



YAYASAN PENDIDIKAN DAYANG SUMBI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

Jl. PHH Mustapa 23, Bandung 40124 Indonesia. Telepon: +62-22-7272215 ext 157.
Fax: 022-720 2892 Web site: <http://www.itenas.ac.id>, e-mail:
itpp@itenas.ac.id

SURAT KETERANGAN
MELAKUKAN KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
781/A.01/TL-FTSP/Itenas/XI/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.
Jabatan : Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Itenas
NPP : 40909

Menerangkan bahwa,

Nama : Nisya Raya Deismaya
NRP : 252019015
Email : nisyadeismaya@gmail.com

Telah melakukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat sebagai berikut:

Nama Kegiatan : Evaluasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) Bersih Perumnas
PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang

Tempat : PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang

Waktu : 04 Juli 2022 s/d 02 September 2022

Sumber Dana : Dana Pribadi

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 6 September 2023

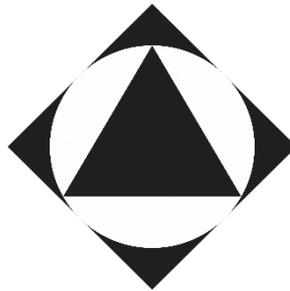
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan
Itenas,



(Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.)
NPP. 40909

**EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA)
BERSIH PERUMNAS PERUMDAM TIRTA KERTA
RAHARJA KABUPATEN TANGERANG**

PRAKTIK KERJA



Oleh:

NISYA RAYA DEISMAYA

252019015

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PRAKTIK KERJA

**EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) BERSIH PERUMNAS
PERUMDAM TIRTA KERTA RAHARJA KABUPATEN TANGERANG**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan
Mata Kuliah Kerja Praktik (TLA-490) pada
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Bandung

Disusun Oleh:

Nisya Raya Deismaya

25-2019-015

Bandung, 28 Agustus 2023

Semester Ganjil 2022/2023

Mengetahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing

Mila Dirgawati, S.T., M.T., Ph.D.

NIDN: 0409058001

Koordinator Kerja Praktik

Siti Ainun, S.T., S. Psi., M.Sc.

NIDN: 416087701

Ketua Program Studi

Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.

NIDN: 0403047803

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Kerja Praktik. Laporan Kerja Praktik ini berjudul Evaluasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) Bersih Perumnas PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari pihak lain sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Laporan Kerja Praktik ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan dukungan material dan moral. Serta doa yang tiada hentinya agar saya dapat menyelesaikan laporan Kerja Praktik ini.
2. Diri saya sendiri yang sudah berusaha semaksimal mungkin dan tidak pernah putus asa untuk menyelesaikan laporan ini hingga selesai.
3. Ibu Mila Dirgawati, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dan memberikan waktunya kepada saya untuk penyusunan laporan Kerja Praktik ini.
4. Bapak Adri Marwan, Bapak Hendy Gunawan Putra, dan Bapak Muis selaku Pembimbing Lapangan di IPA Perumnas PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang yang telah banyak sekali memberikan pengetahuan, pelajaran, arahan, dan juga masukkan kepada saya dalam pelaksanaan Kerja Praktik.
5. Muhammad Rizqon Nurrahmana selaku rekan Kerja Praktik yang selalu membantu, memberikan dukungan, dan juga masukkan dalam melaksanakan Kerja Praktik.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2019 yang sudah banyak membantu dalam pembuatan laporan ini terutama Nur Asifah dan Novi Lisnawati.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Laporan Kerja Praktik ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu kedepannya.

Bandung, 28 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	3
1.2.1 Maksud.....	3
1.2.2 Tujuan	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Praktik Kerja	4
1.5 Metodologi	5
1.6 Sistematika Pelaporan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Air.....	7
2.2 Sumber Air Baku.....	7
2.3 Persyaratan Kualitas Air Minum.....	10
2.4 Unit Instalasi Pengolahan Air bersih.....	16
2.4.1 <i>Intake</i>	16
2.4.2 Koagulasi	18
2.4.3 Flokulasi.....	24
2.4.4 Sedimentasi	28
2.4.5 Filtrasi	33
2.4.6 Desinfeksi.....	37
2.4.7 <i>Reservoir</i>	40
2.5 Kesimpulan.....	41
BAB III GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN	43
3.1 Gambaran Umum PERUMDAM Tirta Kerta Raharja	43
3.2 Visi dan Misi PERUMDAM Tirta Kerta Raharja	44

3.2.1	Visi	44
3.2.2	Misi	45
3.3	Struktur Organisasi PERUMDAM Tirta Kerta Raharja.....	45
3.4	IPA Perumnas PERUMDAM Tirta Kerta Raharja.....	47
3.5	Proses dan Skematik Instalasi Pengolahan Air Perumnas.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		51
4.1	Umum.....	51
4.2	Hasil Uji Kualitas Air Baku	51
4.3	Unit <i>Intake</i>	54
4.4	Unit Koagulasi.....	57
4.5	Unit Flokulasi	60
4.6	Unit Sedimentasi	68
4.7	Unit Filtrasi.....	77
4.8	Unit Desinfeksi.....	81
4.9	Unit <i>Reservoir</i>	81
4.10	Hasil Uji Kualitas Air Bersih	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		87
5.1	Kesimpulan.....	87
5.2	Saran	87
DAFTAR PUSTAKA		vii

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Air Minum.....	11
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya	13
Tabel 2. 3 Jenis Koagulan dalam Pengolahan Air.....	22
Tabel 2. 4 Kriteria Desain Unit Koagulasi	23
Tabel 2. 5 Kriteria Desain Unit Flokulasi	27
Tabel 2. 6 Kriteria Desain Unit Sedimentasi.....	32
Tabel 2. 7 Kriteria Desain Unit Filtrasi	36
Tabel 3. 1 Kapasitas IPA di PERUMDAM TKR.....	44
Tabel 4. 1 Data Kualitas Air Permukaan.....	51
Tabel 4. 2 Dimensi Unit Intake	56
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Data Unit Intake	57
Tabel 4. 4 Dimensi Unit Koagulasi	58
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Data Unit Koagulasi	60
Tabel 4. 6 Dimensi Unit Flokulasi	61
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Data Unit Flokulasi.....	66
Tabel 4. 8 Dimensi Unit Sedimentasi.....	69
Tabel 4. 9 Nilai Kekkeruhan di Unit Sedimentasi Konvensional	69
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Data Unit Sedimentasi	75
Tabel 4. 11 Dimensi Unit Filtrasi	78
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Data Unit Filtrasi	80
Tabel 4. 13 Sisa Klor Pengolahan	82
Tabel 4. 14 Dimensi Unit Reservoir.....	82
Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Data Unit Reservoir	83
Tabel 4. 16 Data Kualitas Air Produksi	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Diagram Alir Langkah Kerja	5
Gambar 3. 1	Struktur Organisasi PERUMDAM Tirta Kerta Raharja	46
Gambar 3. 2	Denah IPA Perumnas	48
Gambar 3. 3	Skematik Proses Pengolahan IPA Konvensional Perumnas	49
Gambar 3. 4	Layout IPA Konvensional Perumnas	50
Gambar 4. 1	Unit Intake IPA Perumnas	55
Gambar 4. 2	Grafik Kualitas Keketuhan Air Baku Juli 2022	55
Gambar 4. 3	Unit Koagulasi IPA Konvensional	58
Gambar 4. 4	Unit Flokulasi IPA Konvensional Perumnas	61
Gambar 4. 5	Unit Sedimentasi IPA Konvensional Perumnas	68
Gambar 4. 6	Unit Filtrasi IPA Konvensional Perumnas	78
Gambar 4. 7	Unit Desinfeksi IPA Konvensional Perumnas	81
Gambar 4. 8	Unit Reservoir IPA Konvensional Perumnas	82

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah sumber daya alam utama yang dibutuhkan untuk kebutuhan manusia sehari-harinya. Ketersediaan air bersih merupakan suatu hal yang penting untuk menunjang hidup yang sehat. Banyaknya pencemaran air bersih menyebabkan sumber air menjadi tercemar dan tidak layak untuk dikonsumsi. Pencemaran sumber air ini dapat disebabkan oleh adanya pembuangan sampah, pembuangan limbah industri, pembuangan limbah domestik, dan aktivitas masyarakat lainnya di badan air yang secara langsung dibuang tanpa diolah terlebih dahulu sebelumnya (Yohannes dkk., 2019). Air bersih yang tersedia pada saat ini, secara kualitas dan kuantitas dalam kondisi yang memprihatinkan dan menjadi masalah yang kian serius (Suryani, 2016).

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas air bersih agar layak dikonsumsi oleh masyarakat dapat dilakukan dengan pengolahan air. Regulasi yang memuat tentang kualitas air minum yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Peraturan tersebut memuat baku mutu untuk beberapa parameter yang menjadi acuan untuk kualitas air minum.

Laju pertumbuhan ekonomi di Indonesia pada tahun 2022 adalah sebesar 5,31% (BPS, 2023). Laju pertumbuhan ekonomi berbanding lurus dengan daya beli dan konsumsi masyarakat Indonesia. Peningkatan daya beli dan konsumsi masyarakat ini turut meningkatkan sektor komersial berupa *retail*, *outlet*, dan pusat perbelanjaan. Peningkatan sektor komersial yang sejalan dengan peningkatan penduduk tersebut turut meningkatkan kebutuhan akan air bersih (Sitompul dan Efrida, 2018).

Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PERUMDAM) Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang merupakan instansi yang bergerak dalam pengolahan air bersih agar aman dikonsumsi khususnya bagi masyarakat dan sektor komersial di wilayah Kabupaten Tangerang, Kota Tangerang, dan Tangerang Selatan. Salah satu unit produksi di PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang adalah Instalasi Pengolahan Air (IPA) Perumnas. IPA Perumnas memiliki dua jenis instalasi yaitu IPA Paket yang berkontruksi baja dan IPA Konvensional yang berkontruksi beton yang masing-masing memiliki usia konstruksi \pm 20 tahun. Kapasitas IPA Konvensional sebesar 40 L/detik dan IPA Paket sebesar 100 L/detik.

Sumber air baku IPA Perumnas berasal dari air permukaan, yaitu air Sungai Cisadane. Air Sungai Cisadane dipengaruhi oleh lingkungan, iklim, cuaca, dan juga jumlah BABS yang tinggi sehingga dapat menyebabkan kualitas air di Sungai Cisadane ini akan berubah dari waktu ke waktu akibat adanya pencemaran selama alirannya (Witjaksono dan Sururi, 2023). Kualitas air Sungai Cisadane untuk beberapa parameter melebihi baku mutu Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Oleh karena itu, air Sungai Cisadane perlu diolah agar menghasilkan air yang aman digunakan.

Evaluasi terhadap kapasitas dan unit pengolahan air bersih perlu dilakukan agar persyaratan teknis dan non teknis dapat terpenuhi serta air yang diproduksi dapat aman dan sehat untuk dikonsumsi. Persyaratan yang dimaksud meliputi kualitas, kuantitas, dan kontinuitas air yang diproduksi. Oleh karena itu perlu diadakannya evaluasi, hal ini dikarenakan mengingat usia dan kondisi IPA, kualitas air baku, dan juga konstruksi bangunan yang tidak memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 6774 Tahun 2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air.

Berdasarkan hal-hal tersebut maka perlu dilakukan evaluasi terhadap IPA. Evaluasi IPA bertujuan agar IPA dapat berjalan secara optimal dalam melayani sektor komersil di lokasi studi. Tujuan lainnya adalah dapat memberikan masukan yang dianggap perlu untuk mengatasi permasalahan yang ada di IPA Perumnas Kabupaten Tangerang.

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dilaksanakannya Praktik Kerja ini adalah sebagai berikut:

1.2.1 Maksud

Maksud dari dilaksanakannya Praktik Kerja di PERUMDAM Tirta Kerta Raharja (TKR) Kabupaten Tangerang ini adalah untuk mengevaluasi kinerja IPA Perumnas PERUMDAM TKR Kabupaten Tangerang.

1.2.2 Tujuan

Adapun tujuan dari Praktik Kerja di IPA Perumnas PERUMDAM TKR Kabupaten Tangerang ini adalah:

1. Mengevaluasi kualitas air baku Sungai Cisadane dengan perbandingan menggunakan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan kualitas air yang diproduksi IPA Perumnas dengan perbandingan menggunakan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.
2. Mengevaluasi unit operasi dan unit proses instalasi pengolahan air bersih di IPA Konvensional Perumnas dengan mengikuti syarat-syarat yang telah ditetapkan pada SNI 6774 tahun 2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air.
3. Memberikan usulan rekomendasi untuk perbaikan kinerja instalasi pengolahan air.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam pelaksanaan Praktik Kerja ini adalah melakukan evaluasi di IPA Perumnas yang meliputi:

1. Evaluasi dilakukan pada tanggal 04 Juli 2022 sampai dengan 02 September 2022 di IPA Perumnas PERUMDAM TKR.

2. Evaluasi yang dilakukan hanya pada IPA Konvensional Perumnas dengan kapasitas 40 L/detik
3. Pengukuran dimensi bangunan unit pengolahan koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan *reservoir*.
4. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
5. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.

1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Praktik Kerja

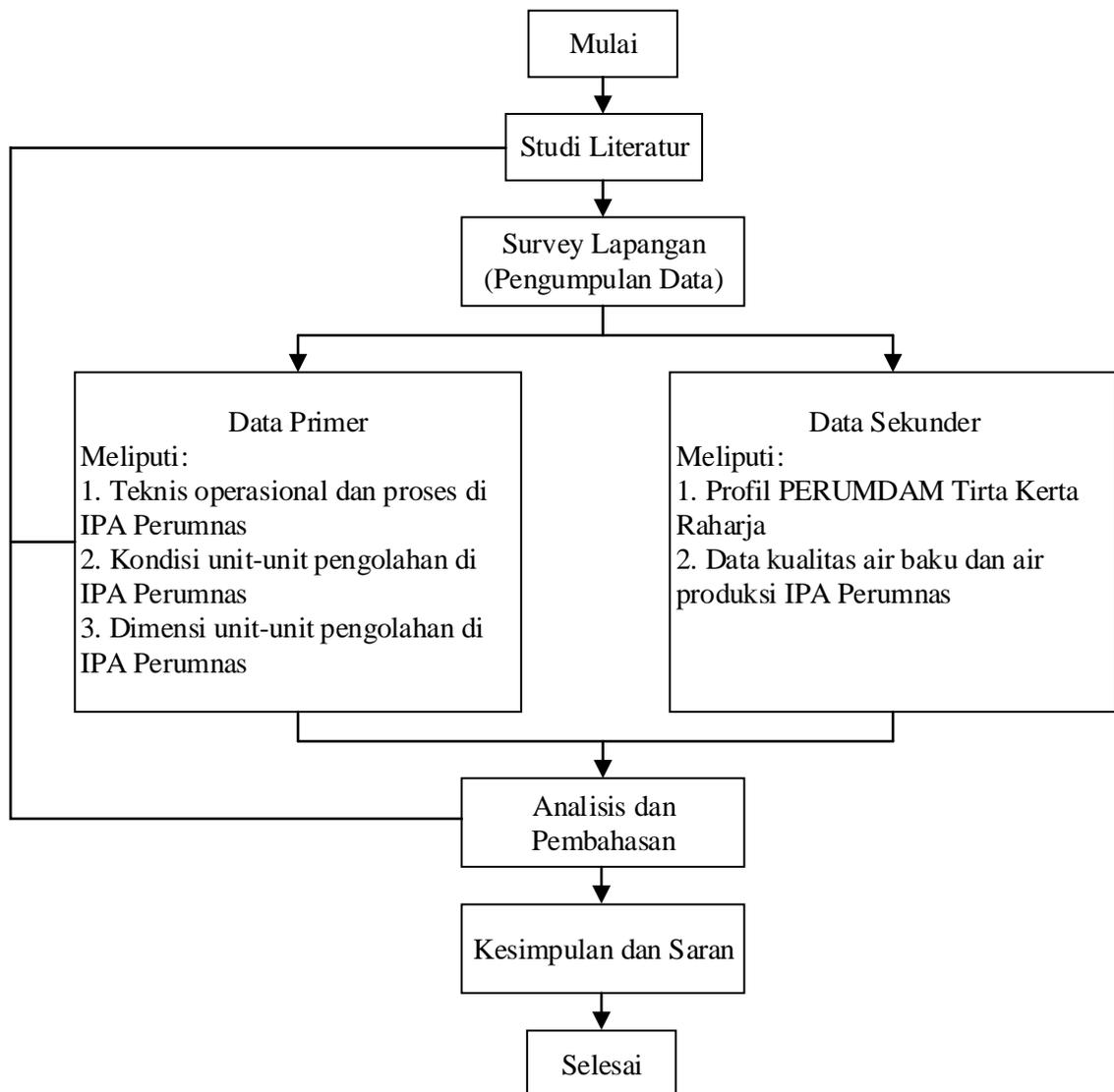
Praktik Kerja dengan judul “Evaluasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) Bersih Perumnas PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang” ini dilakukan selama 2 bulan (61 hari) di perusahaan umum daerah air minum dengan detail sebagai berikut.

