

EVALUASI KUALITAS AIR DAN KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH PADA WTP CIAPUS KAMPUS IPB DRAMAGA

RIZKIA ALSAKINA JOHAN



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Evaluasi Kualitas Air dan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Bersih pada WTP Ciapus Kampus IPB Dramaga” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2021

Rizkia Alsakina Johan
F44170054

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

RIZKIA ALSAKINA JOHAN. Evaluasi Kualitas Air dan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Bersih pada WTP Ciapus Kampus IPB Dramaga. Dibimbing oleh SATYANTO KRIDO SAPTOMO.

Air memiliki peran penting bagi kelangsungan hidup semua makhluk hidup di bumi ini. Agar air layak untuk dikonsumsi, maka harus melalui proses *Water Treatment Plant* (WTP). IPB memiliki berbagai sumber air yang berasal dari dua WTP, yaitu WTP Cihideung dan WTP Ciapus. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas air serta mengevaluasi kinerja WTP Ciapus. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, tahap pengumpulan dan pengambilan data dan tahap pengolahan data. Lokasi penelitian ini di WTP Ciapus, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat. Kualitas air yang dihasilkan oleh *Water Treatment Plant* Ciapus masih cukup baik, suhu terendah dan tertinggi adalah sebesar 25,8°C dan 27,3°C, nilai TDS tertinggi adalah 99,3 mg/l, kadar sulfat dan kadar nitrit tertinggi adalah sebesar 36,143 mg/l dan 0,0678 mg/l, serta untuk pH masih berada pada rentang 6,5-7,2, sedangkan pada parameter kekeruhan masih terdapat nilai di atas 5 NTU. Hasil evaluasi kinerja unit didapat beberapa nilai parameter yang belum sesuai dengan kriteria desain, yaitu waktu detensi dan gradien kecepatan pada koagulasi, nilai beban pelimpah dan waktu tinggal pada sedimentasi, kecepatan penyaringan serta kecepatan pencucian pada unit filtrasi, sedangkan pada unit flokulasi sudah sesuai dengan baku mutu.

Kata kunci: Instalasi Pengolahan Air, evaluasi kualitas air, evaluasi kinerja unit

ABSTRACT

RIZKIA ALSAKINA JOHAN. *Evaluation of Water Quality and Performance of Clean Water Treatment Plant at WTP Ciapus Dramaga IPB Campus*. Supervised by SATYANTO KRIDO SAPTOMO.

Water has an important role for the survival of all living things on this earth. In order for water to be fit for consumption, it must go through the *Water Treatment Plant* (WTP) process. IPB has various water sources originating from two WTPs, namely WTP Cihideung and WTP Ciapus. This study aims to evaluate water quality and evaluate the performance of the Ciapus WTP. The location of this research is WTP Ciapus, Dramaga Campus of IPB, Bogor, West Java. The quality of the water produced by the Ciapus *Water Treatment Plant* is still quite good, the lowest and highest temperatures are 25.8°C and 27.3°C, the highest TDS value is 99.3 mg/l, the highest sulfate and nitrite levels are 36,143 mg/l and 0.0678 mg/l, and the pH is still in the range of 6.5-7.2, while the turbidity parameter is still above 5 NTU. The results of the unit performance evaluation obtained several parameter values that were not in accordance with the design criteria, namely detention time and velocity gradient in coagulation, overflow load value and residence time in sedimentation, filtering speed and washing speed in the filtration unit, while the flocculation unit was in accordance with the standard quality.

Keywords: Water Treatment Plant, water quality evaluation, unit performance evaluation



EVALUASI KUALITAS AIR DAN KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH PADA WTP CIAPUS KAMPUS IPB DRAMAGA

RIZKIA ALSAKINA JOHAN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik
Pada
Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Chusnul Arif, S.TP, M.Si
2. Titiek Ujjanti Karunia, S.T, M.T

Judul Penelitian : Evaluasi Kualitas Air dan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Bersih pada WTP Ciapus Kampus IPB Dramaga

Nama : Rizkia Alsakina Johan

NIM : F44170054

Disetujui oleh

Pembimbing:

Dr. Satyanto Krido Saptomo, STP.,M.Si

NIP. 19730411 200501 1 002



Diketahui oleh

Ketua Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan:

Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPM

NIP. 19650106 199002 1 001



Tanggal Ujian: 29 Juli 2021

Tanggal Lulus: 16 Agustus 2021

PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan April 2021 sampai bulan Juli 2021 ini ialah kualitas air dan kinerja unit Instalasi Pengolahan Air bersih, dengan judul “Evaluasi Kualitas Air dan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Bersih pada WTP Ciapus Kampus IPB Dramaga”. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Dr. Satyanto Krido Saptomo, STP.,M.Si selaku dosen pembimbing yang selalu mendukung dan memberikan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Dr. Chusnul Arif, S.TP, M.Si dan Ibu Titiek Ujianti Karunia, S.T, M.T selaku dosen penguji skripsi.
3. Kedua orang tua yaitu Bapak Bahder Djohan dan Ibu Hellyasmi yang selalu memberikan dukungan serta doa yang menjadi alasan penulis mampu menjalani studi sampai saat ini, serta Kakak Riany dan Rinanda atas dukungannya.
4. Petugas teknisi WTP Ciapus IPB Dramaga atas bantuannya selama penelitian di lokasi.
5. Puti Selviana, Uswatul Lameiss, Thereca Y, Muhammad Akmal, Muhammad Rifai, Rafli Fajar, serta Muhammad Hilmi atas bantuan, dukungan, dan masukan selama penulisan skripsi.
6. Teman-teman seperjuangan SIL 54 dan semua pihak yang membantu dalam penelitian ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2021

Rizkia Alsakina

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR LAMPIRAN	iii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Parameter Fisika Kualitas Air	3
2.2 Parameter Kimia Kualitas Air	4
2.3 Unit Pengolahan Air	5
III METODE PENELITIAN	9
3.1 Waktu dan Lokasi	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Evaluasi Kualitas Air	16
4.2 Evaluasi Kinerja Unit	22
V SIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Simpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	36
RIWAYAT HIDUP	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Perbandingan kualitas air hasil evaluasi dan baku mutu	21
Tabel 2 Hasil pengujian jar test pada parameter kekeruhan, suhu, dan pH	23
Tabel 3 Hasil evaluasi unit koagulasi	24
Tabel 4 Hasil evaluasi dengan meningkatkan debit	25
Tabel 5 Hasil evaluasi flokulator	27
Tabel 6 Hasil evaluasi unit sedimentasi	27
Tabel 7 Hasil evaluasi dengan meningkatkan debit	29
Tabel 8 Hasil perhitungan evaluasi unit filtrasi	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta lokasi penelitian	9
Gambar 2 Diagram alir penelitian	10
Gambar 3 Skema pengolahan air pada WTP dengan tipe gravitasi	15
Gambar 4 Alur pengolahan air pada WTP dengan tipe gravitasi	15
Gambar 5 Hasil pengujian parameter kekeruhan	17
Gambar 6 Hasil pengujian parameter suhu	18
Gambar 7 Hasil pengujian parameter total dissolved solid	18
Gambar 8 Hasil pengujian parameter pH	19
Gambar 9 Hasil pengujian kadar nitrit	20
Gambar 10 Hasil pengujian parameter kadar sulfat	21
Gambar 11 Intake pada WTP Ciapus	23
Gambar 12 Skema unit sedimentasi pada WTP Ciapus	26
Gambar 13 Unit sedimentasi pada WTP Ciapus	27
Gambar 14 Skema bak filtrasi pada WTP Ciapus	29
Gambar 15 Unit filtrasi pada WTP Ciapus	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Paramater dalam PERMENKES 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum	37
Lampiran 2 Hasil perhitungan pada unit koagulasi	38
Lampiran 3 Hasil perhitungan pada unit flokulasi	39
Lampiran 4 Hasil perhitungan pada unit sedimentasi	40
Lampiran 5 Hasil perhitungan pada unit filtrasi	41

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan komponen yang sangat berpengaruh penting bagi kehidupan di bumi ini. Hampir dua per-tiga bagian bumi terdiri dari air, sebagian besar dari itu merupakan air asin atau air laut. Pada setiap daerah, penyebaran air tawar tidak selalu merata. Sudah tidak terdengar asing bila di suatu daerah ketersediaan air demikian melimpah, sedangkan di sisi daerah lainnya banyak yang kekurangan air. Air yang letaknya terdapat di dalam bumi disebut air tanah dan air yang letaknya terdapat di permukaan bumi disebut air permukaan. Air permukaan tersebut dapat ditemui dalam beragam bentuk, seperti sungai, laut, hujan, danau, dan lain-lain. Air memiliki sifat yang mudah melarutkan, karena itu air mudah tercemar dengan zat yang melaluinya (Kurniawan dan Thamrin 2019). Oleh sebab itu, air permukaan tidak dapat langsung dikonsumsi oleh warga tanpa diolah.

Air dapat dikonsumsi dengan layak jika air telah melewati proses *Water Treatment Plant* (WTP) atau Instalasi Pengolahan Air (IPA). Instalasi Pengolahan Air bersih sebagai infrastruktur kota sangat berperan dalam menunjang perkembangan kota. Pada kota-kota yang sudah maju, membutuhkan sistem perencanaan air bersih yang baik, agar dapat memenuhi kebutuhan pertumbuhan penduduknya. Pengelolaan sistem penyediaan air bersih yang baik serta memenuhi kebutuhan masyarakat dan aktivitas perkotaan secara keseluruhan akan akan berpengaruh terhadap produktivitas kota dan kesejahteraan masyarakat. Peningkatan kesejahteraan masyarakat berbanding lurus dengan ketersediaan air minum yang dilakukan oleh Pemerintah (Direktorat Cipta Karya 2010).

Saat ini, Kampus IPB menggunakan dua sungai untuk keperluan airnya, sungai tersebut adalah sungai Cihideung dan sungai Ciapus yang merupakan sumber air utama untuk memenuhi kebutuhan air kampus. Kampus IPB Dramaga mempunyai sembilan *Water Treatment Plant* (WTP), tiga di antaranya adalah WTP Ciapus yang mulai dibangun pada tahun 1972 dan sisanya adalah enam WTP Cihideung yang mulai dibangun pada tahun 1986. WTP Ciapus IPB menggunakan Sungai Ciapus sebagai salah satu sumber air. Melihat penggunaan air bersih pada Kampus IPB Dramaga ternyata tak terlepas dengan persoalan seputar kualitas dan kuantitasnya, maka dalam rangka meningkatkan hal itu diperlukan adanya *Water Treatment Plant* yang tepat dengan menggunakan standar baku mutu. Oleh sebab itu, dibutuhkan adanya analisis dan evaluasi mengenai sistem pengolahan air bersih agar nantinya bisa mengoptimalkan penggunaan yang berasal dari instalasi tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan masalah tersebut di atas maka penulis membuat rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Apa saja permasalahan yang ada di *Water Treatment Plant* (WTP) Ciapus IPB Dramaga?
2. Apakah kualitas air yang diolah di WTP Ciapus IPB sudah memenuhi persyaratan kualitas air bersih pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010?
3. Apakah unit WTP tersebut sudah memenuhi kriteria desain perencanaan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6774 tahun 2008?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi kualitas air pada *Water Treatment Plant* dari sungai Ciapus Kampus IPB Dramaga.
2. Mengevaluasi kinerja *Water Treatment Plant* dari sungai Ciapus Kampus IPB Dramaga.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi atau data mengenai kondisi kualitas air yang ditinjau dari parameter terukur pada WTP Ciapus, serta dapat mengetahui sejauh mana efektifitas setiap unit pengolahan tersebut berfungsi.
2. Memberikan rekomendasi mengenai unit pengolahan air yang sesuai dengan keadaan saat ini.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Penelitian dilakukan di unit instalasi WTP Ciapus Kampus IPB Dramaga dengan tipe gravitasi.
2. Perbandingan kualitas air terhadap baku mutu dengan lima parameter terukur, yaitu suhu, kekeruhan, TDS, pH, sulfat, dan nitrit.
3. Evaluasi setiap unit pengolahan berdasarkan kriteria desain perencanaan SNI yang difokuskan pada unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi.

II TINJAUAN PUSTAKA

Kualitas air adalah kondisi air sesuai karakteristik fisik, kimiawi, dan biologisnya. Berdasarkan Effendi 2003, kualitas air yaitu sifat air yang memiliki kandungan makhluk hidup, zat energi atau komponen lain dalam air. Kualitas air antar satu daerah dengan daerah lainnya akan tidak sama sesuai dengan ciri daerahnya masing-masing, sehingga pemantauan kualitas air sangat diperlukan. Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum menjelaskan bahwa air minum adalah air yang sudah melalui proses pengolahan atau pun tanpa proses pengolahan yang wajib memenuhi peraturan kesehatan.

Salah satu masalah utama tentang air yang berkaitan dengan kualitas air minum adalah kondisi pasokan jaringan air (Khadse et al 2011). Dilihat dari persyaratan air minum, air yang menjadi air baku untuk dikonsumsi diharuskan berasal dari air bersih dan kualitasnya harus memenuhi syarat kualitas air menurut baku mutu air minum. Parameter kualitas air yang menjadi parameter pengawasan kualitas air minum dibedakan menjadi parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan dan yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan.

Instalasi Pengolahan Air atau *Water Treatment Plant* (WTP) adalah bangunan utama pengolahan air bersih dengan cara tertentu bertujuan agar mendapatkan air dengan kualitas yang bagus dan seperti yang diharapkan. *Water Treatment Plant* berperan penting bagi instansi atau perusahaan besar karena memerlukan penggunaan air yang cukup besar dan dengan kualitas yang baik. Kualitas air yang tidak bagus secara tidak langsung akan mengakibatkan rusaknya alat-alat yang proses kerjanya bersinggungan langsung dengan air serta dapat berakibat langsung dengan kesehatan. Bangunan *Water Treatment Plant* ini pada umumnya terdiri dari 4 bagian penting, yaitu koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi.

