118
Topik : Penelitian Lapangan

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
	<p>Catatan Catatan ada pada buku laporan</p>

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Ainul Firdatun Nisaa, ST, MSc

Dosen Pembimbing Ervin Nurhayati, S.T., M.T., Ph.D.

()
()