Waktu Pelaksanaan : 04 Juli 2022 sampai dengan 02 September 2022

Tempat Pelaksanaan : IPA Perumnas yang berlokasi di Jalan Betet Raya No. I/1A, Perumnas I, Kelurahan Cibodasari, Kecamatan Cibodas, Kota Tangerang, Provinsi Banten.

1.5 Metodologi

Adapun metodologi yang digunakan sebagai panduan langkah-langkah sistematis untuk melaksanakan Praktik Kerja ini disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Diagram Alir Langkah Kerja

1.6 Sistematika Pelaporan

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang kerja praktik, maksud dan tujuan, ruang lingkup, lokasi dan waktu pelaksanaan, metodologi, dan sistematika laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori dasar mengenai unit Instalasi Pengolahan Air yang ada di tempat kerja praktik yaitu *intake*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan *reservoir*.

BAB III GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

Menjelaskan tentang gambaran umum perusahaan, visi dan misi perusahaan, struktur organisasi perusahaan, dan kondisi eksisting berupa sistem operasional setiap unit di IPA Perumnas PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan hasil data yang diperoleh dari kerja praktik di IPA Perumnas PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang tentang instalasi pengolahan air bersih berupa dimensi tiap unit IPA. Melakukan pengolahan data, melakukan evaluasi terhadap kinerja IPA, serta memberikan rekomendasi untuk instalasi tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menyimpulkan pembahasan pada bab sebelumnya dan memberikan saran terhadap hasil pembahasan tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air adalah suatu kebutuhan utama bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Air bagi manusia umumnya dipergunakan untuk kebutuhan air minum, kebutuhan MCK (Mandi, Cuci, Kakus), kebutuhan industri, dan kebutuhan lainnya. Salah satu sarana utama yang digunakan untuk meningkatkan derajat kesehatan manusia adalah air. Air yang digunakan oleh manusia adalah bersih yang berkualitas (Hidayat dan Kusnadi, 2020).

2.2 Sumber Air Baku

Menurut (Hidayat dan Kusnadi, 2020) air yang digunakan untuk dikonsumsi manusia harus berupa air yang bersih dan aman. Air bersih merupakan air yang telah memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Bebas dari kontaminan atau bibit penyakit
- b. Bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun
- c. Aman dan sehat bagi pengguna
- d. Tidak berasa dan bau
- e. Jernih atau tidak berwarna
- f. Kuantitasnya memadai untuk kebutuhan domestik dan non domestik

Air yang tersedia di muka bumi terdapat sebanyak 71%. Sebagian besar air yang tersedia merupakan air laut dan terdapat pada lapisan-lapisan es di kutub, sisanya air terdapat pada awan, hujan, sungai, muka air tawar, dan uap air. Jumlah air laut di bumi terdapat sebesar 97% dan air tawar sebesar 3%. Air tawar yang jumlahnya sedikit ini digunakan sebagai kebutuhan dasar manusia (Wicaksono dkk., 2019). Berikut merupakan jenis-jenis sumber air baku:

a. Air Angkasa

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber air yang berasal dari udara atau atmosfer yang jatuh ke permukaan bumi. Air angkasa yang terdapat di lapisan udara berjumlah sekitar 0,001% dari total air yang ada di bumi. Contoh air angkasa adalah air hujan, air salju, dan air es (Wicaksono dkk., 2019).

Air hujan pada umumnya ditampung secara langsung dan digunakan di daerah yang sulit air pada saat kemarau. Penampungan air hujan dilakukan selama musim hujan. Penampungan air hujan dilakukan dengan cara mengalirkan air yang jatuh ke atap rumah ke bak penampung. Jumlah air yang tertampung bergantung pada ukuran bak penampung. Air hujan yang ditampung dapat langsung digunakan untuk keperluan sehari-hari (Triarmadja, 2019).

b. Air Permukaan

Air permukaan yang meliputi badan-badan air semacam sungai, air laut, danau, telaga, waduk, rawa, terjun, dan sumur permukaan. Sebagian besar air permukaan berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut tidak mampu terserap ke dalam tanah sehingga air berada di permukaan. Air permukaan akan tergenang dan sebagian besar akan mengalir menuju daerah yang lebih rendah (Wicaksono dkk., 2019).

Air sungai merupakan sumber air yang banyak terdapat di Indonesia. Kualitas air sungai tergantung pada lokasi, muatan sedimen dan polutan yang dibawanya, dan sebagainya. Pengambilan air sungai dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu (Triarmadja, 2019):

1. Air sungai yang sudah cukup jernih maka dapat diambil secara langsung. Pengambilan air sungai secara langsung dilakukan dengan pemasangan bangunan pengambilan di lokasi sungai yang aman terhadap banjir. Pada umumnya pengambilan air sungai memerlukan pompa.
2. Air sungai yang banyak mengandung sedimen dapat diambil melalui *gallery*. *Gallery* berfungsi agar air sungai meresap

melalui tanah di dekatnya lalu diambil dari ruangan infiltrasi (*infiltration gallery*). Ruangan infiltrasi merupakan ruangan di dekat sungai yang digunakan untuk menampung aliran infiltrasi dari sungai. Sehingga air yang masuk ke dalam ruang infiltrasi sudah lebih jernih maka beban instalasi pengolahan air menjadi berkurang. Air yang meresap ke dalam *gallery* tersebut bergantung pada permeabilitas tanah, selisih muka air tanah antara di luar *gallery* dan di dalam *gallery*.

3. Pembangunan bendungan dapat dilakukan untuk mengalirkan air sungai ke tempat yang sedikit lebih tinggi untuk diolah (misalnya dengan pengendapan, filtrasi pasir cepat, serta pengolahan kimiawi). Air kemudian disalurkan ke masyarakat yang dapat ditambah dengan tenaga pompa.
4. Air sungai dapat dinaikan elevasinya dan disimpan dalam waktu relatif lama. Hal ini dilakukan dengan cara membangun bendungan yang mengakibatkan terjadinya waduk air yang cukup besar. Waduk merupakan daerah penyimpanan air dalam jangka relatif panjang sehingga diharapkan air dapat digunakan saat musim kemarau.

c. Air Tanah

Air tanah (*ground water*) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah. Jumlah air tanah di bumi ini adalah sebesar 0,6%. Keberadaan air tanah lebih besar daripada air sungai, air danau, dan air atmosfer. Air tanah terbagi menjadi air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal terletak sekitar 9-15 meter di bawah permukaan tanah. Sedangkan air tanah dalam terletak sekitar 80-300 meter di bawah permukaan air dan kualitas air tanah dalam lebih baik dibandingkan air tanah dangkal (Wicaksono dkk., 2019).

d. Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Kualitas mata air umumnya sama dengan air dalam. Mata air hampir tidak dipengaruhi oleh keadaan musim (Lestari dan Suprpto, 2019). Kualitas mata air pada umumnya sudah memenuhi syarat sebagai air minum atau mendekati air minum. Mata air biasanya terdapat di daerah pegunungan. Hal ini dikarenakan elevasi muka air dalam tanah, baik sebagai akuifer tertekan maupun akuifer bebas masih lebih tinggi dari daerah di bawahnya.

2.3 Persyaratan Kualitas Air Minum

Ada beberapa persyaratan utama yang harus dipenuhi dalam sistem penyediaan air bersih. Persyaratan tersebut meliputi hal-hal sebagai berikut:

a. Syarat Kuantitatif

Persyaratan kuantitatif merupakan banyaknya air bersih yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Seiring dengan bertambahnya populasi manusia setiap tahunnya maka akan bertambah pula peningkatan kebutuhan air bersih. Penyediaan air bersih harus memenuhi kebutuhan masyarakat agar tidak terjadi kekurangan air bersih. Selain itu, penyediaan air bersih bagi masyarakat dapat mengurangi timbulnya penyakit di masyarakat (Nugraeni dkk., 2023).

b. Syarat Kualitatif

Pemanfaatan air dalam kehidupan harus memenuhi persyaratan baik kualitas dan kuantitas yang erat hubungannya dengan kesehatan. Persyaratan kualitas air digunakan sebagai acuan untuk air yang dapat diminum dengan aman. Persyaratan kualitas air minum tersebut ditungkan dalam parameter utama dan parameter khusus. Parameter tersebut merupakan parameter fisik, parameter mikrobiologi, parameter kimia, serta parameter radioaktif. Air yang memenuhi persyaratan kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun

2014 Tentang Kesehatan Lingkungan, secara garis besar dapat digolongkan dengan empat syarat:

1) Syarat Fisik

Air minum yang dikonsumsi sebaiknya tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna (maksimal 10 TCU), tidak keruh (maksimal <3 NTU), suhu air maksimal $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu udara sekitar, dan nilai maksimal kandungan *Total Dissolve Solid* (TDS) sebesar <300 mg/L.

2) Syarat Kimia

Air minum yang akan dikonsumsi tidak mengandung zat-zat organik dan anorganik melebihi standar yang ditetapkan, pH pada batas maksimum dan minimum (6,5-8,5) dan tidak mengandung zat kimia beracun sehingga menimbulkan gangguan kesehatan.

3) Syarat Bakteriologis

Air minum yang aman harus terhindar dari kemungkinan kontaminasi *Escherichia coli* atau koliform tinja dengan standar 0 dalam 100 ml air minum. Keberadaan *E. Coli* dalam air minum merupakan indikasi telah terjadinya kontaminasi tinja manusia.

4) Syarat Radioaktif

Air minum yang akan dikonsumsi hendaknya terhindar dari kemungkinan terkontaminasi radiasi radioaktif melebihi batas maksimal yang diperkenankan.

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Air Minum

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Satuan
Mikrobiologi			
1	<i>Escherichia coli</i>	0	CFE/100mL
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFE/100mL
Fisik			
3	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$
4	<i>Total Dissolve Solid</i>	<300	mg/L
5	Kekeruhan	<3	NTU

No	Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Satuan
6	Warna	10	TCU
7	Bau	Tidak berbau	-
Kimia			
8	pH	6,5–8,5	-
9	Nitrat (sebagai NO ³) (terlarut)	20	mg/L
10	Nitrit (sebagai NO ²) (terlarut)	3	mg/L
11	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺) (terlarut)	0,01	mg/L
12	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L
13	Mangan (Mn) (terlarut)	0,1	mg/L
14	Sisa khlor (terlarut)	0,2–0,5 dengan waktu kontak 30 menit	mg/L
15	Arsen (As) (terlarut)	0,01	mg/L
16	Kadmium (Cd) (terlarut)	0,003	mg/L
17	Timbal (Pb) (terlarut)	0,01	mg/L
18	Flouride (F) (terlarut)	1,5	mg/L
19	Aluminium (Al) (terlarut)	0,2	mg/L

(Sumber: PERMENKES No. 2 Tahun 2023)

Sedangkan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, maka klasifikasi mutu air bersih ditetapkan menjadi 4 kelas, yaitu:

1) Kelas I (satu)

Kelas satu merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2) Kelas II (dua)

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

3) Kelas III (tiga)

Kelas tiga merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, perternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

4) Kelas IV (empat)

Kelas empat merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berdasarkan peraturan dari pemerintah maka mutu air dengan klasifikasi golongan satu yang dapat digunakan sebagai air baku untuk air minum, dengan parameter yang harus diperhatikan seperti parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi. Berikut merupakan tabel baku mutu air sungai dan sejenisnya:

Tabel 2. 2 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 diatas 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

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
							(berdasarkan kondisi alaminya)
6	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	
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 NH ₃ -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	Flourida (F ⁻)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
17	Belerang sebagai H ₂ S	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 (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
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 ⁶⁺)	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	

(Sumber: PP No. 22 Tahun 2021)

c. Persyaratan Kontinuitatif

Arti kontinuitatif disini adalah bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil secara terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Sehingga persyaratan kontinuitas ini erat sekali hubungannya dengan persyaratan kuantitas (Pahude, 2022).

2.4 Unit Instalasi Pengolahan Air bersih

Pengolahan air bersih bertujuan untuk menyediakan air minum yang aman dan telah memenuhi persyaratan mutu air yang telah ditetapkan oleh perundang-undangan. Selain itu, tujuan pengolahan air bersih adalah memenuhi kebutuhan air masyarakat. Oleh karena itu, diperlukannya suatu instalasi pengolahan air bersih yang layak dan memadai (Marlis dan Arbi, 2019).

Instalasi pengolahan air bersih merupakan suatu sistem yang mengombinasikan proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi serta dilengkapi dengan pengontrolan proses. Namun, suatu instalasi pengolahan air bersih dapat memiliki beberapa kendala yang akan mempengaruhi kualitas air yang diproduksi. Permasalahan yang sering terjadi seperti dosis koagulan yang digunakan tidak sesuai dengan jumlah air yang diolah, terjadi *overflow* pada bak sedimentasi dan bak filtrasi, media filter tidak dibersihkan secara rutin, dan bak filtrasi yang berlubang. Permasalahan tersebut yang menyebabkan air hasil olahan menjadi kurang optimal (Parabi dkk., 2022).

2.4.1 *Intake*

Bangunan penyadap atau *intake* merupakan salah satu unit pengolahan air bersih yang berfungsi untuk mengambil atau menyadap air baku dari badan air sesuai dengan debit yang diperlukan untuk pengolahan. Pada umumnya bangunan *intake* dilengkapi oleh pompa dengan kapasitas tertentu dan bekerja dengan mekanisme pengaturan jam kerja operasi. (Adnan dkk., 2021). Kapasitas bangunan *intake* disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Terdapat beberapa persyaratan lokasi untuk bangunan penyadap, yaitu (Olvianti dkk., 2022):

- a. Penempatan bangunan *intake* harus aman dari polusi yang disebabkan oleh pengaruh luar seperti pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lainnya.
- b. Penempatan bangunan *intake* berlokasi di tempat yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap bencana alam.

- c. Konstruksi bangunan penyadap harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa, dan gaya angkat air (*up-lift*).
- d. Penempatan bangunan penyadap diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya.
- e. Dimensi bangunan penyadap harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian.
- f. Dimensi inlet dan outlet letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air.
- g. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku.
- h. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (*lifetime*) minimal 25 tahun.
- i. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar.

Perhitungan bangunan *intake* menggunakan rumus dibawah ini (Rizqiain, 2021):

- Kecepatan aliran

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.1)$$

Dimana:

- V : kecepatan (m/detik)
- Q : debit aliran (m³/detik)
- A : luas bukaan (m²)

Kriteria desain perencanaan unit *intake* berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum adalah sebagai berikut:

- a. Kecepatan aliran minimum dalam pipa sebesar 0,3 – 0,6 m/detik.
- b. Kecepatan aliran maksimum dalam pipa PVC sebesar 3,0 – 4,5 m/detik dan pipa DCIP sebesar 6,0 m/detik

2.4.2 Koagulasi

Koagulasi merupakan suatu proses pengolahan air menggunakan sistem pengadukan cepat. Sistem pengadukan cepat dapat mereaksikan bahan kimia secara seragam ke seluruh bagian air di dalam suatu reaktor sehingga dapat membentuk flok-flok yang berukuran lebih besar. Flok-flok yang terbentuk kemudian dapat diendapkan di unit sedimentasi (Juwono dan Subagiyo, 2017).