Kampus IPB Dramaga mempunyai sembilan Instalasi Pengolahan Air (*Water Treatment Plant* – WTP), yaitu tiga WTP Ciapus dan enam WTP Cihideung. WTP Cihideung menyalurkan kebutuhan air bersih menuju menara air yang berada di fakultas kehutanan dan fakultas peternakan, untuk kemudian didistribusikan ke seluruh unit fakultas. Sedangkan, WTP Ciapus terdiri dari tiga unit instalasi yang menyalurkan kebutuhan air ke tujuan yang berbeda. Tiga unit WTP Ciapus terdiri dari WTP Ciapus TPB, WTP Ciapus Lama, dan WTP Ciapus Baru.

WTP Ciapus TPB mengolah dan menyalurkan kebutuhan air untuk asrama TPB putra dan putri, dengan melalui *Ground Water Tank* (GWT) menara asrama putri. WTP Ciapus Lama mengolah dan menyalurkan kebutuhan air menuju perumahan dosen serta asrama sylvalestrari dengan terlebih dahulu melalui GWT dan menara baja. Sedangkan, WTP Ciapus baru menyalurkan air menuju GWT Ciapus dan juga GWT fahutan untuk penyimpanan sebagai suplai air untuk membantu memenuhi kebutuhan air. WTP Ciapus pada instalasinya terdiri dari proses koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi.

2.1 Parameter Fisika Kualitas Air

Sifat-sifat fisika perairan yang diukur dalam hal ini, meliputi suhu, kekeruhan, padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Menurut Wardoyo (1975), sifat fisika air, baik langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi sifat kimia dan biologi perairan serta nilai guna perairan tersebut.

2.1.1 Suhu

Suhu dalam air dipengaruhi oleh komposisi substrat, kekeruhan, air hujan, luas permukaan perairan yang langsung mendapat sinar matahari serta suhu perairan yang menerima air limpasan. Menurut Saeni (1989), suhu air sungai menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara lapisan permukaan dan dasar perairan itu sendiri. Suhu air di lapisan dasar akan lebih rendah dari pada suhu pada permukaan. Peningkatan suhu perairan sungai mengakibatkan konsentrasi oksigen terlarut menurun, sebagai akibatnya akan mengganggu kehidupan organisme perairan.

2.1.2 Kekeruhan

Kekeruhan menurut Klein (1972) penyebab paling utamanya adalah bahan-bahan tersuspensi yang bervariasi dari sebesar koloid hingga dispersi kasar. Kekeruhan pada suatu sungai tidak akan sama sepanjang tahun, air akan sangat keruh di waktu penghujan karena aliran air sangat tinggi dan adanya erosi dari daratan. Kekeruhan ini terutama ditimbulkan oleh adanya erosi yang berasal dari daratan.

Di wilayah pemukiman yang padat penduduk, kekeruhan bisa disebabkan oleh buangan penduduk serta bisa pula ditimbulkan oleh buangan industri baik yang sudah diolah atau yang belum diolah. Selain disebabkan oleh hal-hal tadi, kekeruhan bisa juga ditimbulkan oleh liat dan lempung serta mikroorganisme (Saeni 1989). Efek yang terbesar dari kekeruhan ialah terjadinya penurunan penetrasi cahaya matahari secara tajam. Penurunan ini akan menyebabkan kegiatan fotosintesis dari fitoplankton menurun.

Kekeruhan di air biasanya juga ditimbulkan oleh adanya partikel-partikel suspensi sebagai contohnya tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik terlarut, bakteri, plankton serta organisme lainnya. Kekeruhan perairan mendeskripsikan sifat optik air yang ditetapkan oleh banyaknya cahaya yang diserap serta dipancarkan oleh bahan-bahan yang ada dalam air (Pujiastuti 2013).

2.1.3 Padatan terlarut

Padatan tersuspensi merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, padatan ini tidak larut dan tidak mengendap langsung. Air buangan industri bisa mengandung jumlah padatan tersuspensi yang sangat bervariasi tergantung pada jenis industrinya. Air buangan industri biasanya banyak mengandung zat pencemar terlarut yang sering mencemari perairan dan akan sangat berbahaya bagi kehidupan di sekitarnya. Padatan terlarut merupakan padatan yang mempunyai bentuk yang lebih kecil dari padatan tersuspensi. Besarnya kandungan padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar surya kepada air, sebagai akibatnya dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis. Padatan terlarut terdiri dari dua jenis senyawa, yaitu senyawa organik serta anorganik yang larut pada air.

2.2 Parameter Kimia Kualitas Air

Persyaratan kimia menjadi penting karena banyak sekali kandungan kimiawi air yang memberi akibat buruk pada kesehatan karena tidak sesuai dengan proses biokimiawi tubuh. Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Jika terdapat kandungan kimia yang tinggi, pengaruhnya bisa sampai pada penyakit yang buruk.

2.2.1 Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH suatu perairan menunjukkan tingkat keseimbangan antara asam dan basa pada air, dan merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam air. Menurut Saeni (1989), nilai pH perairan air tawar berkisar antara 5 sampai 9. Batas toleransi organisme air terhadap pH bervariasi tergantung pada suhu air, oksigen terlarut, adanya berbagai anion dan kation serta jenis organisme. Air yang berada pada pegunungan dan masih segar biasanya memiliki pH yang lebih tinggi, sedangkan air yang berada semakin mendekati hilir memiliki pH yang semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan bahan-bahan organik terurai yang meningkat (Sastrawijaya 2000). Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001, perairan tawar yang diperuntukkan bagi kepentingan perikanan, peternakan dan pertanian harus memiliki kadar pH sebesar 6-9.

2.2.2 Sulfat

Sulfat adalah bentuk sulfur utama dalam perairan dan tanah. Sulfat dapat digunakan pada industri tekstil, penyamakan kulit, kertas, dan metalurgi. Di perairan yang diperuntukan bagi air minum sebaiknya tidak mengandung senyawa natrium sulfat dan magnesium sulfat. Sulfat dan air bereaksi membentuk asam sulfat yang terbentuk melalui oksidasi. Sulfat berbahaya bagi kesehatan apabila telah melewati batas kadar maksimum pada sulfat yang sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/Menkes/Per/IV/2010 sebesar 250 mg/l. Dampak terkena asam sulfat yaitu terjadinya iritasi pada kulit dan mata, dan menyebabkan gangguan pernapasan (Mudiah 2017).

2.2.3 Nitrit

Kandungan nitrit pada air yang dikonsumsi maupun digunakan dalam kehidupan sehari-hari dapat membahayakan kesehatan. Penelitian Ismy dkk (2013) menyatakan bahwa dari 82 responden yang menggunakan air sungai untuk mandi, terdapat 18 responden (22%) mengalami keluhan gangguan kulit. Konsentrasi nitrit diatas ambang batas sangat beresiko terhadap kesehatan dan sering mengakibatkan kematian. Bahkan pada anak-anak sering menimbulkan penyakit *blue baby syndrome* atau disebut methemoglobinemia. Nitrit bersumber dari bahan-bahan yang bersifat korosif dan banyak dipergunakan di pabrik-pabrik. Nitrit tidak tetap dan dapat berubah menjadi amoniak atau dioksidasi menjadi nitrat (Ginting 2007). Dalam Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum, kadar nitrit yang diperbolehkan adalah tidak lebih dari 3 mg/L.

2.3 Unit Pengolahan Air

Terdapat beberapa proses yang dilewati pada pengolahan air untuk mengubah air baku menjadi air bersih. Secara umum air baku yang digunakan akan diolah melalui proses prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi sebelum didistribusikan (Davis 2010).

2.3.1 Intake

Intake merupakan bangunan penangkap atau pengambil air baku dari suatu badan air sehingga air baku tersebut dapat dikumpulkan dalam suatu wadah untuk kemudian dialirkan ke instalasi dan selanjutnya dilakukan pengolahan. Bangunan

pengambilan air baku atau *intake* merupakan bangunan penangkap air yang berada di sumber air yang bertujuan untuk mengambil air sesuai debit yang diperlukan untuk pengolahan (Utomo 2011). Lokasi *intake* dibagi menjadi beberapa macam, yaitu sungai, *intake* danau dan waduk, dan *intake* air tanah. *Intake* terdiri dari beberapa jenis, antara lain *intake* tower, shore *intake*, *intake* crib, *intake* pipe atau conduit, infiltration gallery, sumur dangkal dan sumur dalam (Kawamura 1991).

2.3.2 Koagulasi

Koagulasi adalah proses dimana koagulan dicampur dengan air baku selama beberapa saat hingga merata. Kemudian akan terjadi destabilisasi koloid yang ada pada air baku setelah proses pencampuran berlangsung. Koloid yang sudah kehilangan muatannya atau terdestabilisasi mengalami saling tarik menarik sehingga cenderung untuk membentuk gumpalan yang lebih besar. Jenis koagulan yang digunakan, dosis pembubuhan koagulan, dan pengadukan dari bahan kimia merupakan faktor yang akan menentukan keberhasilan suatu proses koagulasi (Sutrisno 2002). Untuk menentukan koagulan, biasanya dilakukan pengujian dengan cara *jartest*. *Jartest* merupakan suatu metode penentuan dosis koagulan dengan cara pengadukan cepat dan lambat. Pada tes ini sampel dari air baku yang akan diuji dimasukkan dalam *beaker glass*, kemudian masing-masing ditambahkan koagulan dengan variasi dosis yang berbeda. Air yang sudah diberikan koagulan di dalam *beaker glass* kemudian akan diaduk secara cepat dan kemudian dilanjutkan dengan pengadukan secara perlahan untuk menstimulasi flokulasi. Setelah agak lama, pengadukan diselesaikan dan partikel padat ditunggu mengendap (Dini 2011). Bila pemberian koagulan sesuai dengan dosis yang diperlukan, maka nantinya proses penggumpalan flok ini akan berjalan dengan baik.

2.3.3 Flokulasi

Flokulasi adalah proses penggumpalan (*agglomeration*) dari koloid pada air yang tidak stabil dan menjadi gumpalan partikel halus (mikro-flok), dan selanjutnya menjadi gumpalan partikel yang lebih besar dengan bantuan bahan kimia dan dapat diendapkan dengan cepat. Faktor-faktor yang mempengaruhi bentuk flok yaitu kekeruhan pada air baku, tipe dari suspended solids, pH, alkalinitas, bahan koagulan yang dipakai, dan lamanya pengadukan (Sutrisno 2002). Pengadukan lambat pada proses flokulasi dilakukan hampir sama dengan metode pengadukan cepat pada proses koagulasi, perbedaannya terletak pada nilai gradien kecepatan dimana pada proses flokulasi nilai gradiennya jauh lebih kecil dibanding gradien kecepatan koagulasi. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradient kecepatan kecil. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar menghasilkan flok yang baik, karena flok yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar (Evi et al 2018).

2.3.4 Sedimentasi

Unit sedimentasi merupakan proses pemisahan padatan dan air berdasarkan perbedaan berat jenis dengan cara pengendapan (BSN 2008). Sedimentasi adalah suatu unit operasi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Pada unit sedimentasi parameter kekeruhan dalam air dapat menurun. Gumpalan padatan yang terbentuk saat proses koagulasi masih memiliki ukuran

yang kecil. Gumpalan-gumpalan kecil ini akan terus saling bergabung membuat gumpalan yang lebih besar pada proses flokulasi. Dengan terbentuknya gumpalan-gumpalan besar, maka beratnya akan bertambah, sebagai akibatnya gaya beratnya gumpalan-gumpalan tadi akan beranjak ke bawah serta mengendap di bagian dasar tangki sedimentasi.

2.3.5 Filtrasi

Filtrasi merupakan tahap dengan proses mengalirkan air hasil sedimentasi atau air baku yang belum terolah sempurna melalui media pasir. Proses yang terjadi selama penyaringan adalah pengayakan (straining), flokulasi antar butir, sedimentasi antar butir, dan proses biologis. Filtrasi, jika dilihat dari kecepatannya dapat digolongkan menjadi saringan pasir cepat (filter bertekanan dan filter terbuka) dan saringan pasir lambat (Darmasetiawan 2011). Fungsi utama unit filtrasi adalah untuk menyaring sisa-sisa flok yang tidak terendapkan oleh bak sedimentasi. Jika filter berjalan dengan baik, partikel flok lengket tidak akan keluar melalui celah antara butiran pasir dan akan dihasilkan air jernih yang sempurna (Abdulkareem et al. 2015). Filtrasi memisahkan padatan-padatan yang terkandung di dalam air dengan cara melewatkannya ke media yang berpori atau bahan berpori lainnya untuk memisahkan padatan dalam air tersebut baik yang berupa suspensi maupun koloid. Filtrasi atau penyaringan juga mengurangi kandungan bakteri, bau, rasa, mangan, dan besi yang terkandung dalam air.

2.3.6 Desinfeksi

Desinfeksi adalah tahap yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme patogen yang ada dalam air, baik dari instalasi pengolahan atau yang masuk melalui jaringan distribusi (Bitton 1994). Desinfeksi dapat berfungsi sebagai alat oksidasi materi organik serta anorganik (Fe, Mn), destruksi bau serta rasa, dan kontrol terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Secara umum desinfeksi bisa dikelompokkan sebagai desinfeksi secara fisik, ultraviolet, serta dengan memakai bahan kimia. Anggraeni (2009) pada penelitiannya mengemukakan bahwa klorin, kloramin, atau klorin dioksida paling sering digunakan karena desinfektan yang sangat efektif, tidak hanya pada pabrik pengolahan namun juga pada pipa yang mendistribusikan air.