Tujuan proses koagulasi adalah untuk memisahkan koloid yang ada di dalam air baku. Koloid merupakan partikel halus yang sangat sukar untuk diendapkan sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama. Koloid pada umumnya bermuatan litrik. Koloid yang bermuatan positif berasal dari bahan anorganik, sedangkan koloid yang bermuatan negatif berasal dari bahan organik. Partikel-partikel koloid yang bermuatan listrik sejenis (sama negatifnya) dalam air akan saling tolak menolak sehingga tidak bisa saling mendekat dan kondisi partikel yang tetap berada pada tempatnya disebut kondisi stabil. Kondisi partikel yang stabil tidak memungkinkan terbentuknya flok, maka air tersebut bisa diberi muatan positif untuk mengurangi gaya tolak menolak sesama koloid, sehingga terjadi kondisi destabilisasi dari partikel. Kondisi partikel koloid yang tidak stabil memungkinkan terbentuknya flok (Lalu dkk., 2022).

Proses koagulasi dapat dilakukan secara kimia dan fisika. Koagulasi secara kimia merupakan suatu proses penjernihan air yang dilakukan dengan memberikan koagulan atau bahan kimia. Koagulan yang digunakan berupa garam agar mempercepat terjadinya pembentukan flok yang dapat diendapkan. Sedangkan proses koagulasi secara fisika merupakan suatu proses pengolahan air secara elektrokimia. Pada proses elektrokimia, anoda akan melepaskan koagulan aktif berupa ion logam ke dalam larutan sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Juwono dan Subagiyo, 2017).

Faktor yang mempengaruhi keberhasilan proses koagulasi, yaitu (Ermawati dan Aji, 2018):

1. Jenis bahan koagulan yang ditentukan tergantung dari karakteristik air baku dan tingkat kekeruhan air baku.
2. Dosis koagulan yang digunakan harus sesuai dengan karakteristik kekeruhan, sehingga dapat menghasilkan hasil yang optimum.
3. Pengadukan bahan kimia yang bertujuan untuk menciptakan tumbukan antarpartikel yang ada dalam air baku. Pengadukan akan membantu meratakan koagulan yang telah dihubungkan dengan partikel-partikel koloid.

Jenis pengadukan cepat (*Rapid Mixing*) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Pengaduk Mekanis

Pengadukan mekanis merupakan salah satu metode pengadukan koagulasi. Umumnya pengadukan mekanis menggunakan peralatan mekanis seperti *impeller*, poros pengaduk, dan motor. Pengaduk atau *impeller* adalah suatu bagian utama dalam pencamuran mekanis pada tangki pengaduk. Prinsip kerja dari *impeller* adalah dengan cara bergerak memotong fluida dan membuat arus yang bergerak pada keseluruhan sistem fluida. Homogenitas, distribusi, pembentukan, dan kerusakan flok dapat dipengaruhi oleh sudut kemiringan dari *impeller*. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam operasi *impeller* adalah arah aliran yang dihasilkan oleh penggerakan *impeller* dalam fluida, waktu detensi, dan kecepatan putaran *impeller*. Nilai gradien kecepatan (G) yang kecil akan mempengaruhi ukuran flok yang terbentuk (Hendrasarie dan Dienullah, 2021).

2. Pengaduk Pneumatis

Pengadukan pneumatis merupakan tipe pengadukan yang menggunakan udara berbentuk gelembung yang dimasukkan ke dalam air sehingga menimbulkan turbulensi pada air yang disebabkan oleh lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang masuk harus

memiliki tekanan yang cukup besar, jika tekanan udara semakin besar maka turbulensi yang terjadi juga semakin besar (Rosariawari dan Zingga, 2020). Pada umumnya pengadukan secara pneumatis digunakan untuk pengadukan lambat (Fitriyanti, 2015). Pengadukan pneumatis ini memiliki rentang waktu detensi (t_d) dan gradien kecepatan (G) yang digunakan sama dengan pengadukan mekanis.

3. Pengaduk Hidrolis

Pengadukan hidrolis merupakan tipe pengadukan yang memanfaatkan perubahan arah aliran sehingga menghasilkan aliran yang turbulen (Rosariawari dan Novianto, 2022). Sistem pengadukan hidrolis memanfaatkan ketinggian sebagai penghasil energi, sehingga energi yang dihasilkan dapat berpengaruh pada kecepatan air yang menghasilkan aliran turbulen karena adanya pengadukan cepat. Metode yang dapat digunakan dalam pengadukan secara hidrolis adalah dengan menggunakan *baffle basins*, *weir*, *flume*, dan loncatan hidrolis (Rosariawari dan Rahayu, 2021). Sistem ini banyak digunakan karena pengadukan jenis ini memanfaatkan energi dalam aliran sehingga menghasilkan nilai gradien kecepatan (G) yang tinggi. Alasan lainnya adalah sistem ini tidak memerlukan peralatan, mudah dioperasikan, dan pemeliharaan yang mudah.

Koagulan berfungsi sebagai destabilisasi partikel dan pengutan flok untuk mengurangi pecahnya flok. Penentuan dosis koagulan dilakukan dengan percobaan *jartest*. Metode *jartest* harus memperhatikan dosis optimum penambahan koagulan, lama pengendapan, dan volume endapan yang terbentuk. Kecepatan dan lama waktu pengadukan akan mempengaruhi hasil *jartest* yang akan terlihat pada bentuk flok yang terbentuk dan tingkat kekeruhan air hasil percobaan *jartest*. *Jartest* sebaiknya dilakukan setiap saat agar mendapatkan data dosis optimum yang aktual. Alat yang digunakan untuk *jartest* terdiri dari enam buah batang pengaduk yang masing-masing pengaduk terdiri dari satu buah gelas dengan kapasitas satu liter. Satu buah gelas berfungsi sebagai kontrol dan lima gelas lainnya sebagai proses pengadukan dengan berbagai dosis koagulan sehingga dapat dibandingkan hasil

percobaan *jartest* untuk menentukan dosis optimum koagulan (Lestari dan Suprpto, 2019).

Berikut beberapa jenis bahan koagulan yang sering digunakan dalam proses pengolahan air bersih (Lestari dan Suprpto, 2019):

1. *Pollyaluminium Chloride* (PAC)

Pollyaluminium Chloride (PAC) adalah suatu jenis koagulan yang sering digunakan. PAC tersedia dalam bentuk cair dan padat. PAC digunakan sebagai bahan koagulan untuk menggumpalkan partikel agar terbentuk flok sehingga dapat mengurangi tingkat kekeruhan air. pembuatan PAC dilakukan dengan cara mereaksikan Aluminium dengan Asam klorida (HCl) 5–15% pada suhu 67-97⁰C. PAC bebas dari Sulfat sehingga memiliki tingkat korosif yang rendah dan aman digunakan. Penggunaan PAC tidak terlalu mempengaruhi perubahan pH yang signifikan dibandingkan bahan koagulan lainnya yang cenderung membentuk logam hidroksida.

Proses penambahan koagulan pada pengolahan air akan terjadi gaya *Van der Waals* yang menyebabkan kation akan menetralisasi muatan negatif partikel koloid dalam air sehingga terbentuk flok. Penambahan PAC dengan dosis berlebih akan menyebabkan pelepasan kation yang lebih besar dibandingkan yang dibutuhkan oleh partikel koloid yang bermuatan negatif dalam air untuk membentuk flok. Penyerapan kation yang berlebih oleh partikel koloid dalam air akan mengakibatkan partikel koloid akan bermuatan positif dan terjadi deflokulasi flok. Deflokulasi flok akan menyebabkan larutan menjadi semakin keruh dan nilai turbiditas air sungai menjadi meingkat.

2. Aluminium Sulfat (Al₂SO₄)

Aluminium sulfat, merupakan senyawa kimia anorganik yang memiliki rumus Al₂(SO₄)₃. Aluminium sulfat memiliki sifat larut dalam air yang biasanya digunakan sebagai bahan koagulan dalam proses penjernihan air bersih, kilang pengolahan air limbah, serta pembuatan kertas. Aluminium kalium sulfat biasanya ditemukan dalam ragi, Dalam industri

konstruksi Aluminium sulfat dapat digunakan sebagai zat yang tahan air (waterproofing) dan akselerator pada beton.

Tabel 2. 3 Jenis Koagulan dalam Pengolahan Air

Nama	Bentuk	Kelarutan (kg/m ³)	Ph Optimum	Densitas (kg/m ³)	Harga (Rp/kg)
Alumunium Sulfat	Bongkahan, Serbuk	872	6,0-7,8	1,62	1.600
Sodium Aluminat	Serbuk	Sangat Larut	6,0-7,8	1,50	-
<i>Poly Aluminum Chloride</i> (PAC)	Cairan, Bubuk	719	6,0-7,8	1,09	6.100
Ferri Sulfat	Kristal Halus	814	4-9	1,89	-
Ferri Klorida	Bongkahan, Cairan	Sangat Larut	4-9	2,89	4.800
Ferro Sulfat	Kristal Halus	-	>8,5	2,84	2.700

(Priambodo dan Indaryanto, 2017)

Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai waktu detensi dan gradien kecepatan untuk unit koagulasi adalah sebagai berikut (Rizqiain, 2021):

- Waktu Detensi (t_d)

$$t_d = \frac{V}{Q} \quad (2.2)$$

Dimana:

t_d : Waktu detensi (detik)

V : Volume bak (m^3)

Q : Debit (m^3/det)

- Gradien Kecepatan (G)

$$G = \sqrt{\frac{g \times h}{\nu \times t_d}} \quad (2.3)$$

Dimana:

G : Gradien Kecepatan ($detik^{-1}$)

g : Percepatan gravitasi ($m/detik^2$)

h : Tinggi terjunan (m)

ν : Viskositas kinematik ($m^2/detik$)

t_d : Waktu detensi (detik)

- Perhitungan Gradien Waktu (G_{td})

$$G_{td} = G \times td \quad (2.4)$$

Dimana:

G_{td} = Gradien waktu

G = Gradien kecepatan (detik⁻¹)

Td = Waktu detensi (detik)

Berikut merupakan kriteria desain unit koagulasi:

Tabel 2. 4 Kriteria Desain Unit Koagulasi

Unit	Kriteria
Pengaduk cepat	
• Tipe	Hidrolis: <ul style="list-style-type: none">- Terjunan- Saluran bersekat- Dalam instalasi pengolahan air bersekat Mekanis: <ul style="list-style-type: none">- Bilah (<i>Blade</i>), pedal (<i>Padle</i>) instalasi pengolahan air- Flotasi
• Waktu pengadukan (menit)	1–5
• Nilai G/detik	>750

(Sumber: SNI 6774:2008)

Kriteria koagulan berdasarkan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air adalah sebagai berikut:

- a. Jenis koagulan yang digunakan
 1. Aluminium sulfat, $Al_2(SO_4)_3 \cdot 4(H_2O)$ diturunkan dalam bentuk cair konsentrasi sebesar (5–20)%.
 2. PAC, *Poly Aluminum Chloride* ($Al_{10}(OH)_{15}Cl_{15}$) kualitas PAC ditentukan oleh kadar *aluminium oxide* (Al_2O_3) yang terkait sebagai PAC dengan kadar (10–11)%.
- b. Dosis koagulan ditentukan berdasarkan hasil percobaan *jartest* terhadap air baku.

- c. Pembubuhan koagulan ke pengaduk cepat dapat dilakukan secara gravitasi atau pemompaan.

2.4.3 Flokulasi

Flokulasi merupakan gerakan air secara perlahan yang bertujuan untuk menggabungkan partikel-partikel koloid yang sudah terbentuk pada proses koagulasi. Partikel-partikel koloid tersebut kemudian menjadi flok-flok yang dapat diendapkan pada unit sedimentasi (Priambodo dan Indaryanto, 2017). Proses pengadukan lambat bertujuan untuk mempercepat laju tumbukan partikel sehingga terjadi penggabungan antar partikel. Partikel-partikel yang menjadi flok telah mengalami destabilisasi menjadi suatu flok yang mudah diendapkan melalui unit sedimentasi dan dipisahkan melalui proses filtrasi (Purnawan dan Wachjoe, 2023).

Proses flokulasi dilakukan secara bertahap dari kekuatan besar ke kekuatan yang lebih kecil agar flok yang sudah terbentuk tidak pecah kembali. Kecepatan air dalam bak pengaduk berkisar antara 15 sampai 30 cm/detik. Jumlah tumbukan partikel yang diaduk dalam air tergantung pada besarnya gradien kecepatan, diameter butiran partikel yang bertumbukan, dan jumlah partikel yang bertumbukan (Ermawati dan Aji, 2018).

Pengadukan lambat secara horizontal dapat digolongkan menjadi (Ermawati dan Aji, 2018):

1. *Baffle Channel Horizontal*

Pengadukan tipe ini menggunakan saluran pengaduk dan memanfaatkan energi pengadukan yang berasal dari friksi pada dinding saluran pada saluran lurus dan turbulensi pada belokan. Kecepatan air dalam saluran tidak boleh kurang dari 0,2 m/detik agar menghindari endapan dalam saluran pengaduk. Pengadukan yang baik dibagi menjadi 4 sampai 6 zona pengadukan. Keunggulan pengadukan dengan cara ini adalah pengendalian terhadap pengadukan murah dan kapasitas dapat ditingkatkan dengan mudah. Sedangkan kelemahannya adalah membutuhkan lahan yang sangat luas.

2. *Baffle Channel Vertical*

Titik berat pengadukan vertikal adalah kontraksi pada celah antar *baffle* yang tingkat pengadukannya diatur oleh pintu yang ada antar *baffle*. Penampang saluran vertikal berbentuk segiempat sehingga apabila pemerataan aliran tidak dilakukan dengan baik maka akan mengakibatkan *dead zone* terutama disudut-sudut kompartemen. Pengolahan jenis ini menghasilkan flok yang cukup baik karena sekat antar bak dapat diatur bukaannya untuk menghasilkan nilai G yang tepat.

3. *Baffle Channel Vertical Melingkar (cyclone)*

Pengadukan jenis ini merupakan pengembangan dari jenis aliran vertikal yang dimana pengadukan dilakukan dalam kompartemen berbentuk lingkaran atau bersegi banyak. Pengadukan *cyclone* memanfaatkan energi dari beda tinggi antar ruang dan air yang berputar dalam kompartemen akan membantu proses pembentukan flok. Putaran dilakukan dengan cara mengatur keluaran air didasar kompartemen dengan arah melingkar.

4. Pengadukan dengan plat berlubang

Pengadukan ini menggunakan plat berlubang yang memanfaatkan kontraksi pada waktu air melalui lubang. Keunggulan pengadukan dengan plat berlubang adalah penggunaan ruang sangat ringkas tetapi mempunyai kelemahan yang sulit dilakukan untuk pengaturan nilai G karena sifatnya statik.

5. Pengadukan dengan pulsator

Jenis pengadukan pulsator merupakan akumulasi flok pada bagian dasar suatu pengumpul bak. Proses memperbesar flok air yang sudah terkoagulasi dilakukan dengan mengalirkan air baku secara tiba-tiba ke inlet. Sehingga flok kecil yang tertumbuk satu sama lain menghasilkan flok yang lebih besar. Flok yang telah membesar dan jenuh dibuang secara kontinu ke saluran pembuang.

Permasalahan yang biasa terjadi pada unit flokulasi adalah adanya buih pada permukaan air dan pertumbuhan alga pada dinding bak. Buih yang terdapat pada permukaan air dapat diatasi dengan cara melakukan pembuangan setiap saat,

walaupun buih tersebut tidak mempunyai pengaruh pada air yang akan diproduksi namun buih dapat terlihat jelas dan tidak sedap dipandang mata. Sedangkan untuk pertumbuhan alga dapat menimbulkan bau pada air. Hal ini dapat diatasi dengan cara menggunakan prechlorinasi dengan sisa klor sekitar 0,3 mg/L (Ermawati dan Aji, 2018).

Perhitungan pada unit flokulasi yang dijabarkan sebagai berikut (Suhandi dkk., 2022):

- Kehilangan Tekanan (H_{tot})

$$H = H_L + H_B \quad (2.5)$$

- Kehilangan Tekanan Pada Belokan (H_B)

$$H_B = K \times \frac{V_B^2}{2g} \quad (2.6)$$

Dimana:

H_B : Kehilangan tekan di belokan (m)

K : Koefisien gesek (1,0 – 5,0)

V_B : Kecepatan aliran pada beloka (m/detik)

g : Percepatan gravitasi (m/detik²)

- Kehilangan Tekanan Pada Aliran Lurus (H_L)

$$V_L = \frac{1}{N} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2.7)$$

$$H_L = \left(\frac{n \times V_L \times p^{1/2}}{R^{2/3}} \right)^2 \quad (2.8)$$

Dimana:

H_L : Kehilangan tekanan pada saat lurus (m)

n : Koefisien Manning

V_L : Kecepatan aliran pada saluran lurus (m/detik)

p : Panjang saluran (m)

R : Jari-jari basah (m²)

A : Luas basah (m²)

P : Keliling basah (m)

- Perhitungan Waktu Detensi (G)

$$td = \frac{V}{Q} \quad (2.9)$$

Dimana:

t_d : Waktu detensi (detik)

V : Volume bak (m^3)

Q : Debit (m^3/det)

- Perhitungan Gradien Kecepatan (G)

$$G = \sqrt{\frac{g \times H_L}{v \times t_d}} \quad (2.10)$$

Dimana:

G : Gradien Kecepatan ($detik^{-1}$)

g : Percepatan gravitasi ($m/detik^2$)

H_L : Kehilangan tekanan pada saat lurus (m)

v : Viskositas kinematik ($m^2/detik$)

t_d : Waktu detensi (detik)

- Perhitungan Gradien Waktu (G_{td})

$$G_{td} = G \times td \quad (2.11)$$

Dimana:

G_{td} : Gradien waktu

G : Gradien kecepatan ($detik^{-1}$)

Td : Waktu detensi (detik)

Kriteria desain unit flokulasi adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Kriteria Desain Unit Flokulasi

Kriteria umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanis	
		Sumbu Horizontal dengan Pedal	Sumbu Vertikal dengan Bilah
G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun)-5	60 (menurun)-10	70 (menurun)-10
Waktu tinggal (menit)	30-45	30-40	20-40
Tahap flokulasi (buah)	6 -10	3-6	2-4
Pengendalian energi	Bukaan pintu/sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan putaran
Kecepatan aliran max (m/det)	0,9	0,9	1,8-2,7

Kriteria umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanis	
		Sumbu Horizontal dengan Pedal	Sumbu Vertikal dengan Bilah
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5-20	0,1-0,2
Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	-	1-5	8-25

(Sumber: SNI 6774:2008)

2.4.4 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses pengendapan yang memanfaatkan berat jenis partikel serta gaya gravitasi. Sedimentasi dapat diartikan sebagai pengendapan dari suspensi dalam air. Suspensi yang terendapkan berbentuk flok yang terbentuk pada proses koagulasi-flokulasi. Prinsip kerja sedimentasi yaitu dengan memanfaatkan berat jenis dari partikel koloid yang bertujuan untuk memisahkan partikel dengan larutan menggunakan gravitasi. Proses sedimentasi menghasilkan bahan yang terlarut berupa zat organik dan anorganik, bahan padat berupa bahan kasar material dan bebatuan serta total bahan yang terangkut dan berbentuk suspensi (Fatma dkk., 2022).

Lumpur yang terendapkan harus dikeluarkan secara periodik agar menjaga efektivitas ruang pengendapan dan mencegah pembusukan. Pembuangan lumpur menggunakan peralatan yang harus dikontrol atau diperiksa setiap saat agar tetap bekerja secara sempurna. Sedimentasi yang meremoval 60 – 80% kandungan lumpur menunjukkan bahwa proses flokulasinya berfungsi dengan baik. Maka dari itu pembuangan lumpur harus sering dilakukan yaitu 2-3 kali sehari (Ermawati dan Aji, 2018).

Bangunan sedimentasi yang menggunakan bahan beton berbentuk persegi, lingkaran, dan bujur sangkar. Bangunan sedimentasi dibuat memanjang menyesuaikan aliran untuk meminimalisir aliran pendek dan membuat kecepatan penyaluran air menjadi konstan. Berikut merupakan bentuk bangunan sedimentasi (Fatma dkk., 2022):

a. Lingkaran

Unit sedimentasi yang berbentuk lingkaran membentuk aliran dengan pola radial dimana air akan masuk dari tengah tangki dan disebarakan ke seluruh bagian unit, diameter antara 15 hingga 20% dari total tangki.

b. Persegi Panjang (*Rectangular Tanks*)

Bak sedimentasi berbentuk segi empat memiliki fungsi untuk memperbesar beban permukaan, mengurangi kecepatan aliran air, dan untuk menghindari adanya aliran pendek (*Short Circuiting*). Dasar bak dibuat dengan kemiringan tertentu untuk mengeluarkan lumpur endapan. Lumpur endapan yang dikeluarkan menggunakan prinsip hidrostatis melalui pipa *outlet* lumpur.

c. Bujur Sangkar

Bangunan sedimentasi berbentuk bujur sangkar salah satu aliran distribusinya kritis sehingga satu zona inletnya di desain dengan inlet limpahan, pot, dan *orifice* atau *slotted baffles* dan lebar bukaan.

Pengendapan pada unit sedimentasi dibagi menjadi 4 (empat) kelas. Pembagian tipe pengendapan ini berdasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Tipe sedimentasi tersebut adalah (Fatma dkk., 2022):

a. Sedimentasi Tipe I (*Free Settling*)

Sedimentasi Tipe I merupakan proses pengendapan partikel diskrit. Pengendapan partikel diskrit tersebut mampu mengendap tanpa bantuan dari penambahan zat kimia berupa koagulan yang memiliki fungsi untuk mengurangi kekeruhan dari air.

b. Sedimentasi Tipe II (*Flocculent Settling*)

Sedimentasi Tipe II merupakan pengendapan partikel yang berbentuk flok pada suatu suspensi. Pengendapan tipe ini memerlukan bantuan dari penambahan zat kimia berupa koagulan.

c. Sedimentasi Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)

Sedimentasi Tipe III merupakan pengendapan dari partikel koloid dan suspensi yang seimbang, partikel berdekatan sehingga menjadi halangan bagi pengendapan partikel di dekatnya. Jenis pengendapan tipe ini umumnya digunakan untuk pengolahan air buangan.

d. Sedimentasi Tipe IV (*Compression Settling*)

Sedimentasi Tipe IV merupakan unit lanjutan dari sedimentasi tipe III, ditandai dengan adanya kompresi dari massa partikel sehingga mendapat *output* konsentrasi sludge yang banyak.

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat 4 (empat) zona, yaitu zona *inlet*, zona pengendapan, zona lumpur, dan zona *outlet*. Berikut merupakan penjelasan mengenai setiap zona pada unit sedimentasi (Fatma dkk., 2022):

1. Zona *Inlet*

Zona *inlet* merupakan lubang tempat mengalirnya air olahan ke dalam unit pengolahan sedimentasi yang berfungsi untuk distribusi air secara merata ke bagian lain dari unit sedimentasi.

2. Zona *Settling* (Pengendapan)

Zona pengendapan merupakan ruang untuk mengendapkan partikel tersuspensi. Proses pengendapan ini dipengaruhi oleh densitas partikel serta gaya gravitasi.

3. Zona *Sludge* (Lumpur)

Zona lumpur merupakan zona penyimpanan untuk lumpur endapan yang terbentuk akibat dari hasil pengendapan.

4. Zona *Outlet*

Zona *outlet* merupakan zona penyaluran untuk keluarnya air yang telah terpisah dari partikel suspensi dan sludge menuju pengolahan selanjutnya.

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan sedimentasi, yaitu (Rizqiain, 2021):

- Perhitungan Beban Permukaan (*Surface Loading Rate*) (V_t)

$$V_t = \frac{(Q/unit)}{A} \quad (2.12)$$

Dimana:

V_t : *Surface loading rate* (m/detik)

Q : Debit bak (m³/detik)

A : Luas permukaan tiap bak (m²)

- Perhitungan Kecepatan pada Settler

$$v_o = \frac{Q/unit}{A \times \sin \alpha} \quad (2.13)$$

Dimana:

v_o : Kecepatan aliran pada *settler* (m/detik)

Q : Debit bak (m³/detik)

A : Luas permukaan tiap bak (m²)

α : Kemiringan *settler* = 60°

- Bilangan Reynold dan Froude

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.14)$$

$$Re = \frac{v_o \times R}{\nu} \quad (2.15)$$

$$Fr = \frac{v_o^2}{g \times R} \quad (2.16)$$

Dimana:

R : Jari-jari hidraulis (m)

A : Luas permukaan *settler* (m²)

P : Keliling *settler* (m)

v_o : Kecepatan aliran di *settler* (m/detik)

ν : Viskositas kinematik (m²/s)

Re : *Reynolds number*

Fr : *Froude number*

- Waktu Detensi Bak

$$t_d = \frac{V}{Q} \quad (2.17)$$

Dimana:

t_d : Waktu detensi (detik)

V : Volume bak (m^3)

Q : Debit bak (m^3 /detik)

Tabel 2. 6 Kriteria Desain Unit Sedimentasi

Kriteria Umum	Bak Persegi (Aliran Horizontal)	Bak Persegi Aliran Vertikal (Menggunakan Pelat/Tabung Pengendapan)	Bak Bundar (Aliran Vertical Radial)	Bak Bundar (Kontak Padatan)	Clarifier
Beban permukaan (m^3/m^2 /jam)	0,8-2,5	3,8-7,5 *)	1,3-1,9	2-3	0,5-1,5
Kedalaman (m)	3-6	3-6	3-5	3-6	0,5-1,0
Waktu retensi (jam)	1,5-3	0,07 **)	1-3	1-2	2-2,5
Lebar / Panjang	> 1/5	-	-	-	-
Beban pelimpah (m^3/m /jam)	< 11	< 11	3,8-15	7-15	7,2-10
Bilangan Reynold	< 2000	< 2000	-	-	< 2000
Kecepatan pada plat/tabung pengendapan (m/menit)	-	Max 0,15	-	-	-
Bilangan Froude	> 10^{-5}	> 10^{-5}	-	-	> 10^{-5}
Kecepatan vertikal (cm/menit)	-	-	-	< 1	< 1
Sirkulasi Lumpur	-	-	-	3-5% dari input	-
Kemiringan dasar bak (tanpa scraper)	45°-60°	45°-60°	45°-60°	> 60°	45°-60°

Kriteria Umum	Bak Persegi (Aliran Horizontal)	Bak Persegi Aliran Vertikal (Menggunakan Pelat/Tabung Pengendapan)	Bak Bundar (Aliran Vertical Radial)	Bak Bundar (Kontak Padatan)	Clarifier
Periode antara pengurasan lumpur (jam)	12-24	8-24	12-24	Kontinyu	12-24 ***
Kemiringan tube/plate	30°/60°	30°/60°	30°/60°	30°/60°	30°/60°

(Sumber: SNI 6774:2008)

- Catatan :
- *) luas bak yang tertutupi oleh pelat/tabung pengendap
 - ***) waktu retensi pada pelat/tabung penengndap
 - ***)) pembuangan lumpur sebagian

2.4.5 Filtrasi

Filtrasi merupakan suatu proses pemisahan padatan dari cairan melalui suatu media berpori, dimana air dialirkan ke dalam media berpori sehingga bagian padat (tersuspensi) akan tertahan dalam media. Partikel yang terkandung dalam air yang berbentuk suspensi ataupun koloid tidak dapat mengendap secara menyeluruh dalam proses pengendapan, maka dari itu penyempurnaan proses pengendapan dilakukan dengan proses filtrasi (Fatma dkk., 2022).

Media dan jenis yang dapat digunakan sebagai filter diantaranya adalah saringan pasir lambat, pasir cepat, dan teknologi membran yang dapat menggunakan metode *Ultrafiltration*, *Nanofiltration*, *Microfiltration*, dan *Reverse Osmosis*. Media penyaringan dapat berupa gabungan atau susunan dari pasir seperti pasir silika atau pasir garnet. Media yang digunakan dalam penyaringan memiliki variasi ukuran, komposisi kimia, dan bentuk yang sebelumnya perlu dianalisa untuk mencapai gabungan efektif yang diharapkan (Fatma dkk., 2022).

Media penyaringan dapat dikelompokkan sesuai dengan tipe media yang digunakan, yaitu (Ermawati dan Aji, 2018):

1. *Single Media Filter*

Saringan tipe ini hanya menggunakan satu media. Media penyaringan yang digunakan pada umumnya berupa pasir atau antrasit saja.

2. *Dual Media Filter*

Saringan tipe ini yang menggunakan dua media, biasanya pasir dan antrasit.

3. *Multi Media Filter*

Saringan tipe ini menggunakan banyak media. Media yang digunakan biasanya berupa pasir, antrasit, dan garnet.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses filtrasi adalah sebagai berikut (Fatma dkk., 2022):

- a. Penyaringan pada lapisan media penyaringan
- b. Pengendapan di dalam penyaringan
- c. Kontak antar partikel dengan lapisan penyaring
- d. Proses adsorpsi
- e. Proses koagulasi
- f. Proses biologis dalam penyaringan
- g. Tergabungnya zat koloid di penyaring

Jenis-jenis filtrasi dibedakan menjadi dua berdasarkan kapasitas produksi air yang terolah, yaitu filter pasir cepat dan filter pasir lambat.

1. Filter Pasir Lambat (*Slow Sand Filter*)

Filter pasir lambat merupakan proses pengolahan air bersih tanpa melalui unit koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi. Air baku yang sudah melalui prasedimentasi langsung dialirkan ke saringan pasir lambat. Proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi terjadi di saringan pasir ini. proses tersebut terjadi dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk di lapisan permukaan pasir (Lalu dkk., 2022).

Saringan ini menggunakan pasir halus dengan ukuran efektif sekitar 0,2 mm. Ukuran efektif merupakan ukuran ayakan yang dapat meloloskan 10% dari total butir yang ada atau P10. Proses mikrobiologi mendominasi dipermukaan filter pada saringan pasir lambat. Kehilangan tekanan yang tinggi menghasilkan rata-rata aliran yang sangat rendah (0,12-0,32 m/jam) sehingga membutuhkan konstruksi filter yang sangat luas. Pencucian unit filtrasi ini dilakukan secara periodik, pada umumnya dalam satu bulan satu kali. Pencucian dilakukan dengan cara mengambil media filter bagian atas setebal 3-5 cm untuk dicuci di luar filter. Saringan pasir lambat membutuhkan ruang yang luas dan modal yang besar. Saringan ini tidak berfungsi baik pada air yang memiliki kekeruhan tinggi karena permukaannya cepat terseumbat, dan membutuhkan pencucian yang lebih sering (Ermawati dan Aji, 2018).

2. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat merupakan proses pengolahan air bersih yang umumnya dilakukan sesudah proses-proses koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi (Lalu dkk., 2022). Unit filtrasi pasir cepat memiliki laju kecepatan mulai 6 m/jam sampai 11 m/jam. Kekeruhan air ketika memasuki filter pasir cepat umumnya 5 – 10 NTU sementara efisiensi penurunannya sebesar 90-98% (Fatma dkk., 2022).

Filter jenis ini menggunakan dasar pasir silika dengan kedalaman 0,6-0,75 m. Ukuran pasir yang digunakan adalah sebesar 0,35-1,0 mm atau lebih dengan ukuran efektifnya sebesar 0,45-0,55 mm. Koefisien keseragaman umumnya 1,65. Koefisien keseragaman merupakan ukuran yang telah meloloskan 60% dibagi ukuran yang telah meloloskan 10% dari total bahan baku pasir atau P60/P10 (Lalu dkk., 2022).