2.3.7 Reservoir

Sesudah air di proses melalui unit instalasi air, air akan di tampung pada reservoir. Reservoir adalah bangunan penampung air sebelum dilakukan pendistribusian ke konsumen. Reservoir pada sistem distribusi berfungsi untuk menyeimbangkan debit pengaliran, mempertahankan tekanan, serta mengatasi keadaan darurat. Agar menjadi nilai efektivitas, reservoir lebih baik diletakkan sedekat mungkin dengan sentra wilayah pelayanan. Di kota-kota besar, reservoir distribusi ditempatkan di beberapa 20 lokasi pada wilayah pelayanan. Reservoir pada distribusi juga bermanfaat untuk mengurangi variasi tekanan pada sistem distribusi (Kodoatie 2008).

Reservoir terdiri dari dua jenis, yaitu *ground reservoir* serta *elevated reservoir*. *Ground reservoir* adalah bangunan penampungan air bersih yang letaknya terdapat di bawah muka tanah. *Elevated reservoir* ialah bangunan penampungan air yang letaknya berlawanan dengan *ground water reservoir*, yaitu di atas permukaan tanah

dengan ketinggian tertentu agar nantinya dapat mencapai tekanan menuju titik terjauh.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

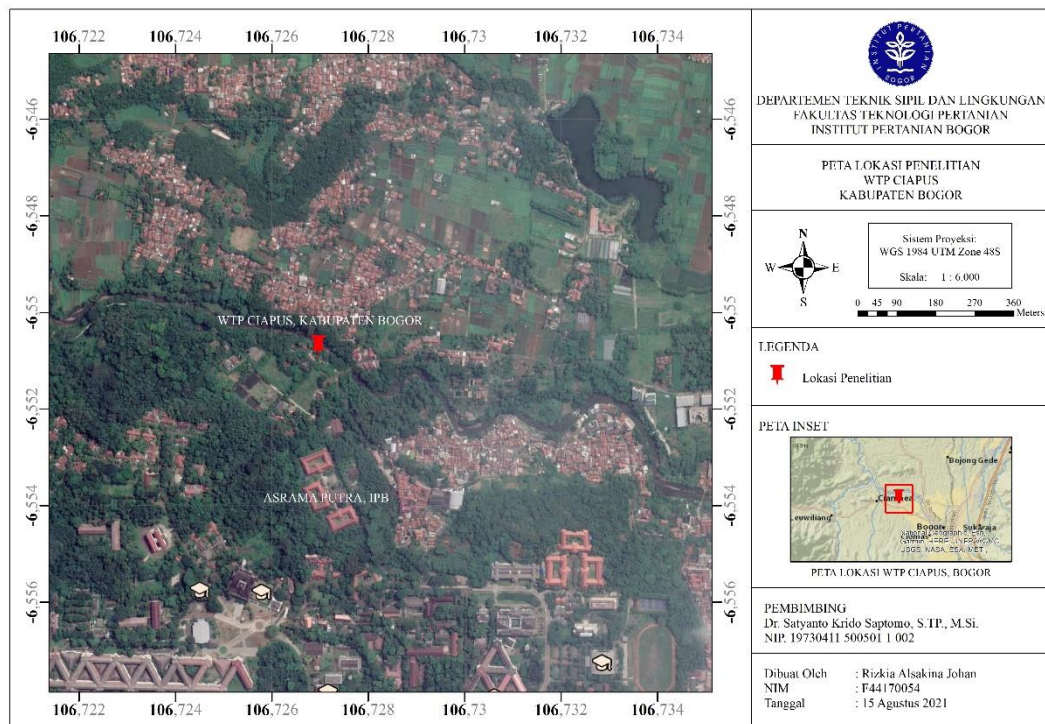


- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yakni tahap pengumpulan dan pengambilan data serta tahap pengolahan data. Pengambilan sampel dan analisis laboratorium dilaksanakan selama 3 bulan pada bulan April - Juni 2021. Lokasi penelitian ini dilakukan di WTP Ciapus Kampus IPB Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat yang terletak pada koordinat $6^{\circ}33'2.72''S$ dan $106^{\circ}43'36.85''T$ yang dapat dilihat pada Gambar 1. Pengukuran, perhitungan serta analisis data dan penyusunan skripsi dilakukan di Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

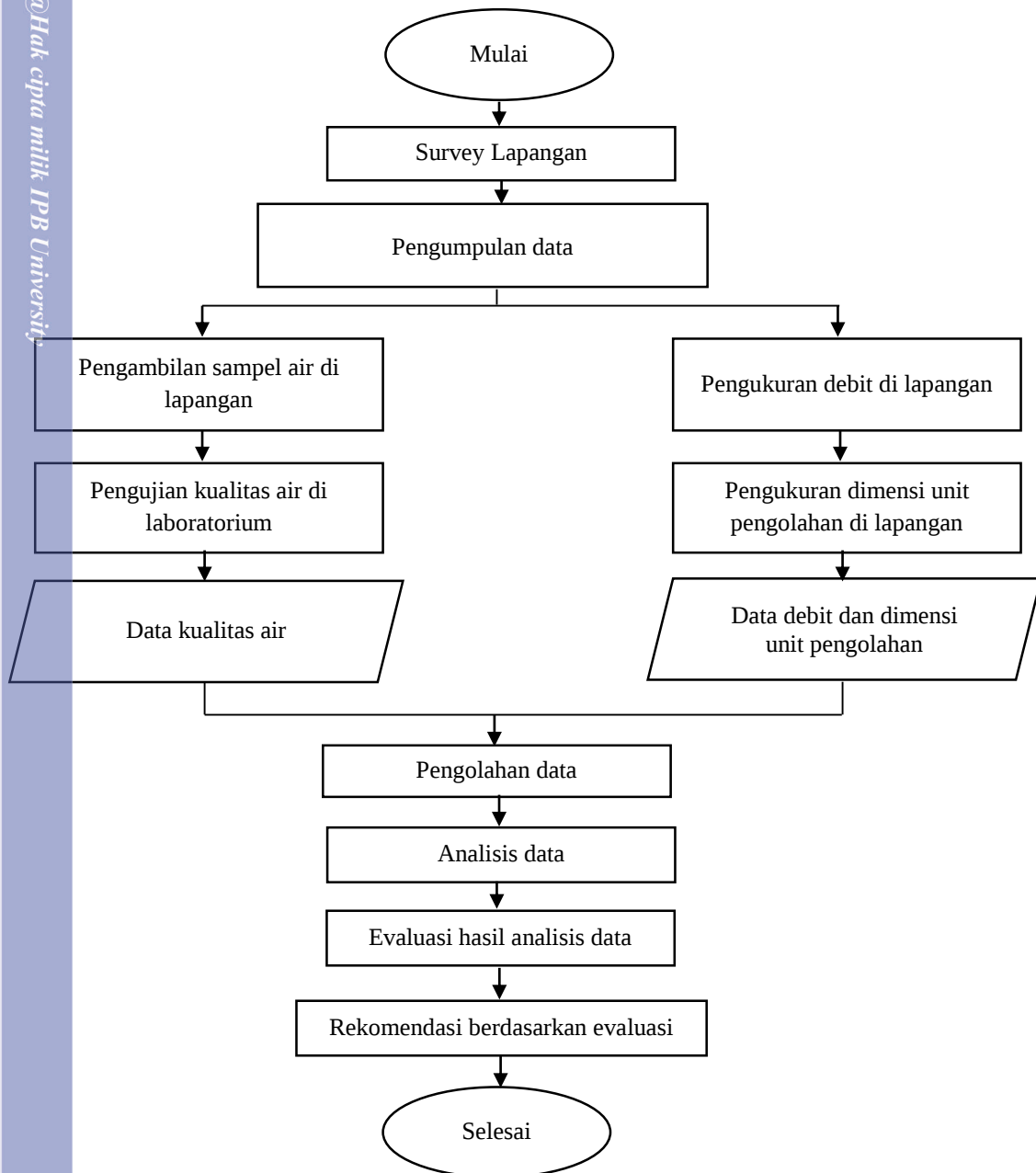
3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu pH meter, termometer, TDS meter, turbidity meter, spektrofotometer, ember plastik, botol sampel, erlenmeyer, gelas piala, pipet, gelas ukur, labu takar, corong, gelas piala, timbangan, desikator, jar test serta alat tulis dan komputer yang telah dilengkapi dengan beberapa software seperti *AutoCAD*, serta software pendukung lainnya seperti *Microsoft Excel*, dan *Microsoft Word*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data primer yang didapat dari analisis di laboratorium.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian mengenai evaluasi kualitas air pada *Water Treatment Plant* Ciapus dilakukan dengan tahapan berupa *survei* terlebih dahulu, dilanjutkan dengan pengamatan dan pengumpulan contoh air di lapangan, analisis contoh air di laboratorium, pengumpulan dan pengolahan data hasil dari analisis di laboratorium,

dan kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang dapat dilihat pada Lampiran 1. Pengamatan mengenai kinerja unit instalasi dilakukan dengan tahapan berupa pengumpulan data mengenai debit dan dimensi unit instalasi serta pengolahan data. Diagram alir tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

3.3.1 Pengambilan dan pengujian contoh air

Pengambilan contoh air dilakukan pada lima titik sampling. Titik sampling satu pada *intake*, titik tiga pada unit koagulasi, titik empat yaitu pada unit sedimentasi, titik lima pada unit filtrasi, dan terakhir titik enam pada *output*. Pengambilan sampel air dilakukan pada lima hari yang mewakili musim penghujan pada waktu pagi hari.

Pengambilan sampel dari tiap titik unit pengolahan digunakan untuk menganalisis parameter terukur, yaitu seperti jumlah total zat padat terlarut (TDS) yang dianalisa menggunakan TDS meter, kekeruhan menggunakan *turbidity* meter, suhu dengan termometer dan pH dengan pH meter. Hasil analisa tersebut kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu yang berlaku, yaitu Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Langkah-langkah pengujian contoh air di laboratorium adalah sebagai berikut.

- pH dan suhu
Mengukur pH dan suhu dilakukan dengan menggunakan pH meter. Sebelum digunakan, pH meter terlebih dahulu dikalibrasi. Mengukur pH dan suhu air sampel adalah dengan cara memasukkan air sampel ke gelas ukur terlebih dahulu. Selanjutnya elektroda dimasukkan ke dalam sampel dan tekan tombol baca. Angka suhu akan terlihat. Biarkan elektroda di dalam sampe selama 1-2 menit dan tunggu hingga angka di monitor menunjukkan angka pH stabil.
- Kekeruhan
Tingkat kekeruhan atau turbiditas ditunjukkan dengan satuan pengukuran yaitu *Nephelometric Turbidity Units* (NTU). Mengukur kekeruhan dilakukan dengan menggunakan turbidimeter. Sebelum digunakan, terlebih dahulu turbidimeter dikalibrasi dengan menggunakan sampel standar dari turbiditas / kekeruhan 0,01 NTU sampai 7500 NTU. Langkah setelahnya yaitu dengan memasukan air sampel yang sudah diambil ke botol sampel dan diseka dengan kain untuk membersihkan botol tersebut tanpa menyentuh botol sampel dengan tangan. Kemudian masukkan sampel ke dalam ruang *cell* sesuai garis indikator. Setelah itu turbidimeter dapat dinyalakan dan ditekan tombol baca, monitor akan menunjukkan nilai turbiditas.
- TDS
Jumlah total zat padat terlarut atau TDS diukur menggunakan TDS meter. Air yang telah diambil pada titik sampling kemudian dipindahkan ke dalam suatu wadah terbuka. TDS meter digunakan dengan cara membuka tutup TDS meter dan dicelupkan ke dalam air di wadah sampai batas yang tersedia, kemudian baca nilai yang terdapat di layar.
- Sulfat
Kadar sulfat diukur dengan menggunakan spektrofotometer, dengan cara air sampel 50ml dimasukan kedalam erlenmeyer 250 ml dan ditambahkan 20 ml larutan buffer. Setelah homogen, kemudian kembali ditambahkan 0,2 g sampai dengan 0,3 g barium klorida, setelah kurnag lebih 5 menit kemudian diaduk. Dilakukan pengukuran dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm setelah beberapa menit penambahan barium klorida. Dilakukan analisis duplo (Ananda 2019).
- Nitrit
Pengujian kadar nitrit dilakukan dengan cara air sampel dimasukkan sebanyak 50 ml ke dalam labu ukur dan kemudian ditambahkan dengan *sulfanilic acid* sebanyak 1 ml. Setelah 2 sampai 8 menit, ditambahkan

kembali dengan larutan NED sebanyak 1 ml. Dilakukan pengukuran dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 543 nm setelah lebih dari 20 menit penambahan NED. Dilakukan analisis duplo.

3.3.2 Evaluasi unit pengolahan air bersih

Setelah data-data hasil analisis laboratorium diperoleh, pengolahan data kemudian dilakukan untuk menghasilkan data kuantitatif sebagai bahan evaluasi. Untuk mengevaluasi kinerja dari WTP Ciapus, setiap kriteria desain unit pengolahan airnya akan dibandingkan dengan SNI 6774-2008 tentang tata cara perencanaan unit paket Instalasi Pengolahan Air. Dilakukan perhitungan untuk unit pengolahan koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi.

Koagulasi

Jumlah pemakaian koagulan tergantung kepada kekeruhan air baku. Semakin tinggi kekeruhan air baku maka semakin besar jumlah koagulan yang dibutuhkan. Pada saat evaluasi unit koagulasi dilakukan *jar test* untuk menentukan dosis optimal dari koagulan yang digunakan. Sebelum dilakukan *jar test* dilakukan pengujian kualitas air terlebih dahulu dengan minimal parameter, seperti kekeruhan, warna dan pH.