Pencucian media filter pasir cepat dilakukan dengan cara *backwash*. *Backwash* merupakan proses pencucian kotoran-kotoran maupun endapan suspensi yang tertinggal pada filter yang akan ikut terekspansi dan bersama air pencuci dikeluarkan melalui gutter. Pencucian dilakukan 24 jam operasi dengan waktu pencucian pasir terekspansi $\pm 50\%$. Pencucian dapat dikombinasikan dengan *nozzle*

dengan kecepatan penyemprotan $\pm 270 \text{ L/m}^2/\text{menit}$ dan tekanan antara $0,7-1,1 \text{ kg/cm}^2$. Kombinasi pencucian ini menghasilkan pencucian filter yang lebih baik dan jumlah air untuk mencuci filter dapat lebih sedikit (Ermawati dan Aji, 2018).

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan filtrasi, yaitu (Rizqiain, 2021):

- Perhitungan Kecepatan Penyaringan (V_f)

$$V_f = \frac{(Q/unit)}{A} \quad (2.18)$$

Dimana:

V_f : Kecepatan penyaringan (m/detik)

Q : Debit bak (m^3/detik)

A : Luas permukaan tiap bak (m^2)

Tabel 2. 7 Kriteria Desain Unit Filtrasi

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11	12-33
	Pencucian:			
2	Kecepatan (m/jam)	36-50	36-50	72-198
	Lama pencucian (menit)	10-15	10-15	-
	Periode antara 2 pencucian (jam)	18-24	18-24	-
	Ekspansi (%)	30-50	30-50	30-50
3	Media pasir:			
	Tebal (mm)	300-700	300-700	300-700
	Singel media	600-700	600-700	600-700
	Media ganda	300-600	300-600	300-600
	Ukuran efektif, ES (mm)	0,3-0,7	0,3-0,7	-
	Koefisien keseragaman, UC	1,2-1,4	1,2-1,4	1,2-1,4
	Berat jenis (kg/dm^3)	2,5-2,65	2,5-2,65	2,5-2,65
	Poroitas	0,4	0,4	0,4
4	Media antrasit			
	Tebal (mm)	400-500	400-500	400-500
	ES (mm)	1,2-18	1,2-18	1,2-18
	Berat jenis (kg/dm^3)	1,35	1,35	1,35

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
Filter botom saringan				
1) Lapisan penyangga dr atas ke bawah				
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100	-
	Ukiran butir (mm)	2-5	2-5	-
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100	-
	Ukiran butir (mm)	5-10	5-10	-
5	Kedalaman (mm)	80-100	80-100	-
	Ukiran butir (mm)	10-15	10-15	-
	Kedalaman (mm)	80-150	80-150	-
	Ukiran butir (mm)	15-30	15-30	-
2) Filter nozel				
	Lebar Slot nozel (mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	% Luas slot nozel terhadap luas filter	> 4%	> 4%	> 4%

(Sumber: SNI 6774:2008)

Catatan : *) untuk saringan dengan jenis kecepatan menurun
 **) untuk saringan dengan jenis kecepatan konstan (*constant filtration rate*), harus dilengkapi dengan pengatur aliran (*flow controller*) otomatis.

2.4.6 Desinfeksi

Desinfeksi adalah proses pembunuhan bakteri-bakteri patogen penyebab penyakit, mikroorganisme, dan sebagai oksidator dalam air. Proses desinfeksi dilakukan dengan membubuhkan gas klor. Klor dalam bentuk gas dicampur terlebih dahulu dengan air dan kemudian diinjeksikan ke dalam air (Ermawati dan Aji, 2018). Klor dapat bermanfaat untuk mengoksidir zat organik sebagai reduktor mengurangi bau, mencegah berkembangbiaknya bakteri pada sistem distribusi air (Lalu dkk., 2022). Syarat desinfeksi, yaitu (Ermawati dan Aji, 2018):

1. Dapat mematikan semua jenis organisme patogen dalam air.
2. Dapat membunuh kuman yang dimaksud dalam waktu singkat.
3. Ekonomis dan dapat dilaksanakan dengan mudah.
4. Air tidak boleh menjadi toksisk.

5. Dosis diperhitungkan agar terdapat residu untuk mengatasi adanya kontaminan dalam bakteri.

Desinfeksi pada air untuk menghilangkan bakteri pathogen dan mikroorganisme dapat dilakukan dengan beberapa cara. Berikut merupakan beberapa cara untuk melakukan desinfeksi, yaitu (Lalu dkk., 2022):

- a. Pemanasan, air dididihkan sehingga bakteri yang terkandung dalam air. Desinfeksi dengan cara pemanasan ini tidak praktis untuk jumlah air yang sangat banyak, contohnya untuk di Instalasi Pengolahan Air bersih. Cara ini dapat digunakan pada rumah tangga khususnya yang akan dipakai untuk minum dan makan.
- b. Sinar ultra violet, cara ini dilakukan dengan cara melewatkan air yang telah diolah pada sinar ultra violet. Sinar ultra violet tidak menjamin jika akan ada pertumbuhan bakteri dikarenakan tidak adanya sisa sinar ultra violet dalam air.
- c. *Chlorinasi*, yaitu proses desinfeksi menggunakan klor sebagai desinfektan yang diberikan kepada air yang telah diolah. Cara ini dipakai karena lebih banyak keuntungannya dibandingkan kerugiannya. Salah satu keuntungannya bisa menggunakan air sampai ke konsumen. Kerugian metode ini adalah menimbulkan rasa tidak enak pada air jika mengandung dosis klor yang tinggi.

Bahan-bahan yang digunakan untuk klorinasi adalah Gas klor (Cl_2), Kalsium Hipoklorit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, Nitrogen Hipoklorit NaOCl atau klor dioksida. Kaporit merupakan desinfektan yang sering digunakan di perusahaan-perusahaan air bersih. Prinsip klorinasi adalah sebagai berikut adalah sebagai berikut:

1. Pemakaian klorin yang merata dan tidak terputus-putus di seluruh bagian dari yang diolah.
2. Penentuan dosis klor yang sesuai dengan kebutuhan dari jenis air yang diolah dan mengontrol hasil klorinasi untuk menjamin serta menghasilkan air yang aman diminum.

Desinfektan yang digunakan akan efektif tergantung pada beberapa faktor di bawah ini (Lalu dkk., 2022):

1. Waktu kontak, semakin lama waktu kontak maka akan semakin banyak bakteri yang terbunuh.
2. Konsentrasi dan zat kimia.
3. Temperatur, semakin tinggi suhu maka akan semakin cepat bakteri terbunuh.
4. Tipe organisme, umumnya yang membentuk spora akan lebih sulit terbunuh.
5. Jumlah organisme, semakin banyak organisme maka waktu kontak yang dibutuhkan akan semakin lama.
6. Keadaan medium air.

Baku mutu yang digunakan untuk menentukan kadar maksimal sisa klor pada *reservoir* menurut *World Health Organization* (2017) adalah sebesar 1,5 mg/L. Kriteria desain unit desinfeksi adalah sebagai berikut (BSNI, 2008):

- a. Jenis desinfektan yang digunakan
 1. Gas klor (Cl_2), kandungan klor aktif minimal 99%.
 2. Kaporit atau kalsium hipoklorit ($\text{CaOCl}_2 \times \text{H}_2\text{O}$) kandungan klor aktif (60-70)%.
 3. Sodium hipoklorit (NaOCl), kandungan klor aktif 15%.
- b. Dosis klor ditentukan berdasarkan dpc yaitu jumlah klor yang dikonsumsi air besarnya tergantung dari kualitas air bersih yang diproduksi serta ditentukan dari sisa klor di instalasi (0,25-0,35) mg/L.

2.4.7 Reservoir

Reservoir merupakan suatu tempat penampungan akhir yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air bersih sebelum didistribusikan melalui pipa-pipa secara gravitasi. Distribusi air bersih di Indonesia pada umumnya menggunakan konsep gravitasi. Reservoir biasanya diletakkan di tempat dengan posisi lebih tinggi daripada tempat-tempat yang menjadi sasaran distribusi agar dapat disalurkan secara gravitasi (Lalu dkk., 2022).

Reservoir digunakan untuk meratakan aliran, mengatur tekanan, dan keperluan darurat. Kinerja *reservoir* dinilai berdasarkan kemampuannya untuk memenuhi debit dan tekanan yang diperlukan agar air dapat didistribusikan dengan baik ke konsumen. Penampungan air dilakukan karena pemakaian air oleh masyarakat selama 24 jam tidak memiliki debit yang konstan. Jam puncak merupakan saat sebagian besar masyarakat menggunakan air dan saat masyarakat sedikit atau tidak menggunakan air disebut jam minimum. Air produksi akan ditampung ke dalam *reservoir* pada saat jam minimum, sehingga pada jam puncak aliran dapat terbantu dan merata (Sofia dkk., 2018).

Perhitungan pada bangunan *reservoir* adalah menghitung waktu detensi. Rumus perhitungan waktu detensi adalah sebagai berikut (Rizqiain, 2021):

- Waktu Detensi (t_d)

$$t_d = \frac{V}{Q} \quad (2.19)$$

Dimana:

t_d : Waktu detensi (detik)

V : Volume bak (m^3)

Q : Debit ($m^3/detik$)

Kriteria desain bangunan *reservoir* adalah sebagai berikut (Witjaksono dan Sururi, 2023):

1. Kedalaman (H) = (3 – 6) meter
2. Waktu tinggal (t_d) > 1 jam

2.5 Kesimpulan

Air yang dapat dijadikan air baku harus memenuhi Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Pengolahan air baku untuk dijadikan air bersih harus melalui beberapa unit pengolahan agar memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Penyadapan air baku dilakukan pada unit *intake* sesuai dengan debit yang diperlukan untuk pengolahan. Bangunan *intake* harus berlokasi yang aman dari polusi yang disebabkan oleh pengaruh luar. Evaluasi pada bangunan *intake* meliputi perhitungan kecepatan aliran yang kemudian dibandingkan dengan kriteria desain berdasarkan PERMEN PUPR No. 27/PRT/M/2016. Berdasarkan kriteria desain tersebut nilai kecepatan aliran maksimum dalam pipa adalah sebesar 3,0-4,5 m/detik.

Unit pengolahan fisika-kimia pada umumnya diawali oleh unit koagulasi. Unit koagulasi merupakan proses pengolahan air dengan sistem pengadukan cepat dan menggunakan bahan kimia berupa koagulan. Pada unit koagulasi diharapkan air dapat bercampur secara homogen dengan koagulan agar dapat membentuk flok. Pembentukan flok terjadi dikarenakan koloid yang bermuatan negatif diberi koagulan yang bermuatan positif sehingga terjadi kondisi destabilisasi partikel. Jenis koagulan, dosis koagulan, dan pengadukan koagulan menjadi faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan dari proses koagulasi. Jenis pengadukan pada unit koagulasi terbagi menjadi pengaduk mekanis, pengaduk pneumatis, dan pengaduk hidrolis. Evaluasi unit koagulasi meliputi perhitungan waktu detensi, gradien kecepatan, dan gradien waktu.

Unit setelah koagulasi adalah unit flokulasi. Unit flokulasi adalah proses pengolahan air dengan sistem pengadukan lambat yang bertujuan untuk menyatukan flok-flok yang sudah terbentuk yang selanjutnya akan diendapkan pada unit sedimentasi. Prinsip kerja unit flokulasi adalah mempercepat laju tumbukan partikel agar terjadi penggabungan antar partikel. Proses flokulasi dilakukan dari kekuatan besar ke kekuatan lebih kecil agar tidak terjadi pecahnya flok yang sudah terbentuk. Evaluasi unit flokulasi meliputi perhitungan kehilangan tekanan, waktu detensi, gradien kecepatan, dan gradien waktu.

Pada unit sedimentasi, flok yang sudah terbentuk akan diendapkan dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Flok akan mengendap berdasarkan berat jenisnya. Unit sedimentasi akan menghasilkan sebuah lumpur yang terendapkan. Lumpur tersebut harus dibuang secara periodik. Bangunan sedimentasi terdapat beberapa jenis bentuk, yaitu lingkaran, persegi panjang, dan bujur sangkar. Terdapat 4 (zona) dalam setiap bangunan sedimentasi. Zona tersebut yaitu zona *inlet*, zona pengendapan, zona lumpur, dan zona *outlet*. Perhitungan yang dilakukan pada unit sedimentasi yaitu perhitungan beban permukaan, kecepatan pada tabung pengendap, bilangan Reynold, bilangan Froude, dan waktu detensi bak.

Unit selanjutnya adalah filtrasi. Unit filtrasi merupakan proses pemisahan padatan dan cairan melalui suatu media berpori. Koloid yang tidak dapat mengendap pada unit sedimentasi akan tersaring pada unit filtrasi. Padatan yang terfiltrasi akan tertahan pada media filtrasi. Penggunaan media filter dapat menggunakan satu media, dua media, ataupun lebih. Pada umumnya media filter yang digunakan berupa pasir, antrasit, dan *gravel*. Jenis filtrasi dibedakan menjadi filter pasir cepat dan filter pasir lambat. Unit filtrasi perlu dilakukan *backwash* agar tidak terjadi *clogging*. Perhitungan yang dilakukan pada unit filtrasi adalah perhitungan kecepatan penyaringan.

Pengolahan selanjutnya adalah desinfeksi. Unit desinfeksi merupakan proses pembunuhan bakteri patogen dengan membubuhkan desinfektan berupa kaporit. Desinfeksi dapat dilakukan dengan cara pemanasan, sinar ultra violet, dan klorinasi. Faktor yang mempengaruhi desinfektan adalah waktu kontak, konsentrasi desinfektan, temperatur, dan jumlah organisme. Air yang sudah diolah akan ditampung pada tempat penampungan sementara, yaitu *reservoir*. Tujuan dibangunnya *reservoir* adalah untuk meratakan aliran, mengatur tekanan, dan keperluan darurat. Air yang sudah diolah akan ditampung di *reservoir* pada saat jam minimum. Perhitungan yang dilakukan pada unit *reservoir* yaitu perhitungan waktu detensi.

BAB III

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

3.1 Gambaran Umum PERUMDAM Tirta Kerta Raharja

Perusahaan Umum Daerah Air Minum Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang (PERUMDAM TKR) merupakan suatu perusahaan daerah yang bergerak dibidang air minum yang dimiliki oleh Pemerintah Kabupaten Tangerang. PERUMDAM TKR melayani 3 daerah pelayanan yaitu Kabupaten Tangerang, Kota Tangerang, dan Tangerang Selatan. PERUMDAM TKR didirikan pada tahun 1923 dengan nama *Water Leideng Bedryf* pada masa Pemerintah Hindia Belanda dengan kapasitas produksi 8 liter/detik di daerah Babakan Tangerang. Pada kala itu PERUMDAM TKR menggunakan Tower Air yang digunakan sebagai tampungan air hasil pengolahan yang hingga saat ini masih berdiri.

Pada tahun 1976 berdasarkan Peraturan Daerah No. 10/HUK/1976 pengelolaan sepenuhnya dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten Tangerang dengan nama Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Tangerang. Lalu pada tahun 1983 dibentuk Unit Pengelola Air Minum (UPAM) Kabupaten Tangerang dan terjadi penggabungan UPAM kedalam PDAM Kabupaten Tangerang pada tahun 1985. Pada tahun 2001 PDAM Kabupaten Tangerang menggunakan Logo Tirta Kerta Raharja dan berubah nama menjadi PDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang sesuai dengan Perda Nomor 16 tahun 2001. Hingga pada tahun 2019 terjadi perubahan bentuk organisasi dan nama PDAM menjadi Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PERUMDAM) Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang sesuai dengan Peraturan Daerah No. 6 Tahun 2019.