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui gradien kecepatan dari proses pengadukan lambat yang dilakukan pada unit koagulasi. Rumus perhitungan tersebut dapat dilihat pada Persamaan 1 (Putri 2013).

$$G = \sqrt{\frac{g \cdot H_L}{\nu \cdot t_d}} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana, G = gradien kecepatan (detik⁻¹)
g = percepatan gaya gravitasi (m/det²)
h = head loss (m)
ν = viskositas kinematis (m²/det)
td = waktu detensi (det)

Flokulasi

Pada proses flokulasi juga dilakukan perhitungan gradien kecepatan proses pengadukan cepat tersebut. Perhitungan dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui kehilangan tekanan yang terjadi pada pengadukan. Selanjutnya, menurut Anjar (2015), rumus perhitungan dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$G = \sqrt{\frac{g \cdot H_L}{\nu \cdot t_d}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana, G = gradien kecepatan (detik⁻¹)
g = percepatan gaya gravitasi (m/det²)
H_L = head loss (m)
ν = viskositas kinematis (m²/det)
td = waktu detensi (det)

- Sedimentasi

Pada proses sedimentasi dilakukan perhitungan untuk menentukan waktu detensi dari *settler* yang digunakan pada proses ini. Selain itu juga perlu diketahui bilangan *reynolds* dan *fraude* pada hitungan. Waktu detensi yaitu waktu yang diperlukan oleh suatu tahap pengolahan agar tujuan pengolahan dapat tercapai secara optimal. Kecepatan aliran pada bak sedimentasi dapat dihitung dengan Persamaan 3.

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(3)$$

Waktu detensi pengendapan dapat dihitung dengan Persamaan 4.

$$t_d = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana, t_d = waktu detensi (det)
 A = luas permukaan bak (m^3)
 Q = debit (m^3/det)
 v_0 = kecepatan aliran (m/det^2)
 V = volume bak (m^3)

(Anjar 2015).

- Filtrasi

Pada tahap proses filtrasi, akan dihitung mulai kecepatan penyaringan, kecepatan *backwash*, kehilangan tekanan pada saat *backwash*, dan ketinggian ekspansi (Putri 2013). Kecepatan penyaringan dapat dihitung menggunakan persamaan Persamaan 5.

$$v_a = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana, A = luas area bak (m^3)
 Q = debit aliran (m^3/det)

Pada proses filtrasi tidak lepas dengan proses *backwash*, *backwash* berguna untuk mencuci media atau tabung filter agar kandungan kotoran hasil proses filtrasi ikut terbuang. Kecepatan *backwash* dihitung dengan Persamaan 6.

$$V_b = V_s \epsilon^{4,5} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana, V_b = kecepatan *backwash* (m/jam)
 V_s = kecepatan pengendapan (m/jam)
 ϵ = porositas ekspansi



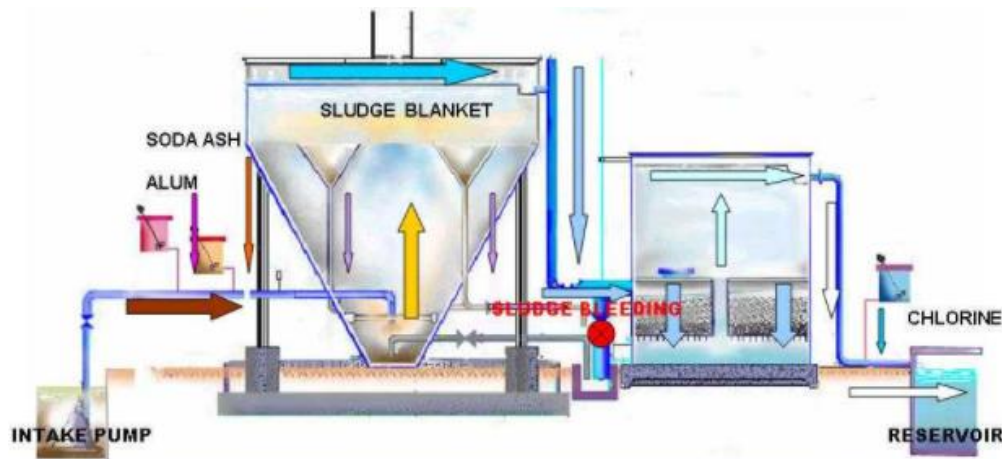
Ketinggian ekspansi adalah ketinggian air yang terjadi pada media reaktor filter akibat proses *backwash* karena ketinggian inilah yang menentukan kedalaman sebuah bak filter (Al Khakim dan Purnomo 2014). Perhitungan ekspansi dapat dihitung dengan Persamaan 7.

$$\varepsilon_e = \left(\frac{v_b}{v_s} \right)^{0,22} \dots\dots\dots(8)$$

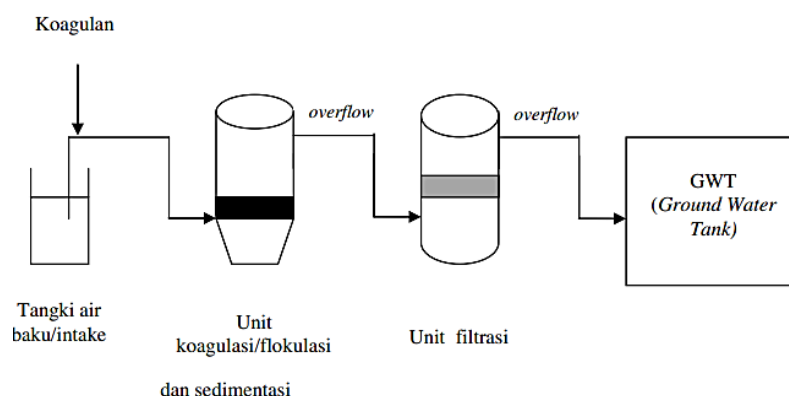
Hasil analisa laboratorium dan evaluasi kinerja instalasi pengolahan air bersih dengan sumber air baku sungai Ciapus akan dibandingkan dengan baku mutu dan dijadikan sebagai dasar perbaikan *Water Treatment Plant* bersih selanjutnya.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Institut Pertanian Bogor memiliki berbagai sumber air yang berasal dari dua Instalasi Pengolahan Air atau *Water Treatment Plant* (WTP) yaitu WTP Cihideung dan WTP Ciapus. *Water Treatment Plant* yang ada di kampus IPB Dramaga terdiri dari 3 jenis, yaitu jenis gravitasi, bertekanan, dan *ultra filtration*. WTP Cihideung terdiri dari sembilan instalasi yang mengolah air untuk kemudian didistribusikan menuju fakultas-fakultas di kampus IPB Dramaga, terdiri dari dua jenis pengolahan, yaitu bertekanan dan *ultra filtration*. Sedangkan, WTP Ciapus terdiri dari tiga unit instalasi yang menyalurkan kebutuhan air ke tujuan yang berbeda yaitu asrama mahasiswa dan perumahan dosen. WTP Ciapus terdiri dari dua jenis pengolahan, yaitu tipe gravitasi dan bertekanan. Namun, WTP Ciapus pada saat ini hanya menggunakan satu jenis pengolahan yaitu pengolah tipe gravitasi, instalasinya terdiri dari proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Skema dan alur pengolahan air pada WTP Ciapus dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3 Skema pengolahan air pada WTP dengan tipe gravitasi (Emindo 2012)



Gambar 4 Alur pengolahan air pada WTP dengan tipe gravitasi (Apriyanto 2011)

Proses pengolahan pada WTP Ciapus dimulai dengan air sungai Ciapus yang dipompa melalui unit *intake* untuk selanjutnya air baku secara gravitasi mengalir menuju unit sedimentasi. Pada aliran menuju unit sedimentasi, terdapat proses

koagulasi, yaitu dilakukan penambahan bahan kimia berupa alumunium sulfat (tawas) yang berfungsi sebagai bahan yang menggumpalkan lumpur koloidal sehingga lebih mudah diendapkan serta menghasilkan flok yang bisa mengadsorpsi zat pencemar melalui pengadukan secara hidrolis dengan cara pengadukan dalam pipa. Air yang telah melalui proses koagulasi kemudian melalui proses flokulasi pada pipa masuk menuju unit sedimentasi. Pada unit sedimentasi terjadi pengendapan pada flok-flok kemudian air yang sudah terproses di sedimentasi mengalami *overflow* dan mengalir menuju unit filtrasi. Pada unit filtrasi terjadi proses penyaringan dengan media penyaring berupa pasir silika. Air yang telah melewati proses filtrasi, kemudian akan menuju *ground water tank* dan terjadi proses desinfeksi.

Kualitas air merupakan kondisi air berdasarkan karakteristik fisik, kimiawi, dan biologisnya. Menurut Effendi (2003), kualitas air dapat juga berarti sebagai sifat air yang mempunyai kandungan makhluk hidup, zat energi atau komponen lain di dalamnya. Kualitas air pada setiap wilayah lainnya akan berbeda-beda, sesuai dengan karakteristik wilayahnya masing-masing, sehingga dibutuhkan pemantauan dan pengawasan kualitas air. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum menyebutkan bahwa air minum artinya air yang telah melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang diharuskan memenuhi standar kesehatan.

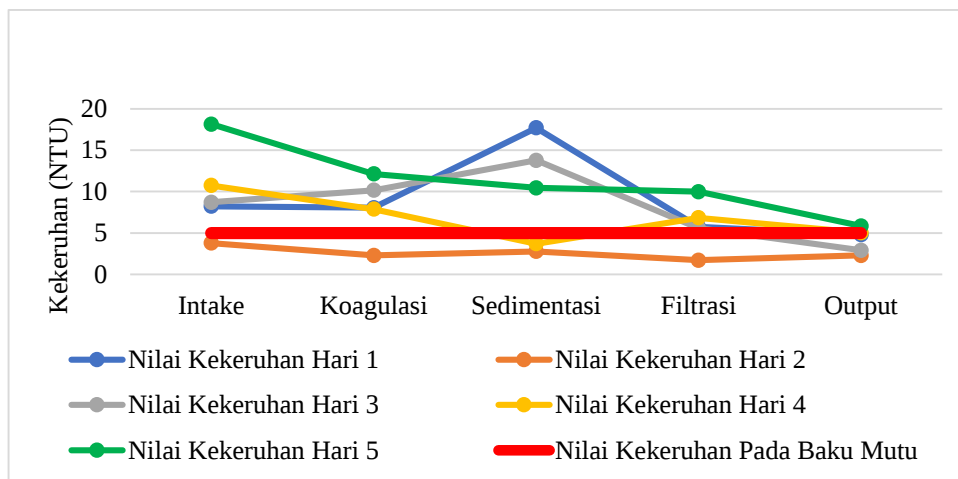
Masalah utama tentang air yang berkaitan dengan kualitas air minum salah satunya adalah terkait kondisi pasokan jaringan air (Khadse et al 2011). Bila ditinjau dari syarat air minum, air yang menjadi air baku diharuskan berasal dari air higienis serta kualitasnya harus memenuhi kondisi kualitas air yang ada di standar mutu air minum. Parameter kualitas air yang harus diperiksa dalam rangka pengujian kualitas air minum dibedakan menjadi parameter yang mempengaruhi kesehatan secara langsung serta yang tidak langsung mempengaruhi.

4.1 Evaluasi Kualitas Air

Pengujian kualitas air pada WTP Ciapus dilakukan dengan 5 kali pengulangan, dalam 5 hari. Air yang diuji merupakan air dari mulai sumber air baku pada *intake* dan dilanjutkan dengan hasil olahan pada tiap unitnya. Unit-unit tersebut adalah *intake*, koagulasi, sedimentasi, filtrasi dan *output* pada *ground water tank*. Hasil pengujian kualitas air yang telah didapat kemudian akan dibandingkan dengan standar baku mutu. Baku mutu yang dipakai adalah Permenkes No. 492 Tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Terdapat 6 parameter kualitas air yang diuji, antara lain suhu, kekeruhan, TDS, Ph, sulfat dan nitrit. Hasil dari pengujian parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut.

4.1.1 Kekeruhan

Kekeruhan perairan biasanya ditimbulkan oleh adanya partikel-partikel suspensi seperti contohnya tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik terlarut, bakteri, plankton dan organisme lainnya. Kekeruhan perairan mendeskripsikan sifat optik air yang dipengaruhi oleh banyaknya cahaya yang diserap serta dipancarkan dari bahan-bahan yang ada pada air (Pujiastuti 2013). Nilai kekeruhan pada WTP Ciapus dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil pengujian parameter kekeruhan

Berdasarkan hasil yang didapat, dapat diketahui nilai kekeruhan pada setiap unit bervariasi. Nilai kekeruhan cenderung turun dari *intake* hingga *output*, namun ada yang mengalami beberapa kenaikan pada unit sedimentasi dan filtrasi. Kenaikan nilai kekeruhan yang tidak seharusnya pada unit tersebut dapat disebabkan oleh unit yang belum dilakukan *backwash* pada saat pengambilan sampel. Peningkatan nilai kekeruhan pada hari-hari tertentu juga dapat terjadi jika pada hari itu terjadi hujan saat sebelum pengambilan sampel. Selain itu juga dapat disebabkan oleh beberapa kebocoran pada unit sehingga lumpur maupun flok-flok yang seharusnya mengendap pada unit tersebut masih tersisa dan naik ke permukaan dan saat sampel diambil flok tersebut terbawa.

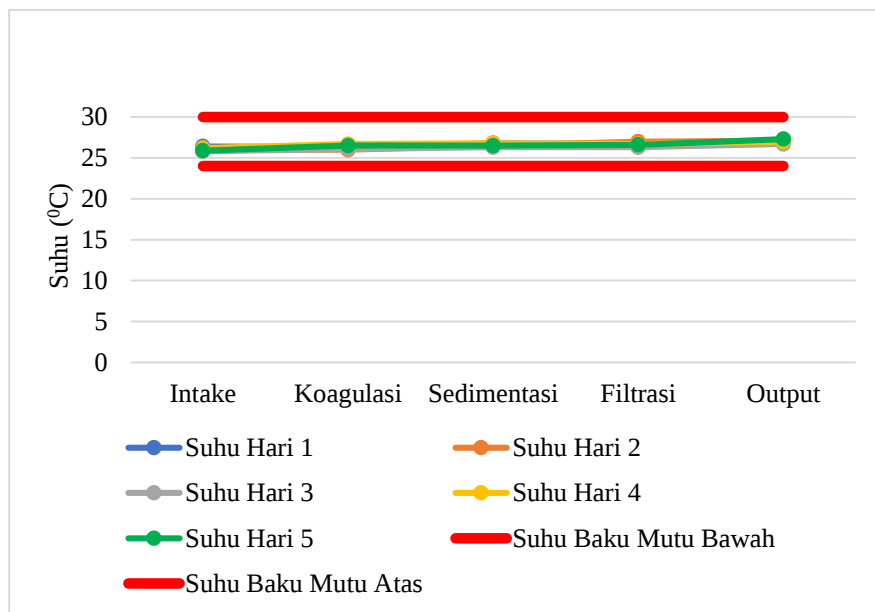
Hasil pengujian kekeruhan yang didapat menunjukkan air sampel pengolahan *output* atau GWT yaitu pada air yang siap didistribusikan bernilai cukup baik jika dibandingkan dengan baku mutu. Dapat dilihat pada Lampiran 1 bahwa nilai tertinggi pada hasil pengujian kekeruhan adalah sebesar 18,15 NTU. Menurut standar baku mutu, kekeruhan maksimal adalah 5 NTU, sedangkan pada hasil pengujian tersebut hanya satu kali pengujian yang menunjukkan kekeruhan *output* berada di atas standar baku mutu, yaitu pada hari kelima. Hal tersebut dapat disebabkan oleh air yang sejak berasal dari air baku (*intake*) pada hari itu kekeruhannya sudah sangat tinggi dibanding hari lainnya.

4.1.2 Suhu

Suhu pada air umumnya ditentukan oleh komposisi substrat, kekeruhan, air hujan, luas bagian atas perairan yang langsung menerima sinar matahari dan suhu perairan yang mendapatkan air limpasan. Suhu perairan merupakan faktor lingkungan yang penting dan dapat mempengaruhi proses produksi air. Berbagai aktivitas penting manusia, seperti mandi dan minum dapat dipengaruhi oleh suhu air yang digunakan. Suhu air juga dapat mempengaruhi proses pengolahan air. Hasil pengujian suhu pada WTP Ciapus dapat dilihat pada Gambar 6.

Hasil pengujian menunjukkan suhu pada unit WTP Ciapus berada pada nilai normal. Pada tiap unit, suhu tidak memiliki perbedaan yang signifikan dan cenderung konstan setiap harinya. Nilai suhu tertinggi didapat pada *output* di hari kelima yaitu sebesar 27,3°C. Dibandingkan dengan standar baku mutu, nilai suhu pada tiap unit seluruhnya masih berada di atas baku mutu minimum dan di bawah baku mutu maksimum.

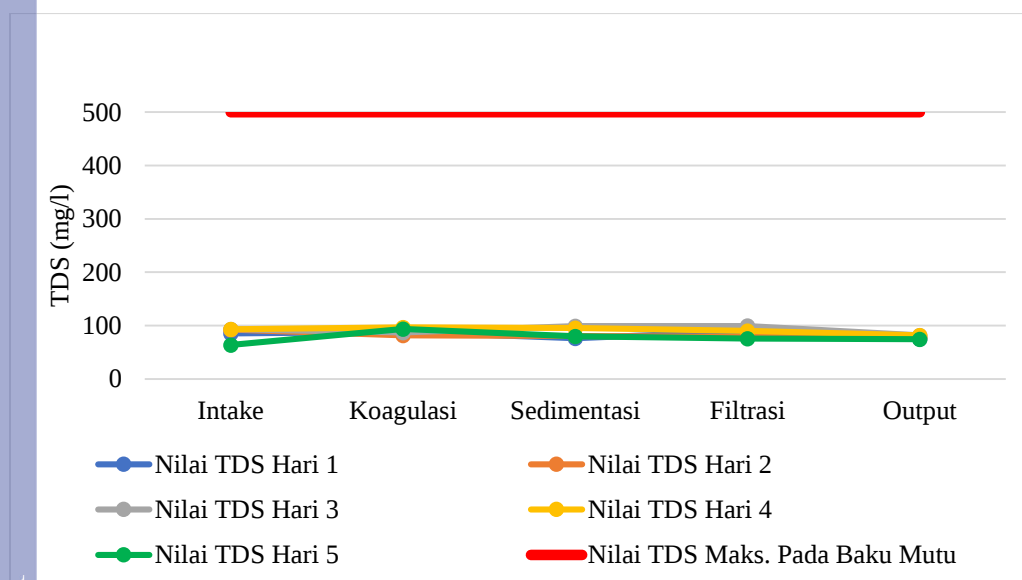
- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 6 Hasil pengujian parameter suhu

4.1.3 Total Dissolved Solid (TDS)

Padatan terlarut ialah padatan yang mempunyai bentuk yang lebih kecil dari padatan tersuspensi. Padatan terlarut terdiri oleh senyawa organik serta anorganik yang larut pada air. Air buangan industri biasanya mengandung zat pencemar terlarut yang tinggi, yang tidak jarang mencemari perairan dan sangat berbahaya bagi kehidupan di sekitarnya. Besarnya kandungan padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari kepada air, sebagai akibatnya bisa mengurangi regenerasi oksigen secara fotosintesis. Hasil pengujian TDS pada WTP Ciapus dapat dilihat pada Gambar 7.



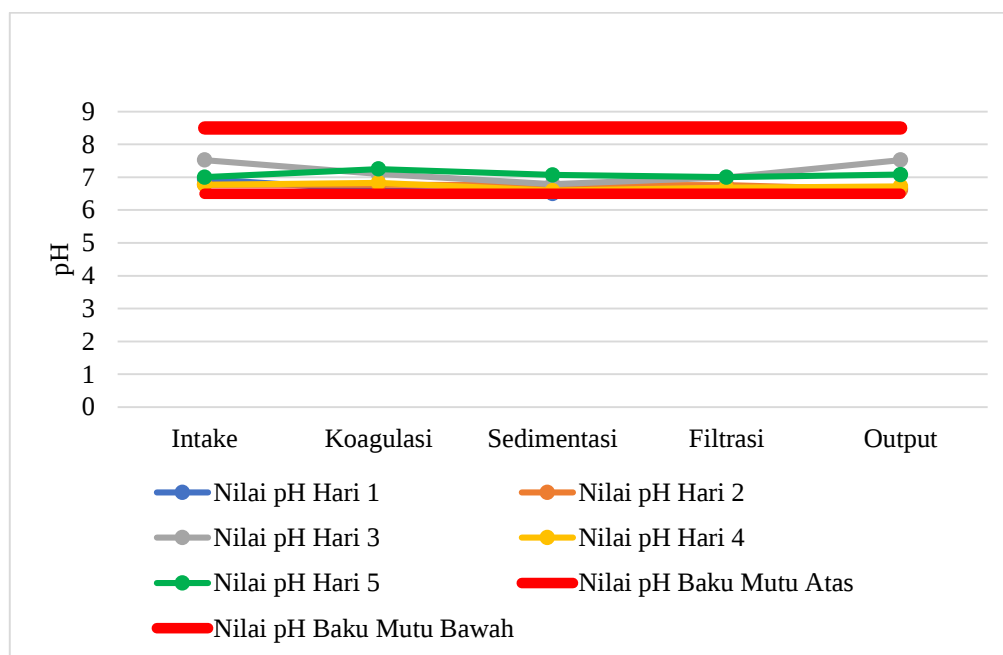
Gambar 7 Hasil pengujian paramater *total dissolved solid*

Hasil analisa yang diperoleh menunjukkan nilai TDS pada unit pengolahan tidak berbeda jauh setiap harinya. Nilai TDS terendah pada hasil pengujian adalah 74,3

mg/l yaitu pada *output* hari kelima, sedangkan nilai tertinggi adalah 99,1 mg/l yaitu pada unit sedimentasi hari ketiga. Nilai-nilai tersebut masih jauh di bawah batas baku mutu yang seharusnya (500 mg/l). Hal ini berarti parameter TDS pada WTP Ciapus masih memenuhi persyaratan kualitas air.

4.1.4 pH

Nilai pH suatu perairan mencerminkan jumlah antara asam dan basa pada air dan merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen pada air. Berdasarkan Saeni (1989), nilai pH perairan air tawar berkisar antara 5 hingga 9. Batas toleransi organisme air terhadap pH bervariasi tergantung oleh suhu air, oksigen terlarut, adanya aneka macam anion serta kation dan jenis organisme. Menurut standar baku mutu yaitu permenkes 492 tahun 2010, nilai minimum pH adalah 6,5 dan nilai maksimumnya adalah 8,5. Dibandingkan dengan sungai Cihideung, pH pada sungai Ciapus cenderung lebih rendah, hal ini menyebabkan pH pada instalasi sampai hasil output WTP Ciapus menjadi lebih rendah dibandingkan dengan WTP Cihideung. Hasil pengujian pH pada unit instalasi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Hasil pengujian parameter pH

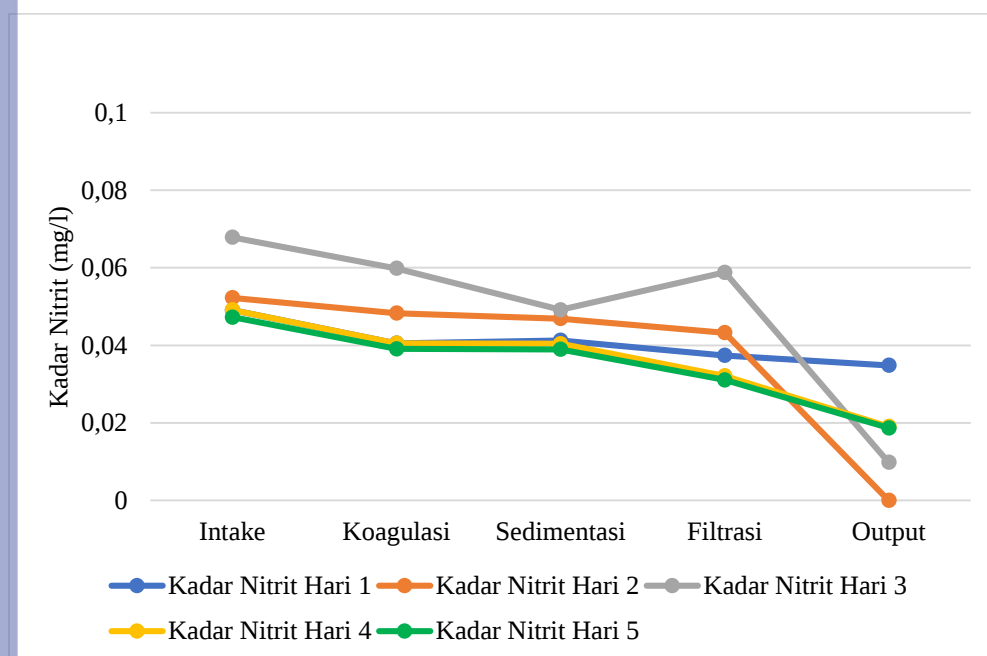
Berdasarkan hasil yang diperoleh, pH air baku dan air hasil olahan dari setiap unit pengolahan berada pada kisaran pH 6,5 sampai 7,2. pH tertinggi yaitu berasal dari sumber air baku pada hari ketiga. Jika dibandingkan dengan standar baku mutu, maka pH setiap unit masih berada pada nilai yang diperbolehkan yaitu 6,5 – 8,5. pH air yang lebih besar dari 7 lebih cenderung untuk menghasilkan kerak pada pipa serta kurang efektif saat membunuh bakteri karena akan lebih efektif pada syarat netral atau bersifat asam lemah (Astari 2008).

4.1.5 Nitrit

Nitrit merupakan ion anorganik alami, dan merupakan bagian dari siklus nitrogen. Aktivitas mikroba yang ada di tanah atau air menguraikan sampah yang

mengandung nitrogen organik pertama-tama menjadi amonia, kemudian akan teroksidasi menjadi nitrit dan nitrat. Nitrit juga adalah akibat metabolisme dari siklus nitrogen. Bentuk pertengahan dari nitrifikasi serta denitrifikasi. Nitrat dan nitrit merupakan komponen yang mengandung nitrogen berikatan dengan atom oksigen, perbedaannya ialah nitrat mengikat tiga atom oksigen sedangkan nitrit mengikat dua atom oksigen. Nitrat telah diubah sebagai bentuk nitrit atau bentuk lainnya saat di alam (Aswadi 2006). Kadar nitrit yang lebih dari 0,05 mg/l dapat memiliki sifat beracun bagi organisme perairan yang peka dan sensitif. Kadar nitrit di dalam perairan harus relatif kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Hasil pengujian kadar nitrit pada unit instalasi dapat dilihat pada Gambar 9.