Terhitung pada bulan Desember 2021 PERUMDAM TKR memiliki 13 Instalasi Pengolahan Air (IPA) dengan kapasitas produksi sebesar 5627,5 L/detik. PERUMDAM TKR melayani pelanggan Sambungan Langganan (SL) Domestik sebesar 186.433 SL dan 14 Sambungan Langganan (SL) Air Bersih sebesar 382.200 SL. Maka jumlah pelanggan PERUMDAM TKR saat ini sekitar 568.633 SL. Pelayanan Sambungan Langganan (SL) Domestik PERUMDAM TKR 54% berada

di Kota Tangerang, 38% berada di Kabupaten Tangerang, dan 8% berada di Tangerang Selatan.

PERUMDAM TKR telah melakukan kerjasama dengan Mitra Usaha, baik Kerjasama Usaha maupun Kerjasama Air Bersih. Kerjasama Air Bersih merupakan kegiatan penjualan air oleh PERUMDAM TKR kepada mitra pengembang perumahan, perusahaan, atau PDAM lain seperti PAM Jaya, BSD City, Lippo Karawaci, Bandara Soekarno Hatta, dan lainnya. Tanggungjawab PERUMDAM TKR hanya mendistribusikan air sampai dengan *watermeter* induk, sementara pendistribusian air dan pemeliharaan jaringan menjadi tanggungjawab mitra.

Tabel 3. 1 Kapasitas IPA di PERUMDAM TKR

No	Nama IPA	Kapasitas Produksi (Liter/detik)	Sumber Air Baku
1	IPA Cikokol	1.275	Sungai Cisadane
2	IPA Perumnas	140	Sungai Cisadane
3	IPA Serpong	3.000	Sungai Cisadane
4	IPA Babakan	90	Sungai Cisadane
5	IPA Bojong Renged	200	Sungai Cisadane
6	IPA Solear	200	Sungai Cidurian
7	IPA Citra Raya	160	Sungai Cimenceri
8	IPA Gading Serpong	450	Sungai Cisadane
9	IPA IKK Kronjo	7,5	Sungai Cipasilihan
10	IPA IKK Kresek	15	Sungai Cidurian
11	IPA IKK Mauk	15	Irigasi Mauk
12	IPA IKK Rajeg	25	Irigasi Rajeg
13	IPA Cisauk	50	Sungai Cisadane

(Sumber: PERUMDAM TKR Kabupaten Tangerang)

3.2 Visi dan Misi PERUMDAM Tirta Kerta Raharja

Adapun Visi dan Misi PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang guna mewujudkan tujuan dari perusahaan adalah sebagai berikut:

3.2.1 Visi

Menjadi Perusahaan Air Minum yang sehat dan senantiasa memberikan pelayanan yang terbaik kepada masyarakat, demi mewujudkan keinginannya dalam memperoleh Kehidupan yang lebih baik.

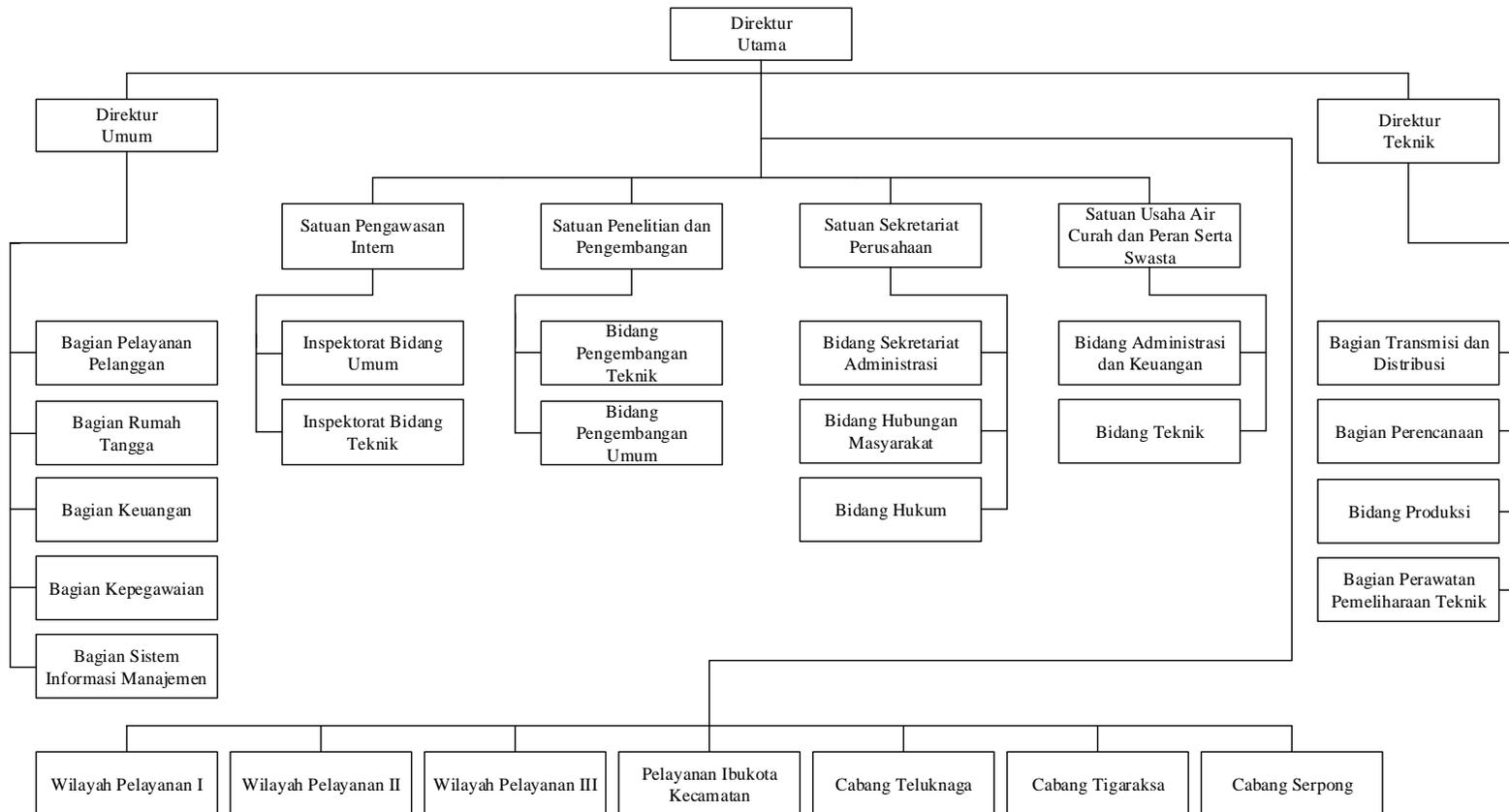
3.2.2 Misi

Misi dari PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang adalah:

1. Menerapkan teknologi tepat guna dalam pelayanan berstandar nasional.
2. Meningkatkan Sumber Daya Manusia (SDM) yang profesional.
3. Mewujudkan cakupan pelayanan sesuai Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Tangerang.
4. Memberikan kontribusi bagi Pendapatan Daerah berupa dividen.
5. Menjalankan aktivitas usaha dengan selalu menjaga keseimbangan lingkungan.

3.3 Struktur Organisasi PERUMDAM Tirta Kerta Raharja

PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang dalam menjalankan suatu organisasi dipimpin oleh Direktur Utama yang bertugas dalam memimpin, mengkoordinasi, mengawasi, mengendalikan semua kegiatan dalam bidang pelayanan dan pengolahan air minum. Struktur organisasi yang dimiliki PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang terdiri dari beberapa unsur jabatan, sebagaimana terdapat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Struktur Organisasi PERUMDAM Tirta Kerta Raharja

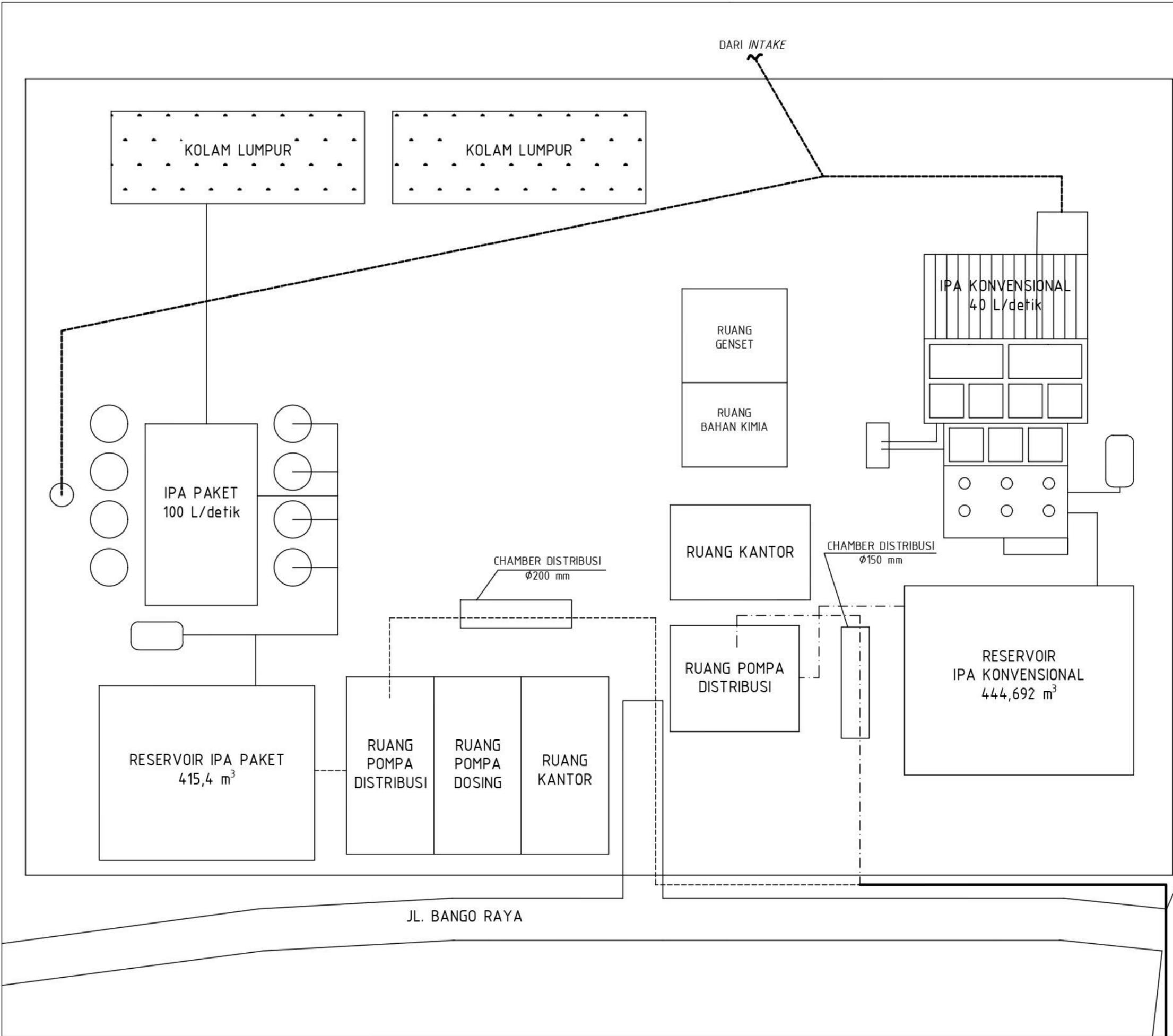
(Sumber: PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang)

3.4 IPA Perumnas PERUMDAM Tirta Kerta Raharja

Instalasi Pengolahan Air (IPA) Perumnas yang berada di Jalan Betet Raya No. I/1A, Perumnas I, Kelurahan Cibodasari, Kecamatan Cibodas, Kota Tangerang, Provinsi Banten, milik PERUMDAM TKR memiliki dua IPA, yaitu IPA konvensional dan IPA paket. Kapasitas maksimal pengolahan untuk IPA konvensional yaitu sebesar 40 liter/detik, sedangkan kapasitas maksimal pengolahan untuk IPA paket yaitu sebesar 100 liter/detik. IPA yang akan diamati adalah IPA Konvensional. Sumber air baku IPA Perumnas berasal dari Sungai Cisadane yang berlokasi di Jalan Imam Bonjol No. 20, Karawaci, Kota Tangerang. Jarak Intake ke IPA Perumnas adalah sekitar 2 km. Air baku yang digunakan disadap menggunakan sistem perpipaan. Pipa transmisi yang digunakan adalah sebesar 350 mm. Penyadapan air baku menggunakan pompa yang berjenis sentrifugal dan submersible.

Air yang dihasilkan dari IPA Perumnas akan didistribusikan ke Supermall Lippo Karawaci. Supermall Lippo Karawaci merupakan salah satu Mitra Usaha PERUMDAM TKR dalam penjualan air bersih. Air tersebut nantinya akan diolah lebih lanjut oleh pihak Supermall Lippo Karawaci. Air tersebut akan digunakan bagi seluruh pengunjung dan juga pegawai yang ada di pusat perbelanjaan tersebut.

Unit pengolahan air yang tersedia di IPA Perumnas PERUMDAM TKR berupa unit *intake*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan *reservoir*. IPA Perumnas memiliki beberapa ruangan yang digunakan sebagai penunjang pengoperasian instalasi pengolahan. Ruangan tersebut antara lain ruang kantor, ruang genset, ruang pompa, ruang penyimpanan bahan kimia, dan lainnya. Berikut merupakan Gambar Denah IPA Perumnas:



JUDUL GAMBAR

DENAH IPA PERUMNAS

KETERANGAN

- = PIPA DIA. 150
- = PIPA DIA. 200
- = PIPA DIA. 300
- = PIPA DIA. 350
- ∅ = DIAMETER PIPA

NAMA

NISYA RAYA DEISMAYA

NRP

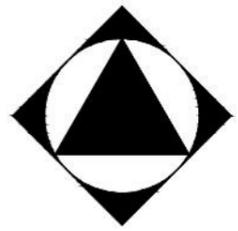
25-2019-015

DOSEN PEMBIMBING

MILA DIRGAWATI, S.T., M.T.,
Ph.D.

SKALA

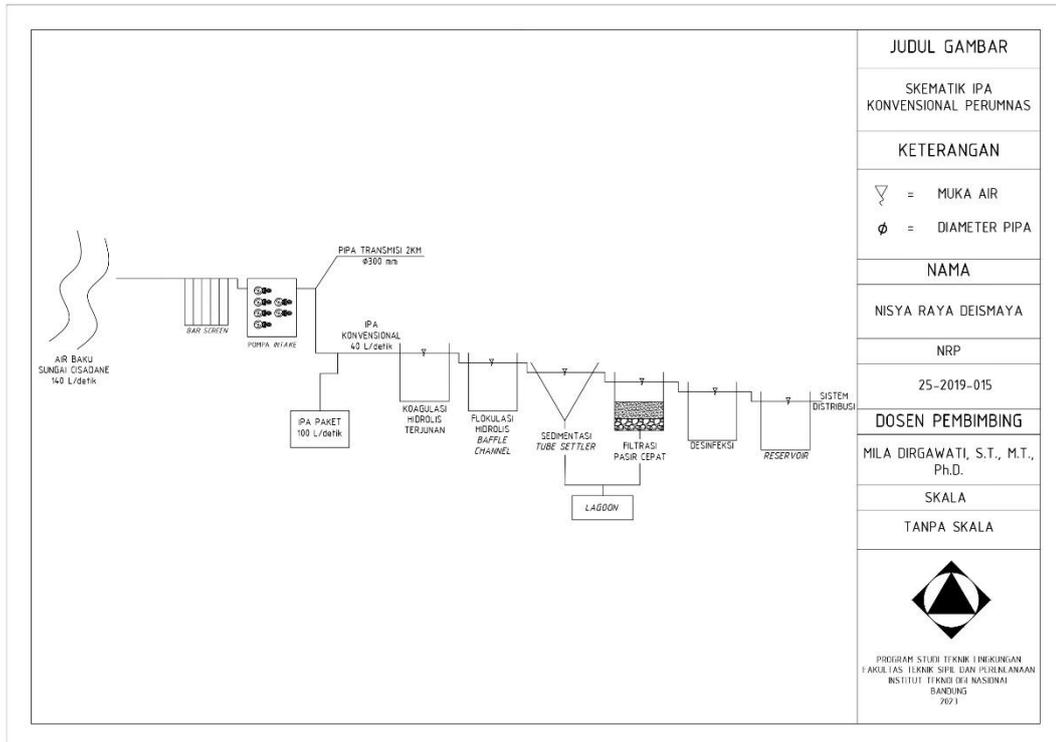
TANPA SKALA



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG
2023

3.5 Proses dan Skematik Instalasi Pengolahan Air Perumnas

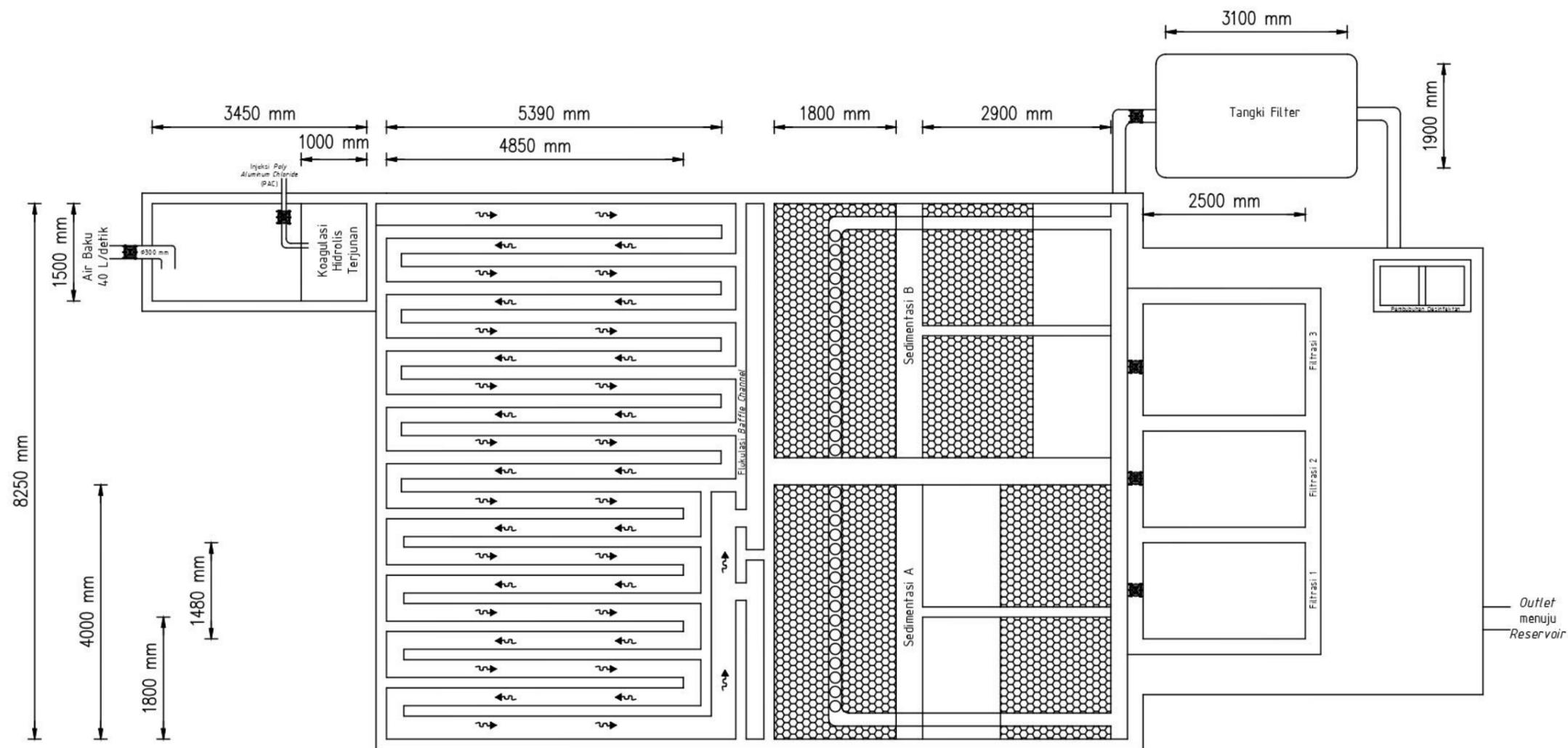
Pengolahan air yang dilakukan oleh PERUMDAM TKR bertujuan agar air yang dihasilkan sesuai dengan persyaratan kualitas dan kuantitas. Skematik proses pengolahan air bersih di IPA Perumnas dengan sumber air baku yang berasal dari air permukaan Sungai Cisadane dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Skematik Proses Pengolahan IPA Konvensional Perumnas

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2023)

Air baku yang masuk ke IPA Konvensional Perumnas akan terlebih dahulu diolah pada unit koagulasi dengan terjunan dan akan diberikan koagulan berupa *Poly Aluminum Chloride* (PAC). Lalu air akan mengalir secara gravitasi menuju unit flokulasi. Unit flokulasi yang digunakan berupa saluran yang berkelok-kelok. Air yang telah melewati unit flokulasi selanjutnya akan diolah pada unit sedimentasi dengan sistem *tube settler* dan juga terdapat *gutter*. Setelah itu air akan disaring pada unit filtrasi dengan menggunakan media filter berupa pasir dan *gravel*. Berikut merupakan *layout* IPA Konvensional Perumnas:



JUDUL GAMBAR

IPA KONVENSIONAL
PERUMNAS

KETERANGAN

- = ARAH ALIRAN
- = SETTLER
- = GUTTER
- ϕ = DIAMETER PIPA
- = VALVE

NAMA

NISYA RAYA DEISMAYA

NRP

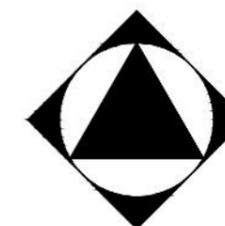
25-2019-015

DOSEN PEMBIMBING

MILA DIRGAWATI, S.T., M.T.,
Ph.D.

SKALA

1 : 79



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG
2023

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Instalasi Pengolahan Air bersih Perumnas memiliki kapasitas produksi sebesar 140 L/detik. IPA Perumnas memiliki 2 IPA yaitu, IPA Konvensional dengan kapasitas produksi sebesar 40 L/detik dan IPA Paket dengan kapasitas produksi sebesar 100 L/detik. Daerah pelayanan IPA Perumnas hanya mencakup kawasan pusat perbelanjaan Supermall Lippo Karawaci, Tangerang. Petugas operator bagian pengolahan IPA Perumnas terbagi menjadi 3 shift yaitu pagi pukul 07.00 WIB, siang pukul 15.00 WIB, dan malam pukul 23.00 WIB. Setiap shift terbagi atas 2 orang operator. Pengamatan kerja praktik ini dilakukan pada IPA Konvensional Perumnas dengan kapasitas sebesar 40 L/detik.

4.2 Hasil Uji Kualitas Air Baku

Air baku yang digunakan pada IPA Perumnas adalah air permukaan yang berasal dari Sungai Cisadane. Kualitas air baku yang digunakan dianalisa oleh laboratorium uji PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang. Syarat baku mutu yang digunakan untuk kualitas air baku adalah Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berikut merupakan hasil uji kualitas air baku IPA Perumnas:

Tabel 4. 1 Data Kualitas Air Permukaan

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian		PP No. 22 Tahun 2021 (Kelas 1)
			Awal Juli 2022	Akhir Juli 2022	
<i>Parameter Fisik</i>					
1	Suhu	°C	29,2	28,8	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
2	Kekeruhan	NTU	26,3	36,7	-
3	Warna	PtCo	1	6	15
4	Zat Padat Terlarut	mg/L	74,6	435	1000

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian		PP No. 22 Tahun 2021 (Kelas 1)
			Awal Juli 2022	Akhir Juli 2022	
5	Daya hantar listrik	μS/cm	165,7	940	-
6	Padatan Tersuspensi Total	mg/L	4	40	40
Parameter Kimia					
A. Kimia Anorganik					
1	pH		7,03	7,21	6,0 – 9,0
2	Amoniak (sebagai NH ₃ -N)	mg/L	0,08	0,15	0,1
3	Aluminium (Al)	mg/L	0,209	0,063	-
4	Besi (Fe) Terlarut	mg/L	<0,05	<0,05	0,3
5	Kesadahan	mg/L	70,24	51,92	-
6	Klorida (Cl)	mg/L	11,43	8,02	300
7	Mangan (Mn) Terlarut	mg/L	<0,024	<0,024	0,1
8	Seng (Zn)	mg/L	0,0230	0,0523	0,05
9	Sulfat (SO ₄) Terlarut	mg/L	34	10	300
10	Tembaga (Cu)	mg/L	<0,04	<0,04	0,02
11	Cadmium	mg/L	-	-	0,01
12	Chromium valensi 6	mg/L	<0,01	<0,01	0,05
13	Sianida	mg/L	0,002	0,003	0,02
14	Florida Terlarut	mg/L	<0,13	<0,13	1
15	Nitrat (NO ₃), Sebagai N	mg/L	4,5	1,2	10
16	Nitrit (NO ₂), Sebagai N	mg/L	0,004	0,15	0,06
17	BOD	mg/L	4	6	2
18	COD	mg/L	6	5	10
19	Phosphat (PO ₄)	mg/L	0,03	0,04	0,2
20	Arsen		-	-	0,05
21	Total Kromium		-	-	
22	Selenium		-	-	0,01
B. Kimia Organik					
1	Zat Organik	mg/L	4,94	10,00	-
2	Detergent	mg/L	-	-	0,2
Parameter Mikrobiologi					
1	Fecal Coliform	Coloni/100 ml	-	-	100

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian		PP No. 22 Tahun 2021 (Kelas 1)
			Awal Juli 2022	Akhir Juli 2022	
2	Total Coliform	Coloni/100 ml	-	-	1.000

(Sumber: PERUMDAM TKR Kabupaten Tangerang, 2022)

Keterangan:

	= Tidak Memenuhi
	= Memenuhi

Hasil uji kualitas air baku pada Tabel 4.1 menandakan bahwa terdapat beberapa parameter yang tidak memenuhi baku mutu. Parameter yang tidak memenuhi baku mutu ditandai dengan warna biru. Parameter tersebut adalah amoniak (sebagai $\text{NH}_3\text{-N}$), seng (Zn), nitrit (NO_2), dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). Kualitas air yang melebihi baku mutu sebagian besar ada pada akhir bulan Juli 2022.

Tingginya kandungan amoniak berasal dari air seni dan tinja, oksidasi zat organik secara mikrobiologis, serta dari air buangan industri dan juga limbah domestik (Putri dkk., 2019). Sumber seng dalam perairan berasal dari limbah rumah tangga seperti penggunaan shampoo, detergen, serta korosi dari pipa air (Jusuf dkk., 2021). Nitrit pada perairan bersumber dari limbah rumah tangga seperti pembuangan hasil cucian baik secara langsung maupun tidak langsung ke sungai (Hamakonda dkk., 2019). Sumber BOD pada perairan berasal dari aktivitas rumah tangga yang membuang air limbah ke sungai dan menjadi sumber beban pencemar bahan organik ke sungai (Hamakonda dkk., 2019). Berdasarkan sumber pencemar tersebut, lokasi eksisting berada di dekat perumahan sehingga menyebabkan tingginya kadar amoniak, nitrit, seng, dan BOD.

Berdasarkan perbandingan diatas, air baku Sungai Cisadane seharusnya tidak dapat digunakan sebagai air baku. Hal ini dikarenakan kualitas air yang buruk. Kualitas air yang buruk ini disebabkan oleh limbah domestik dan non domestik

yang terkandung dalam air Sungai Cisadane tersebut. Namun dengan adanya IPA Konvensional Perumnas diharapkan parameter tersebut dapat dihilangkan.

4.3 Unit *Intake*

Intake Perumnas digunakan sebagai tempat pengumpul air baku yang berasal dari Sungai Cisadane. Lokasi *Intake* Perumnas berada di Jalan Imam Bonjol No. 20, Karawaci, Kota Tangerang. Sistem pengumpul air baku pada *Intake* Perumnas menggunakan sistem perpompaan. *Intake* ini akan menyuplai air baku untuk IPA Konvensional dan IPA Paket. Kapasitas pompa penghisapan air baku pada *Intake* Perumnas berbeda-beda sesuai dengan jenis pompanya. Debit air baku yang disadap adalah sebesar 140 L/detik.

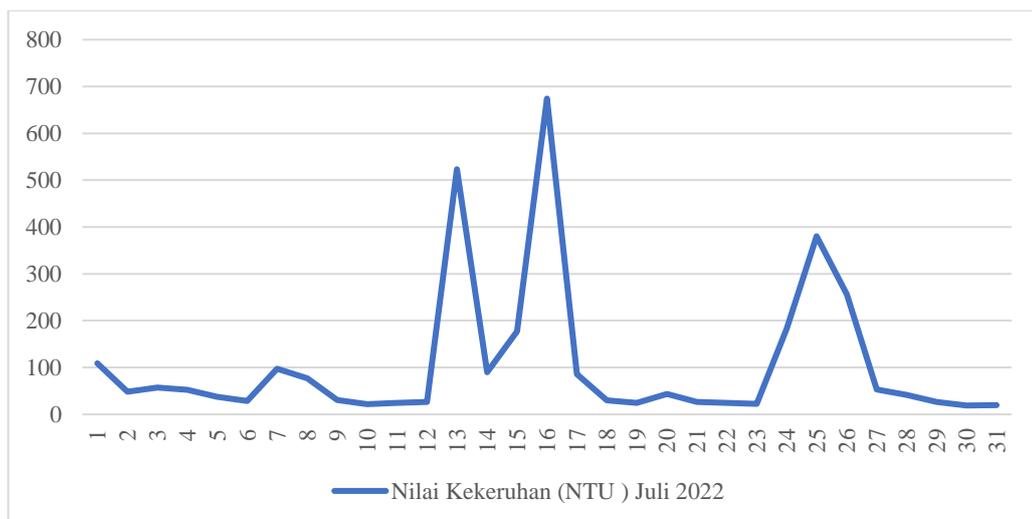
Unit *intake* IPA Perumnas terdapat 2 jenis pompa yaitu, pompa sentrifugal dan pompa *submersible*. *Intake* Perumnas memiliki 3 buah pompa sentrifugal dengan 2 pompa sebagai pompa *booster* dan 3 buah pompa *submersible*. Pompa *submersible* merupakan pompa yang berada di dalam air sungai. *Intake* Perumnas berjenis *intake* ponton. *Intake* ponton merupakan jenis *intake* yang menggunakan pelampung atau ponton sebagai tempat pompa hisapnya. Alat pompa *intake* mengikuti naik turunnya permukaan air.