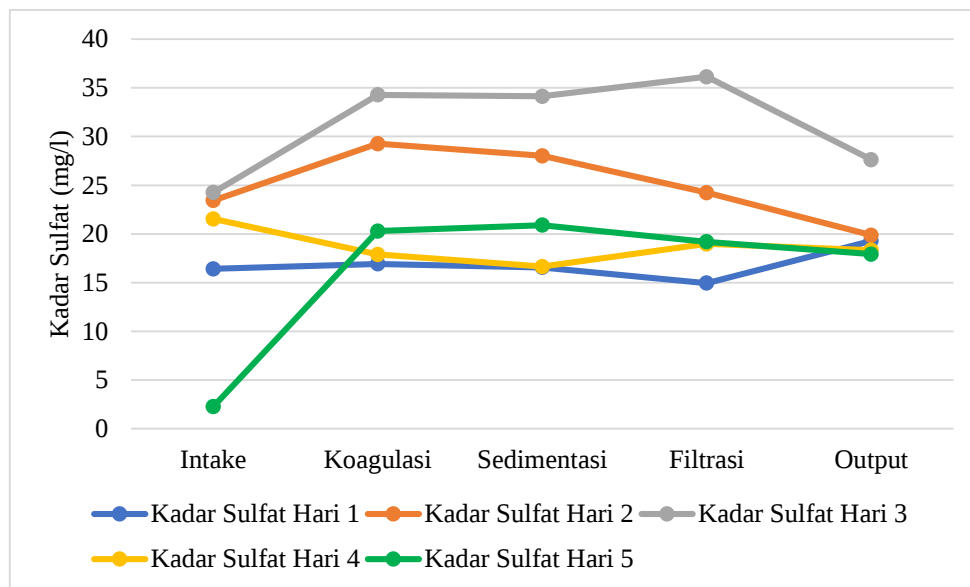
Hasil pengujian menunjukkan nilai nitrit yang menurun di setiap tahap pengolahan. Kadar nitrit tertinggi terjadi pada unit *intake* di hari ketiga. Sedangkan, kadar nitrit terendah terdapat pada unit *output* di hari kedua yang menunjukkan hasil kadar nitrit adalah nol yaitu pada unit *output* di hari kedua. Kadar nitrit yang didapat masih berada di bawah standar baku mutu yang diperlukan yaitu 3 mg/l dengan kadar tertinggi didapat pada unit *intake* di hari ketiga.



Gambar 9 Hasil pengujian kadar nitrit

4.1.6 Sulfat

Sulfat adalah bentuk sulfur utama dalam perairan dan tanah. Sulfat dapat digunakan pada industri tekstil, penyamakan kulit, kertas, dan metalurgi. Di perairan yang diperuntukan bagi air minum sebaiknya tidak mengandung senyawa natrium sulfat dan magnesium sulfat. Sulfat dalam air bereaksi menghasilkan asam sulfat yang terbentuk melalui oksidasi. Sulfat berbahaya bagi kesehatan jika sudah melewati batas kadar maksimum pada sulfat yang sesuai dengan baku mutu yaitu 250 mg/l. Dampak terkena asam sulfat yaitu terjadinya iritasi pada kulit dan mata, dan menyebabkan gangguan pernapasan (Mudiah 2017). Hasil pengujian kadar sulfat pada unit instalasi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Hasil pengujian parameter kadar sulfat

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kadar sulfat pada setiap unit instalasi sangat variatif. Semakin tinggi konsentrasi sulfat, maka semakin keruh air tersebut (Mulyono 2007). Kadar sulfat pada intake hari ke-5 memiliki nilai yang sangat rendah dapat disebabkan oleh terjadinya kesalahan pada saat pengujian. Kadar sulfat yang cenderung meningkat dapat disebabkan karena terjadinya penambahan koagulan berupa aluminium sulfat atau tawas. Kadar sulfat tertinggi berada pada unit filtrasi di hari ketiga yaitu 36,143 mg/l. Semua hasil nilai kadar sulfat masih memenuhi standar baku mutu yaitu 250 mg/l. Hal ini berarti kadar sulfat pada unit pengolahan masih memenuhi persyaratan kualitas air.

Kelayakan WTP dapat dilihat oleh kualitas air yang dihasilkan. Kualitas air yang dihasilkan oleh pengolahan sangat dipengaruhi oleh keadaan sumber air baku pengolahan tersebut. Dengan bertambah buruknya kualitas air baku maka air yang dihasilkan juga akan buruk. Hasil evaluasi kualitas air pada WTP Ciapus menunjukkan bahwa air yang dihasilkan oleh pengolahan ini masih layak untuk dikonsumsi. Perbandingan hasil evaluasi kualitas air dan baku mutu pada WTP Ciapus dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan kualitas air hasil evaluasi dan baku mutu

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maks. yang Diperbolehkan	Kadar Maks. Hasil Pengujian
A. Parameter Fisika				
1	Kekeruhan	NTU	5	18,15
2	Suhu	°C	suhu udara ± 3	27,3
3	TDS	mg/l	500	99,3
B. Parameter Kimia				
1	pH		6,5 - 8,5	6,5 - 7,52
2	Nitrit	mg/l	3	0,068
3	Sulfat	mg/l	250	36,14

Berdasarkan Tabel 1, nilai-nilai kualitas air yang didapat dari pengujian sebagian besar menunjukkan angka yang masih berada di bawah standar baku mutu kecuali pada parameter kekeruhan. Hasil pengujian menunjukkan nilai suhu, TDS, pH, nitrit, dan sulfat masih berada pada batas aman. Sedangkan, nilai kekeruhan tertinggi yaitu 18,15 NTU, dimana nilai ini melebihi standar baku mutu yang seharusnya adalah 5 NTU. Nilai kekeruhan tertinggi ini terdapat pada sumber air baku di hari ke-5. Hal ini menyebabkan nilai kekeruhan yang dihasilkan pada tahap pengolahan setelahnya juga menjadi tinggi. Nilai kekeruhan yang tinggi ini dapat disebabkan oleh terjadinya hujan saat sebelum pengambilan sampel yang menyebabkan terjadinya penghamburan sedimentasi dalam sungai dan menyebabkan banyak flock atau lumpur yang naik ke atas dan akhirnya terbawa pada saat pengambilan air.

4.2 Evaluasi Kinerja Unit

Evaluasi kinerja unit instalasi WTP Ciapus dilakukan dengan cara melakukan perhitungan pada setiap unitnya dengan berdasarkan oleh dimensi setiap unit dan data-data yang didapatkan. Perhitungan unit-unit tersebut dikhususkan pada koagulasi, sedimentasi, dan filtrasi. Debit pengolahan pada WTP Ciapus adalah sebesar 0,02 m³/detik. WTP Ciapus bekerja dengan tipe gravitasi. Pada unit sedimentasi dibuat tinggi, agar air memiliki energi yang cukup untuk mengalir dan melalui filter yang ada untuk menuju ke unit berikutnya hanya dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Begitu pula dengan unit filtrasi, dibuat tinggi agar mampu menuju ke *Ground Water Tank* (GWT) secara *overflow* hanya dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Setelah itu air bersih yang ditampung di dalam GWT, akan disalurkan melalui pompa transmisi menuju ke resevoir yang ada dan pada akhirnya akan disalurkan hingga menuju unit-unit pengguna secara gravitasi.

4.2.1 Intake

Intake merupakan bangunan untuk pengumpulan air baku yang akan dialirkan ke pengolahan air bersih. Unit ini berfungsi untuk mengumpulkan air dari sumber dan menjaga kuantitas debit air yang dibutuhkan oleh instalasi pengolahan, mengambil air baku sesuai dengan debit yang diperlukan oleh instalasi pengolahan, dan menyaring sampah serta benda-benda kasar dengan menggunakan *bar screen*. Bangunan pengambilan membutuhkan perencanaan yang baik karena memiliki umur pakai yang panjang. Perencanaan ini contohnya, seperti digunakan bangunan pengambilan (*intake*) bebas dengan pertimbangan fluktuasi muka air sungai tidak terlalu besar dan kedalaman air cukup untuk dapat masuk ke inlet (Karim *et al* 2016).

WTP Ciapus mengambil air baku yang bersumber dari sungai Ciapus yang terletak tidak jauh dari gerbang belakang Institut Pertanian Bogor. Bangunan pengumpul yang terdapat pada *intake* WTP Ciapus terdapat *bar screen* dan bak pengumpul. Bak pengumpul pada WTP Ciapus memiliki dimensi 1x1 m dan kedalaman 8 m. *Bar screen* yang terdapat pada pipa *intake* berukuran tebal besi sebesar 5 mm dengan jarak kerapatan sebesar 20 mm. *Intake* pada WTP Ciapus dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Intake pada WTP Ciapus

4.2.2 Koagulasi

Pada tahap koagulasi terjadi proses pembubuhan koagulan menuju air baku yang kemudian akan menyebabkan terjadinya destabilisasi dari partikel koloid agar terjadi agregasi dari partikel yang telah terdestabilisasi tersebut. Dengan adanya pembubuhan koagulan, kestabilan koloid dapat dihancurkan sehingga partikel koloid kemudian akan menggumpal dan akan membentuk partikel dengan ukuran yang lebih besar, sehingga dapat berpisah dengan air pada unit sedimentasi. Pada WTP Ciapus, air baku dialirkan melalui pipa menuju bak sedimentasi, pada pipa itu terjadi penambahan koagulan. Air dan koagulan akan tercampur dalam pipa.

WTP Ciapus menggunakan koagulan berupa aluminium sulfat atau yang biasa sering disebut tawas. Tawas ini merupakan koagulan yang paling banyak digunakan karena bernilai lebih ekonomis dibandingkan dengan koagulan jenis lain. Tawas yang digunakan pada WTP Ciapus bergantung pada kekeruhan air yang terlihat secara visual, semakin keruh air baku pada waktu tertentu akan meningkatkan jumlah koagulan yang digunakan. WTP Ciapus menggunakan tawas dengan dosis 70% - 90%, konsentrasi 90% digunakan pada saat banjir atau hujan deras dikarenakan kekeruhan akan meningkat pada saat itu.

Cara yang digunakan untuk mengetahui dosis optimal yang digunakan pada air baku adalah salah satunya dengan cara pengujian *jar test*. Menurut Husaini *et al* 2018, *jar test* adalah suatu metode pengujian untuk mengetahui kemampuan suatu koagulan dan menentukan kondisi operasi (dosis) optimum pada proses penjernihan air dan air limbah. Pengujian *jar test* pada air baku WTP Ciapus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengujian *jar test* pada parameter kekeruhan, suhu, dan pH

Parameter	Air Baku	I. Dosis Koagulan (ppm)				
		10	15	20	25	30
Kekeruhan	10,86	7,68	7,02	4,8	2,61	1,74
pH	7,43	7,59	7,51	7,39	7,39	7,34
Suhu	27,7	27,3	27,3	27	26,8	26,7
Parameter	Air Baku	II. Dosis Koagulan (ppm)				
		18	19	20	21	22
Kekeruhan	10,86	6,04	5,63	4,82	4,38	4,04
pH	7,43	7,48	7,45	7,45	7,4	7,18
Suhu	27,7	27	27	27,1	27,1	27

Pengujian dengan metode *jar test* pada air baku WTP Ciapus dilakukan dua kali, yaitu satu kali pengulangan dengan rentang yang berbeda. Pada pengujian pertama dengan rentang dosis alumunium sulfat sebesar 10, 15, 20, 25, dan 30 ppm. Pada pengujian pertama didapatkan dosis optimum yang menunjukkan angka parameter terbaik berada di antara nilai 15-25 ppm, sehingga dilakukan pengujian kembali dengan mengambil rentang sebesar 18, 19, 20, 21, dan 22 ppm untuk melihat nilai dosis yang lebih tepat. Berdasarkan pengamatan secara visual, flok yang terbentuk dengan kekeruhan yang baik ada pada dosis koagulan sebesar 20 ppm. Dapat dilihat hasil dari pengujian tiap parameter, pada dosis 20 ppm nilai pada tiap parameter sudah menunjukkan angka yang memenuhi baku mutu sehingga air sudah aman untuk digunakan. Dosis yang digunakan dapat berbeda-beda sesuai dengan kekeruhan pada saat itu. Jika kekeruhan lebih tinggi maka mempengaruhi meningkatnya dosis koagulan yang harus diberikan.

Selain itu, nilai kekeruhan air dari hasil uji *jar test* tersebut sebenarnya akan kembali meningkat karena setelah melewati unit pengolahan filtrasi air akan menjadi lebih jernih dan memenuhi baku mutu yang ada. Namun, jika air sedimen yang masih keruh dan terus menerus dilanjutkan akan cepat merusak media filter yang ada dikarenakan kotoran dan lumpur yang meningkat sehingga intensitas penggelontoran air dengan sistem *back wash* turut meningkat. Maka dari itu perlu penentuan dosis koagulan yang tepat pada air baku. Evaluasi kinerja unit koagulasi dilakukan dengan menghitung gradien kecepatan, dan waktu tinggal pada proses pengadukan. WTP Ciapus menggunakan pengadukan cepat secara hidrolis pada aliran dalam pipa. Hasil evaluasi unit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil evaluasi unit koagulasi

Parameter	Kriteria Desain (SNI 6774:2008)	Hasil Evaluasi
Pengaduk Cepat Tipe	Hidrolisis: - Terjunan - Saluran bersekat - Dalam paket instalasi Mekanis - Bilah (Blade), pedal (padle) - Flotasi	dalam aliran pipa
Waktu pengadukan (detik)	1-5	9,12
Nilai G/detik	>750	1088,39

Dari Tabel 3 dapat terlihat hasil evaluasi untuk waktu pengadukan yaitu sebesar 9,12 detik, nilai ini tidak sesuai dengan kriteria desain yang digunakan yaitu yang diperbolehkan adalah 1-5 detik. Hal ini dapat terjadi karena debit pengolahan yang terlalu kecil. Supaya waktu pengadukan tidak terlalu memakan waktu, maka hal yang bisa dilakukan ialah mempertinggi debit yang masuk di unit tersebut dengan memperbesar ukuran pipa dari air baku. Waktu detensi adalah waktu yang dibutuhkan oleh tahap pengolahan sehingga tujuan pengolahan bisa dicapai secara optimal, waktu detensi ialah perbandingan antara volume bangunan dan debit yang

mengalir. Jika waktu detensi dari suatu pengolahan sudah relatif baik dan memenuhi kriteria desain yang tertulis, berarti kapasitas bangunan tersebut masih mencukupi (Anwar *et al* 2008).

Nilai gradien kecepatan pada unit ini sudah sesuai dengan kriteria desain, yaitu pada evaluasi didapat nilai sebesar 1088,39/detik. Nilai gradien kecepatan dihitung menggunakan rumus pada Persamaan 1. Gradien kecepatan yang tidak sesuai dapat diakibatkan oleh nilai *headloss* yang terlalu kecil. Hal ini menyebabkan koagulan tidak tersebar secara merata. Ketidakkonstanan nilai G menyebabkan flok akan hancur kembali (Bhaskoro dan Ramadhan 2018). Menurut Yan, *et al.* (2009) dalam Amalia (2013) menyatakan bahwa peningkatan intensitas pengadukan (berhubungan dengan gradien hidrolis) hingga batas maksimum akan meningkatkan penurunan nilai kekeruhan (*turbidity removal*). Rendahnya nilai *headloss* diakibatkan oleh antara lain, rendahnya panjang pipa dan rendahnya kecepatan aliran dapat ditingkatkan dengan cara menambah debit yang masuk melalui pipa.

Rekomendasi yang dapat dilakukan untuk optimalisasi unit koagulasi, salah satunya adalah dengan cara memperbesar debit. Debit semula adalah 0,02 m³/detik dan untuk mendapatkan debit optimal yang sesuai adalah dengan menambah debit menjadi 0,05 m³/detik. Nilai debit tersebut didapat dengan metode *trial and error*. Dengan bertambahnya debit, gradien kecepatan akan meningkat dan masih sesuai dengan kriteria desain. Selain gradien kecepatan, meningkatkan debit juga dapat membuat waktu detensi menjadi lebih cepat sehingga nilai waktu detensi akan memenuhi kriteria yang ada. Selain dengan menambah debit, dapat dilakukan juga dengan mendesain ulang dengan meningkatkan panjang pipa. Hasil optimalisasi dengan meningkatkan debit dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil evaluasi dengan meningkatkan debit

Parameter	Kriteria Desain (SNI 6774:2008)	Hasil Evaluasi
Pengaduk Cepat Tipe	Hidrolisis: - Terjunan - Saluran bersekat - Dalam paket instalasi Mekanis - Bilah (Blade), pedal (padle)	dalam aliran pipa
Waktu pengadukan (detik)	1-5	3,65
Nilai G/detik	>750	4302,25

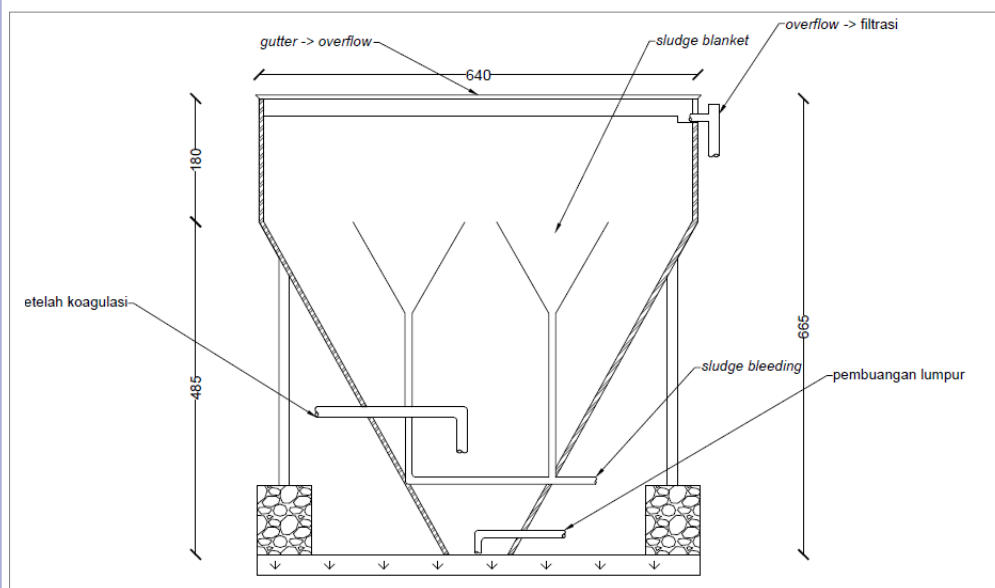
4.2.3 Flokulasi dan Sedimentasi (*Clarifier*)

Flokulasi pada *Water Treatment Plant* Ciapus terjadi di dalam bak *clarifier* bergabung dengan proses sedimentasi. Pada unit flokulasi, yang terjadi adalah proses pembentukan flok pada pengadukan lambat guna meningkatkan saling

hubung antar partikel yang goyah sehingga meningkatkan penyatuannya serta terjadi flok-flok yang lebih besar untuk nantinya akan menggumpal, sebagai akibatnya bisa dipisahkan dengan air pada proses pengendapan. Pengadukan hidrolis memanfaatkan energi air yang terjadi di sepanjang saluran. Menurut Kawamura (1991), contoh pengadukan hidrolis adalah terjunan, *hydraulic jump*, *parshall flume*, dan *baffle channel*.

Pada unit sedimentasi terjadi pemisahan padatan dari cairan menggunakan gaya gravitasi. Sedimentasi pada pengolahan air ditujukan untuk mengendapkan partikel diskret, mengendapkan flok hasil koagulasi-flokulasi, khususnya sebelum disaring dengan filter pasir cepat, mengendapkan lumpur hasil pembubuhan soda-kapur pada proses penurunan kesadahan, mengendapkan presipitat pada besi dan mangan dengan oksidasi. Unit sedimentasi pada WTP ciapus berupa *clarifier* dengan sistem *sludge blanket*. Menurut Rani (2020), *Sludge blanket Clarifier* adalah upaya menghasilkan lapisan atau selimut lumpur (*sludge blanket*) di zona bawah bak yaitu perpaduan antara lapisan bawah zona sedimentasi dan lapisan atas zona lumpur. Lapisan lumpur inilah yang menjaring flok sambil mengikat mikroflok sehingga produksi lumpur terus bertambah dan melimpah pada ruang pelimpah lumpur untuk disisihkan atau diolah. Kelemahan *sludge blanket* ini adalah pengoperasian unit yang rumit dan cara mengontrol ketinggian selimut lumpur agar tetap sesuai dengan kriteria desain.

Dibandingkan dengan unit flokulasi pada instalasi pengolahan Ciapus yang lama, metode *clarifier* ini lebih mudah pengoperasiannya. Unit ini juga tidak memakan banyak lahan. Instalasi ini dapat dioperasikan secara optimal, waktu operasi yang digunakan tidak banyak terbuang, misalnya seperti untuk pembersihan mekanis *settler* jika menerapkan sistem seperti sebelumnya. Tenaga operasional dan tenaga listrik relatif sedikit, karena semua unit bekerja secara gravitasi dan tidak butuh pengaduk mekanis untuk koagulasi dan flokulasi. Unit sedimentasi pada WTP Ciapus dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12 Skema unit sedimentasi pada WTP Ciapus



Gambar 13 Unit sedimentasi pada WTP Ciapus

Unit sedimentasi pada WTP Ciapus berbentuk kerucut dengan diameter 6,4 m dan tinggi 6,65 m. Unit ini tidak menggunakan *settler*, pengendapan flok-flok terjadi secara gravitasi. Pembuangan lumpur yaitu untuk *desludging* dilakukan dengan cara membuka *desludging valve* secara teratur minimal 1 x selama 24 jam operasi, untuk *sludge bleeding* lumpur akan keluar secara kontinu melalui *sludge bleeding valve* sesuai keseimbangan *sludge blanket* di dalamnya. Untuk hasil evaluasi pada flokulator dan unit sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5 Hasil evaluasi flokulator

Parameter	Kriteria Desain	Hasil Evaluasi
Gradien kecepatan (1/detik)	100-10 (menurun)	17,73
Waktu tinggal (menit)	20 - 100	65,64
Tahap flokulasi (buah)	1	1
Kecepatan aliran (m/det)	1,5 - 0,5	1,10

Tabel 6 Hasil evaluasi unit sedimentasi

Parameter	Kriteria Desain	Hasil Evaluasi
Beban permukaan ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$)	0,5 - 1,5	0,54
Kedalaman (m)	0,5 - 1,5	6,65
Waktu tinggal (jam)	2 - 2,5	1,66
Beban pelimpah ($\text{m}^3/\text{m}/\text{jam}$)	7,2 - 10	3,77
Bilangan reynold	<2000	369,69
Bilangan fraude	>10 -5	0,0004
Kemiringan dasar bak	45° - 60°	45°
Periode antar pengurasan lumpur (jam)	12 - 24	12

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat hasil evaluasi pada unit flokulator sudah sesuai dengan kriteria desain yang ada. Sedangkan, untuk hasil evaluasi sedimentasi pada Tabel 6, nilai beban permukaan bak sedimentasi sudah sesuai dengan kriteria desain yaitu $0,54 \text{ (m}^3/\text{m}^2.\text{jam)}$. Beban permukaan sama dengan laju alir rata-rata dibagi luas permukaan bak. Nilai beban permukaan bak ini akan mempengaruhi efisiensi penghilangan partikel dari air yang pada umumnya digunakan dalam menentukan panjang dan lebar dari bak. Sedangkan, untuk kedalaman bak jauh lebih besar dari kriteria perencanaan yang seharusnya yaitu sebesar 6,65 m. Berdasarkan Persamaan 4, waktu tinggal yang didapat belum sesuai dengan kriteria desain yaitu 1,66 jam yang seharusnya berada pada rentang 2-2,5 jam. Waktu tinggal di dalam pelat akan mempengaruhi waktu flok-flok mengalir dan mengendap. Waktu tinggal yang terlalu cepat akan mempengaruhi efisiensi pengendapan, semakin lama maka efisiensi pengendapan akan lebih tinggi.

Perhitungan menunjukkan nilai beban pelimpah yang masih berada di bawah nilai kriteria desain yaitu sebesar $3,77 \text{ m}^3/\text{m}/\text{jam}$. Nilai beban pelimpah dibutuhkan untuk menjaga aliran pada zona sedimentasi tetap laminar. Dari hasil perhitungan didapat bilangan reynold yaitu sebesar 369,69 ($Re < 2000$) yang menandakan aliran pada bak adalah laminar. Nilai *weir loading rate* yang besar dapat mengganggu proses pengendapan karena terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan cukup besar yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan cukup besar yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu (Yulianti 2013).

Nilai *fraude* (Fr) yang didapat sesuai dengan kriteria desain sehingga dapat diketahui bahwa aliran sudah mengalami keseragaman. Keseragaman aliran ini mempengaruhi partikel yang mempunyai berat jenis lebih besar daripada berat jenis air akan mengendap. Hal ini tidak dapat dicapai apabila kondisi aliran turbulen (Putri 2013). Waktu periode antar pengurasan lumpur yang dilakukan pada WTP Ciapus adalah kurang lebih 12 jam, hasil tersebut sesuai dengan kriteria desain yang membutuhkan waktu antar pengurasan lumpur dari 12 sampai 24 jam. Untuk memperkecil nilai beban pelimpah dapat dilakukan dengan memperbesar debit yang masuk ke dalam unit sedimentasi. Sedangkan untuk meningkatkan lama waktu tinggal juga dapat dilakukan dengan memperbesar dimensi unit. Jika debit yang masuk pada unit ini lebih besar, maka beberapa nilai hasil evaluasi akan memenuhi kriteria desain.

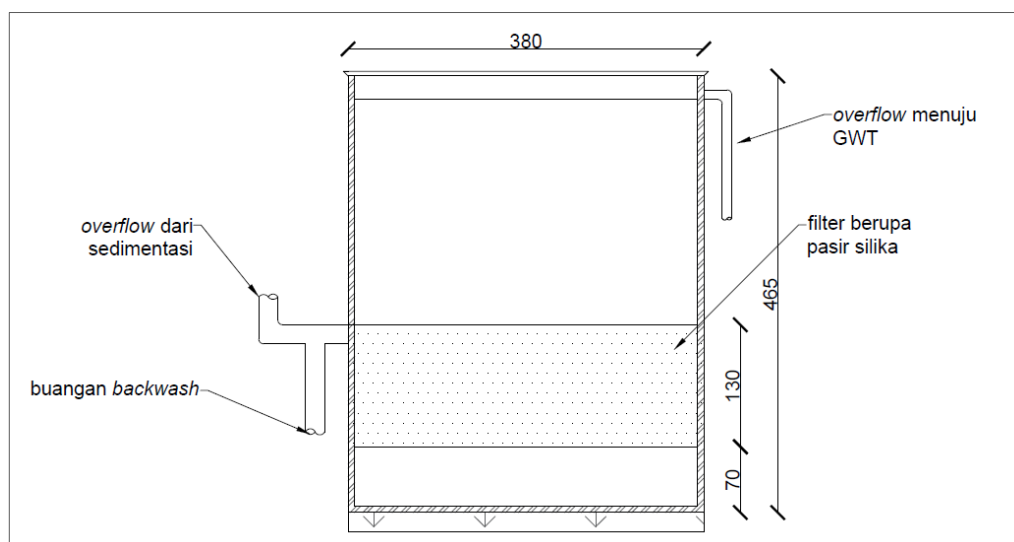
Rekomendasi yang dapat dilakukan adalah sama halnya seperti pada unit koagulasi yaitu meningkatkan debit menjadi $0,05 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dengan ditingkatkannya debit, nilai beban permukaan dan beban pelimpah menjadi sesuai dengan yang ada pada kriteria desain perencanaan. Namun, dengan meningkatnya debit tetapi masih menggunakan dimensi yang sama maka akan membuat nilai waktu detensi semakin kecil. Selain itu, kedalaman bak sedimentasi eksisting pun masih belum ideal. Oleh karena itu, direkomendasikan juga untuk mendesain ulang bak sedimentasi dengan dimensi yang lebih besar dan kedalaman yang lebih ideal agar nantinya dapat meningkatkan waktu detensi dan juga dapat menampung kapasitas yang lebih banyak. Hasil evaluasi dengan meningkatkan debit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil evaluasi dengan meningkatkan debit

Parameter	Kriteria Desain	Hasil Evaluasi
Beban permukaan ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$)	0,5 - 1,5	1,35
Kedalaman (m)	0,5 - 1,5	6,65
Waktu tinggal (jam)	2 - 2,5	0,66
Beban pelimpah ($\text{m}^3/\text{m}/\text{jam}$)	7,2 - 10	9,43
Bilangan reynold	<2000	369,69
Bilangan fraude	>10 - 5	4,18194E-14
Kemiringan dasar bak	$45^\circ - 60^\circ$	450
Periode antar pengurasan lumpur (jam)	12 - 24	12

4.2.4 Filtrasi

Pada proses filtrasi terjadi pemisahan antara cairan dan padatan menggunakan media berpori untuk memisahkan mungkin partikel halus tersuspensi yang ada pada cairan. Filtrasi ini bertujuan untuk menyaring air yang sudah melewati proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi dan flok-flok yang masih tersisa dari unit sebelumnya untuk menghasilkan kualitas air terbaik. Jika filter berjalan dengan baik, partikel flok lengket tidak akan keluar melalui celah antara butiran pasir dan akan dihasilkan air jernih yang sempurna (Abdulkareem et al. 2015). Filter pada unit filtrasi dikelompokkan menjadi beberapa tipe sesuai dengan tipe media yang digunakan, antara lain yaitu, single media (saringan satu media) yang merupakan saringan yang menggunakan satu macam media, biasanya pasir. Kedua adalah dual media (dua media saringan), saringan ini menggunakan dua media, biasanya dengan pasir dan *anthracite coal* dan yang ketiga adalah multi media filter (banyak media) (Majid 2019). Unit filtrasi pada WTP Ciapus dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14 Skema bak filtrasi pada WTP Ciapus



Gambar 15 Unit filtrasi pada WTP Ciapus

Unit filtrasi pada WTP Ciapus ialah bak dengan bentuk *circular*. Bak ini memiliki tinggi 4,65 m, dengan dimensi diameter lingkaran sebesar 3,8 m. WTP Ciapus menggunakan tipe filter pasir cepat dengan satu media yang beroperasi secara gravitasi dengan luas permukaan 78,15 m². Media yang digunakan berupa pasir silika berukuran 0,71 mm yang berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran besar yang terbawa dari unit sedimentasi. Tebal lapisan pasir silika adalah 130 cm dengan *sphericity* (ψ) 0,92, berat jenis 2,65, dan porositas 0,42 (Putri 2013). Nilai kekeruhan sering kali masih berada di atas baku mutu, karena itu diperlukan proses pencucian (*backwash*) yang bertujuan untuk mengangkat endapan lumpur atau kotoran yang berupa partikel kecil. Hal tersebut terjadi karena pasir silika yang digunakan secara terus-menerus akan mengalami kejenuhan akibat banyaknya kotoran yang mengendap dan terperangkap. *Backwash* pada unit ciapus dilakukan 2-3 hari sekali. Hasil evaluasi pada unit filtrasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil perhitungan evaluasi unit filtrasi

Parameter	Kriteria Desain	Hasil Evaluasi
Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	0,9
<i>Backwash:</i>		
- Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower atau surface wash	Tanpa/dengan blower atau surface wash
- Kecepatan (m/jam)	36-50	13,4
- Ekspansi (%)	30-50	42,4

Berdasarkan Tabel 7, dapat dilihat nilai kecepatan penyaringan pada unit filtrasi WTP Ciapus adalah 0,9 m/jam, nilai tersebut tidak sesuai jika dibandingkan dengan kriteria desain yang ada. Kecepatan penyaringan merupakan parameter yang berhubungan dengan luas dan debit bak. Semakin besar kecepatan penyaringan filtrasi, maka luas bak yang dibutuhkan semakin kecil. Sebaliknya, semakin besar

kecepatan penyaringan, maka debit yang dibutuhkan dalam melakukan proses ini lebih kecil. Sedangkan, untuk proses pencucian (*backwash*) nilai kecepatan pencucian juga tidak sesuai dengan kriteria yang ada. Berdasarkan Persamaan 6, nilai kecepatan pencucian pada unit filtrasi WTP Ciapus adalah sebesar 13,4 m/jam. Dapat dilihat berdasarkan hasil perhitungan pada Lampiran 5, hasil ekspansi dari unit filtrasi ini sudah memenuhi kriteria yaitu didapat senilai 42,4%. Ekspansi media sangat tergantung dengan porositas awal media kecepatan *backwash*. Kecepatan *backwash* tergantung pada diameter media penyangga sehingga pada saat *backwash* media penyangga tidak ikut terekspansi (Priambodo 2016).

Evaluasi pada bak filtrasi, saat debit ditingkatkan hasilnya nilai kecepatan penyaringan dan kecepatan pencucian masih belum memenuhi kriteria desain yang seharusnya. Rekomendasi yang dapat diberikan selain dengan meningkatkan nilai debit adalah dengan meningkatkan kinerja *backwash*. Menurut Priambodo (2016), meningkatkan kinerja *backwashing*, dapat dilakukan dengan pencucian di permukaan (*surface washing*) atau dapat dilakukan dengan memberikan tekanan udara dari bawah dengan *blower (air washing)*. Tujuan pencucian filter ini adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (*upflow*) hingga media terekspansi.



V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Kualitas air yang dihasilkan oleh *Water Treatment Plant* Ciapus masih terbilang cukup baik dan dalam batas wajar dikarenakan nilai-nilai yang didapat sebagian besar masih sesuai dengan baku mutu. Hanya parameter kekeruhan yang terdapat nilai melebihi standar baku mutu. Hal ini dapat disebabkan oleh unit yang belum dilakukan *backwash* dan oleh beberapa kebocoran pada unit. Hal itu juga yang menyebabkan nilai yang didapat menjadi fluktuatif pada setiap unit.
2. WTP Ciapus terdiri dari *intake*, koagulasi, flokulasi dan sedimentasi, filtrasi, dan *ground water tank*. Hasil evaluasi menunjukkan pada unit koagulasi waktu detensi dan gradien kecepatan belum memenuhi kriteria, pada unit sedimentasi terdapat nilai yang belum memenuhi kriteria desain yaitu nilai beban pelimpah dan waktu tinggal, unit filtrasi memiliki kecepatan penyaringan serta kecepatan pencucian yang belum sesuai dengan kriteria perencanaan, sedangkan pada unit flokulasi sudah sesuai dengan baku mutu. Direkomendasikan untuk menambah debit pengolahan dari 0,02 m³/detik menjadi sebesar 0,05 m³/detik, mendesain ulang unit sedimentasi, serta pada unit filtrasi dapat terlebih dahulu dilakukan pencucian di permukaan (*surface washing*) atau memberikan tekanan udara dari bawah dengan blower (*air washing*)

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan pemeliharaan serta pengujian kualitas air dan kinerja unit secara rutin pada WTP Ciapus untuk menjaga stabilitas kualitas air yang dihasilkan.
2. Penelitian masih memerlukan peralatan yang bisa memberikan nilai lebih tepat untuk pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Standar Nasional Indonesia 6774-2008 tentang tata cara perencanaan unit paket Instalasi Pengolahan Air. 2008.
- [Permenkes] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. 2010.
- Abdulkareem HA, Abdullahi N, dan Shehu KM. 2015. Design of a filtration system for a small scale *Water Treatment Plant* for a rural community around Maiduguri Area in Borno State Nigeria. *International Journal of Engineering Science Invention ISSN (online)*. 4(8): 39-43.
- Al Khakim AR dan Purnomo A. 2014. Kajian efisiensi proses dan operasi unit filter pada instalasi IPA paket Kedunguling PDAM Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknik Pomits*. 3(1): 10-15.
- Amalia R. 2013. Evaluasi dan Desain Peningkatan Kapasitas Instalasi Pengolahan Air Minum di PT. Krakatau Tirta Industri [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ananda MS. 2019. Uji kadar sulfat pada air minum dalam kemasan (amdk) secara spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal AMINA*. 1(1): 35-38.
- Anggreni E. 2009. Review on optimization of conventional drinking *Water Treatment Plant*. *World Applied Science Journal*. 7(9): 1144-1151.
- Anjar R. 2015. Evaluasi efisiensi kinerja unit *clearator* di instalasi PDAM Ngagel I Surabaya [Skripsi]. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anwar R, Devia YP, dan Rahman AA. 2008. Studi evaluasi pengolahan air limbah industri secara terpusat di Kawasan Industri Rembang Pasuruan (pier). *Jurnal Rekayasa Sipil*. 2 (3): 205-214.
- Apriyanto B. 2011. Analisis kebutuhan air dan head loss pada distribusi air bersih di kampus ipb darmaga bogor [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Astari, Rahmita, Rofiq I. 2008. Kualitas air dan kinerja unit pengolahan di Instalasi Pengolahan Air minum ITB. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Bandung (ID): Institut Teknologi Bandung.
- Aswadi M. 2006. Pemodelan fluktuasi nitrogen (nitrit) pada aliran sungai palu. *Jurnal SMARTek*. 4 (2): 112-125.
- Bhaskoro RGE dan Ramadhan T. 2018. Evaluasi kinerja Instalasi Pengolahan Air minum (IPAM) karangpilang di PDAM surya sembeda Kota Surabaya secara kuantitatif. *Jurnal Presipitasi*. 15 (2): 62-68
- Bitton G. 1994. *Waterwaste Microbiology*. New York (USA): John Wiley & Sons.
- Emindo WK. 2012. Diagram alir IPA sistem *sludge blanket*. Indonetnetwork. [diakses 2021 Juli 21]. <https://wkeindo.indonetnetwork.co.id/product/package-water-treatment-612357>
- Davis ML. 2010. *Waste and Water Engineering: Design Principles and Practice*. New York (US): McGraw-Hill.
- DPU Ditjen Cipta Karya. 2010. *Rencana Strategis Direktorat Cipta Karya 2010-2014*. Jakarta (ID): Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Evi A, Sri W dan Styvani M. 2018. Strategi optimasi pemanfaatan sumber air Bantar Awi Sungai Cikapundung terhadap Instalasi Pengolahan Air minum Dago Pakar. *Jurnal of Community Based Enviromental Engineering and Management*. 2(2):51-60.

- Fardiaz S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Bogor (ID): Kanisius.
- Ginting P. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Bandung (ID): Yrama Widya.
- Husaini, Cahyono SS, Suganal, dan Hidayat KN. 2018. Perbandingan koagulan hasil percobaan dengan koagulan komersial menggunakan metode jar test. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 14(1): 31-45.
- Ismay F, Ashar T, dan Darma S. 2013. Analisis kualitas air dan keluhan gangguan kulit pada masyarakat pengguna air sungai siak di pelabuhan sungai duku kelurahan tanjung rhu kecamatan limapuluh kota pekan baru tahun 2012. *Jurnal Lingkungan dan Keselamatan Kerja*. 2(3): 1-9.
- Karim IANSA, Supit CJ, Hendratta LA. 2016. Perencanaan sistem penyediaan air bersih di desa motongkad utara kecamatan nuangan kabupaten bolaang mongondow timur. *Jurnal Sipil Statik*. 4(11): 705-715.
- Khadse GK, Kalita M, Pimpalkar SN, dan Labhsetwar PK. 2011. Drinking Water Quality Monitoring and Surveillance for Safe Water Supply in Gangtok, India. *Environ Monit Assess*. 1(178): 401-414.
- Klein L. 1972. *River Pollution*. London (UK): Butterworths.
- Kodoatie JR. 2003. *Manajemen dan Rekayasa Infrastruktur*. Yogyakarta(ID): Pustaka Pelajar.
- Kurniawan T dan Thamrin. 2019. Pembuatan sistem filter dan monitor air pada reservoir berbasis mikrokontroler atmega328. *Jurnal Kapita Selekt Geografi*. 2(6): 44-55.
- Majid F. 2019. Pasir, zeolit dan arang aktif sebagai media filtrasi untuk menurunkan kekeruhan, tds dan e-coli air sungai selokan Mataram Yogyakarta [Skripsi]. Yogyakarta (ID): Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Mudiah L. 2017. Penetapan Kadar Sulfat dalam Air di Salah Satu Perusahaan Air Minum Provinsi Sumatera Utara [skripsi]. Medan (ID): Universitas Sumatra Utara.
- Mulyono. 2007. *Kamus Kimia*. Jakarta(ID): Bumi Aksara.
- Prabowo R. 2017. Kadar nitrit pada sumber air sumur di kelurahan meteseh, kec. Tembalang, kota semarang. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*. 1 (9): 55-62.
- Priambodo EA. 2016. Perancangan unit bangunan pengolahan air minum kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember [skripsi]. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pujiastuti. 2013. Kualitas dan beban pencemaran perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Ekosains*. 5(1): 59-75.
- Putri DTR. 2013. Evaluasi kinerja Instalasi Pengolahan Air bersih unit 1 sungai Ciapus di kampus IPB Dramaga Bogor [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rani NS. 2020. Kajian nilai kecepatan pengendapan di unit sedimentasi metode continuous discharge flow (CDF) berdasarkan variasi luas cone [Thesis]. Padang (ID): Universitas Andalas.
- Saeni MS. 1989. *Kimia Lingkungan*. Bogor (ID): PAU Ilmu Hayat IPB.
- Sastrawijaya AT. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta (ID): Rineksa Cipta.
- Sutrisno. 2002. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta (ID): PT Rineka Cipta.
- Wardoyo STH. 1975. *Manajemen Kualitas Air*. Bogor (ID): Fakultas Perikanan IPB.

- Utomo KS. 2011. Pemanfaatan air saluran Klambu-Kudu untuk pemenuhan kebutuhan air minum IKK Tegowanu dan IKK Gubuk. *Jurnal Kompetensi*. 3(12):23-32.
- Yulianti CP. 2021. Studi literatur desain unit prasedimentasi Instalasi Pengolahan Air minum. *Jurnal Teknik Lingkungan ITS*. 2 (1): 1-12.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