Gambar 4. 1 Unit Intake IPA Perumnas

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022)

Permasalahan yang ada pada unit *intake* Perumnas adalah pelampung bangunan *intake* ponton sudah dalam keadaan yang buruk dan akses menuju ponton keadannya sudah berkarat. Permasalahan lainnya adalah tingkat kekeruhan air di lokasi *intake* akan meningkat pada saat musim penghujan. Berikut merupakan data nilai kekeruhan air baku pada Bulan Juli 2022:



Gambar 4. 2 Grafik Kualitas Kekeruhan Air Baku Juli 2022

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2022)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.2 terdapat beberapa nilai kekeruhan yang tinggi. Nilai kekeruhan yang tinggi dari rata-rata terdapat pada tanggal 13, 16, dan 25 Juli 2022. Hal ini disebabkan oleh adanya aliran air yang besar dari daerah Bogor dan juga terjadinya hujan yang besar pada tanggal tersebut. Sungai Cisadane merupakan hilir dari aliran sungai di daerah Bogor. Menurut BMKG, curah hujan pada bulan Juli 2022 sebesar 399,9 mm/hari di daerah Bogor. Nilai curah hujan tersebut menandakan bahwa daerah Bogor memiliki curah hujan yang ekstrim pada bulan Juli 2022. Kategori curah hujan ekstrim memiliki nilai lebih dari 150 mm/hari. Sehingga hal ini mempengaruhi tingginya kadar kekeruhan pada lokasi intake. Berikut merupakan tabel dimensi perlengkapan unit *intake*:

Tabel 4. 2 Dimensi Unit *Intake*

No	Deskripsi	Satuan	Nilai
Pompa Sentrifugal 1, 2, dan 3			
1	Kapasitas	L/detik	75
	Diameter	mm	150
	Head	m	20
Pompa <i>Submersible</i> 1,2, dan 3			
2	Kapasitas	m ³ /menit	2,2
	Diameter	mm	150
	Head	m	30
Pipa Transmisi			
3	Diameter (D)	mm	300

(Sumber: Hasil Pengamatan, 2022)

Perhitungan dan Pembahasan Unit *Intake*

Perhitungan bangunan *intake* meliputi perhitungan kecepatan aliran. Penentuan nilai kecepatan aliran menggunakan data debit dan juga luas permukaan. Luas permukaan menggunakan rumus luas lingkaran dikarenakan permukaan pipa berbentuk lingkaran. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (4.1)$$

Debit (Q) air yang disadap pada intake adalah sebesar 140 L/detik atau 0,14 m³/detik dengan ukuran diameter pipa transmisi (D) sebesar 300 mm atau 0,3 m. Air tersebut akan dialirkan hingga instalasi pengolahan air dengan jarak 2 km. Data tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menghitung kecepatan aliran air (V).

$$V = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = \frac{0,14 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times (0,3 \text{ m})^2} = 1,981 \text{ m/detik}$$

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Data Unit Intake

No	Uraian	Satuan	Nilai*	Kriteria Desain**	Keterangan
1	Kecepatan Aliran (V)	m/detik	1,981	Maks 3,0-4,5	Memenuhi
2	Luas Permukaan	m ²	0,071	-	-

(Sumber *: Hasil Perhitungan, 2023; **: Permen PU, 2016)

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kecepatan aliran pada pipa *intake* adalah sebesar 1,981 m/detik. Kriteria kecepatan aliran maksimum dalam pipa menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Indonesia Nomor 27/PRT/M/2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum adalah maksimum sebesar 3,0-4,5 m/detik. Sehingga kecepatan aliran pada pipa *intake* memenuhi kriteria desain. Kecepatan aliran yang memenuhi kriteria desain maka aliran air akan mengalir secara optimal.

4.4 Unit Koagulasi

Koagulasi merupakan proses pengadukan cepat untuk menghomogenkan air baku dengan bahan kimia (koagulan) yang nantinya akan membentuk flok. Jenis koagulasi yang digunakan pada IPA Konvensional Perumnas merupakan koagulasi hidrolis dengan sistem terjunan. Koagulan yang digunakan pada unit koagulasi IPA Perumnas adalah *Poly Aluminum Chloride* (PAC). Dosis PAC ditentukan dari hasil *jartest* yang dilakukan setiap 2 jam sekali.



Gambar 4. 3 Unit Koagulasi IPA Konvensional

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022)

Dimensi unit koagulasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Dimensi Unit Koagulasi

No	Deskripsi	Satuan	Nilai
1	Debit (Q)	L/detik	40
2	Panjang (p)	m	1
3	Lebar (l)	m	1,5
4	Tinggi (t)	m	0,9
5	Terjunan (h)	m	0,35
6	Freeboard	m	0,3
7	Dosis PAC (rata-rata dalam satu bulan)	ppm	17,65

(Sumber: Hasil Pengukuran, 2022)

Perhitungan dan Pembahasan Unit Koagulasi

Pehitungan unit koagulasi meliputi perhitungan waktu detensi dan gradien kecepatan. Data yang diperlukan untuk menghitung waktu detensi adalah volume bak dan debit. Perhitungan volume bak unit koagulasi menggunakan data panjang, lebar, dan tinggi dari unit koagulasi. Sedangkan untuk menghitung gradien kecepatan diperlukan data percepatan gravitasi, tinggi terjunan, viskositas kinematik, dan waktu detensi. Nilai percepatan gravitasi dan viskositas kinematik merupakan nilai ketetapan. Perhitungan unit koagulasi adalah sebagai berikut:

Waktu Detensi (t_d)

$$t_d = \frac{V}{Q} \quad (4.2)$$

Berdasarkan pengukuran dimensi unit koagulasi panjang bak (p) sebesar 1 m, lebar bak (l) sebesar 1,5 m, dan tinggi bak sebesar 0,9 m. Data dimensi tersebut akan digunakan untuk menghitung nilai V . Selanjutnya debit air yang masuk ke unit koagulasi IPA Konvensional adalah sebesar 40 L/detik atau $0,04 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kemudian dari data tersebut dilakukan perhitungan nilai t_d sebagai berikut:

$$t_d = \frac{p \times l \times t}{Q} = \frac{1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}}{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}} = 33,75 \text{ detik}$$

Gradien Kecepatan (G)

$$G = \sqrt{\frac{g \times h}{v \times t_d}} \quad (4.3)$$

Nilai percepatan gravitasi merupakan nilai ketetapan dengan nilai sebesar $9,81 \text{ m/detik}^2$. Hasil pengukuran tinggi terjunan pada eksisting adalah sebesar 0,35 m. Nilai viskositas kimenatik yang digunakan adalah sebesar $0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$ untuk suhu air sebesar 28°C . Berdasarkan perhitungan nilai t_d sebelumnya didapatkan hasil nilai t_d sebesar 33,75 detik. Berikut merupakan perhitungan nilai G pada unit koagulasi:

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,35 \text{ m}}{(0,836 \times 10^{-6}) \text{ m}^2/\text{detik} \times 33,75 \text{ detik}}} = 348,842 \text{ detik}^{-1}$$

Gradien Waktu (Gt_d)

$$Gt_d = G \times t_d \quad (4.4)$$

Nilai gradien waktu (Gt_d) merupakan nilai hasil perkalian dari nilai gradien kecepatan (G) dan waktu detensi (t_d). Berdasarkan perhitungan sebelumnya, nilai G yang dihasilkan adalah sebesar $348,842 \text{ detik}^{-1}$ dan nilai t_d sebesar 33,75 detik. Berikut merupakan perhitungan untuk nilai Gt_d :

$$Gt_d = 348,842 \text{ detik}^{-1} \times 33,75 \text{ detik} = 11.773,417$$

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Data Unit Koagulasi

No	Uraian	Satuan	Nilai*	Kriteria Desain**	Keterangan
1	Waktu detensi (t_d)	detik	33,75	20-60***	Memenuhi
2	Gradien kecepatan (G)	detik ⁻¹	328,842	>750	Tidak Memenuhi
3	Gradien waktu (Gt_d)		11.773,417	10^4 - 10^5	Memenuhi

(Sumber *: Hasil Perhitungan, 2023; **: SNI 6774:2008; ***: Witjaksono, 2022)

Nilai gradien kecepatan (G) pada unit koagulasi tidak memenuhi kriteria desain. Hal ini dikarenakan nilai G pada unit koagulasi adalah sebesar 328,842 detik⁻¹, sedangkan kriteria desain berdasarkan SNI 6774:2008 adalah harus lebih besar dari 750 detik⁻¹. Nilai G yang tidak sesuai akan berpengaruh pada proses koagulasi yang menyebabkan pencampuran koagulan menjadi tidak homogen dan proses pembentukan mikroflok tidak terjadi (Rosariawari dan Zingga, 2020). Menurut Reynaldi dan Radityaningrum (2022), faktor yang mempengaruhi nilai G pada koagulator tipe hidrolis adalah ketinggian terjunan. Peningkatan ketinggian terjunan dapat dilakukan dengan meningkatkan elevasi terjunan atau menurunkan ketinggian muka air di unit pencampuran. (Reynaldi dan Radityaningrum, 2022).

4.5 Unit Flokulasi

Unit flokulasi merupakan proses pengadukan lambat untuk menggabungkan flok-flok yang sudah terbentuk di unit koagulasi menjadi flok yang lebih besar sehingga partikel koloid tersebut mudah mengendap pada bak sedimentasi. Jenis flokulasi di IPA Konvensional Perumnas adalah pengadukan secara hidrolis dengan tipe *baffle channel*. Unit flokulasi di IPA Konvensional Perumnas memiliki 2 kompartemen yang masih dalam satu aliran (seri) dan setiap kompartemen memiliki ukuran dimensi yang berbeda. Air akan mengalir dari kompartemen yang memiliki dimensi lebih kecil ke dimensi yang lebih besar.



Gambar 4. 4 Unit Flokulasi IPA Konvensional Perumnas

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022)

Dimensi unit flokulasi dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Dimensi Unit Flokulasi

No	Deskripsi	Satuan	Nilai
1	Debit (Q)	L/detik	40
2	Jumlah kompartemen	Buah	2
Kompartemen 1			
3	Panjang (p)	m	5,39
4	Lebar (l)	m	0,22
5	Kedalaman air (H_a)	m	0,73
7	Kedalaman saluran (H_s)	m	0,86
8	Jumlah Belokan (N)	Buah	11
9	Panjang Belokan	m	0,62
Kompartemen 2			
10	Panjang (p)	m	4,85
11	Lebar (l)	m	0,32
12	Kedalaman air (H_a)	m	0,7
13	Kedalaman saluran (H_s)	m	0,78
14	Jumlah Belokan (N)	Buah	8
15	Panjang Belokan	m	0,82

(Sumber: Hasil Pengukuran, 2022)

Perhitungan dan Pembahasan Unit Flokulasi

Pehitungan unit flokulasi meliputi perhitungan kehilangan tekanan, waktu detensi, dan gradien kecepatan. Kehilangan tekanan terbagi menjadi 2, yaitu kehilangan tekanan pada saat belokan dan kehilangan tekanan pada saat aliran lurus. Kehilangan tekanan pada belokan disebabkan oleh belokan sebesar 180°. Perhitungan kehilangan tekanan pada belokan membutuhkan data koefisien gesek yaitu sebesar 2. Kehilangan tekanan pada saat aliran lurus terjadi pada saluran terbuka. Saluran unit flokulasi pada IPA Konvensional Perumnas terbuat dari beton, sehingga nilai koefisien *Manning* yang digunakan untuk mencari kehilangan tekanan pada aliran lurus adalah sebesar 0,013.

Kehilangan Tekanan (H)

$$H = H_L + H_B \quad (4.5)$$

- **Kehilangan Tekanan Pada Belokan (H_B)**

$$H_B = K \times \frac{V_B^2}{2g} \quad (4.6)$$

Kompartemen I

Unit flokulasi pada kompartemen I memiliki dimensi dengan lebar (l) sebesar 0,22 m dan kedalaman air (H_a) sebesar 0,73 m dengan debit air (Q) sebesar 0,04 m³/detik. Nilai koefisien gesek adalah sebesar 2. Dari data tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan kehilangan tekanan di belokan (H_b). Berikut merupakan perhitungan nilai H_b pada kompartemen I unit flokulasi:

$$H_B = K \times \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2g} = K \times \frac{\left(\frac{Q}{l \times H_a}\right)^2}{2g} = 2 \times \frac{\left(\frac{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,22 \text{ m} \times 0,73 \text{ m}}\right)^2}{2 \times 9,81 \text{ m}/\text{detik}^2} = 0,006 \text{ m}$$

Kompartemen II

Unit flokulasi pada kompartemen II memiliki demensi dengan lebar (l) sebesar 0,32 m dan kedalaman air (H_a) sebesar 0,7 m dengan debit air (Q) sebesar 0,04 m³/detik. Kompartemen 2 memiliki lebar yang lebih besar dari kompartemen I namun kedalaman airnya lebih rendah dari kompartemen I. Nilai koefisien gesek adalah sebesar 2. Dari data tersebut

selanjutnya dilakukan perhitungan kehilangan tekanan di belokan (H_b). Berikut merupakan perhitungan nilai H_b pada kompartemen II unit flokulasi:

$$H_B = K \times \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2g} = K \times \frac{\left(\frac{Q}{l \times H_a}\right)^2}{2g} = 2 \times \frac{\left(\frac{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,32 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}}\right)^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} = 0,003 \text{ m}$$

- **Kehilangan Tekanan Pada Aliran Lurus (H_L)**

$$V_L = \frac{1}{N} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (4.7)$$

$$H_L = \left(\frac{n \times V_L \times p^{1/2}}{R^{2/3}}\right)^2 \quad (4.8)$$

Kompartemen I

Sebelum melakukan perhitungan kehilangan tekanan pada aliran lurus (H_L) perlu dilakukannya perhitungan nilai kecepatan aliran pada saluran lurus (V_L) terlebih dahulu. Data yang digunakan adalah nilai panjang kompartemen (p), lebar kompartemen (l), kedalaman air (H_a), kedalaman saluran (H_s), dan koefisien manning. Berdasarkan hasil pengukuran panjang kompartemen I adalah sebesar 5,39 m dengan lebar sebesar 0,22 m. Kedalaman air pada kompartemen I adalah sebesar 0,73 m dan kedalaman saluran adalah sebesar 0,86 m. Sedangkan nilai koefisien *Manning* untuk beton adalah sebesar 0,013. Berikut merupakan perhitungan nilai V_L dan H_L :

Kecepatan aliran saluran

$$V_L = \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \times \left(\frac{\Delta H}{p}\right)^{1/2} = \frac{1}{n} \times \left(\frac{l \times H_a}{l + 2H_a}\right)^{2/3} \times \left(\frac{H_s - H_a}{p}\right)^{1/2}$$

$$V_L = \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,22 \text{ m} \times 0,73 \text{ m}}{0,22 \text{ m} + 2 \cdot 0,73 \text{ m}}\right)^{2/3} \times \left(\frac{0,86 \text{ m} - 0,73 \text{ m}}{5,39 \text{ m}}\right)^{1/2}$$

$$V_L = \frac{1}{0,013} \times (0,1)^{2/3} \times (0,024)^{1/2} = 2,567 \text{ m/detik}$$

Kehilangan tekanan pada saat aliran (H_L)

$$H_L = \left(\frac{0,013 \times 2,567 \text{ m/detik} \times 5,39 \text{ m}^{1/2}}{0,1^{2/3}}\right)^2 = 0,129 \text{ m}$$

Kompartemen II

Dimensi kompartemen II pada unit flokulasi memiliki panjang kompartemen (p) sebesar 4,85 m dan lebar (l) sebesar 0,32 m. Kompartemen II memiliki kedalaman air (H_a) sebesar 0,7 m dan kedalaman saluran (H_s) sebesar 0,78 m. Nilai koefisien *Manning* untuk beton adalah sebesar 0,013. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk perhitungan nilai V_L dan H_L pada kompartemen II.

Kecepatan aliran saluran

$$V_L = \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \times \left(\frac{\Delta H}{p}\right)^{1/2} = \frac{1}{n} \times \left(\frac{l \times H_a}{l + 2H_a}\right)^{2/3} \times \left(\frac{H_s - H_a}{p}\right)^{1/2}$$

$$V_L = \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,32 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}}{0,32 \text{ m} + 2 \cdot 0,7 \text{ m}}\right)^{2/3} \times \left(\frac{0,78 \text{ m} - 0,7 \text{ m}}{4,85 \text{ m}}\right)^{1/2}$$

$$V_L = \frac{1}{0,013} \times (0,211)^{2/3} \times (0,016)^{1/2} = 3,449 \text{ m/detik}$$

Kehilangan tekanan pada saat aliran (H_L)

$$H_L = \left(\frac{0,013 \times 3,449 \text{ m/detik} \times 4,85 \text{ m}^{1/2}}{0,211^{2/3}}\right)^2 = 0,078 \text{ m}$$

Kehilangan Tekanan Total

Kompartemen I

$$H = 0,129 \text{ m} + 0,006 \text{ m} = 0,135 \text{ m}$$

Kompartemen II

$$H = 0,078 \text{ m} + 0,003 \text{ m} = 0,081 \text{ m}$$

Waktu Detensi (t_d)

$$t_d = \frac{V}{Q} \tag{4.9}$$

Kompartemen I

Debit air yang masuk pada unit flokulasi adalah sebesar 0,04 m³/detik. Pada kompartemen I panjang kompartemen (p) adalah sebesar 5,39 m, lebar kompartemen (l) sebesar 0,22 m, dan kedalaman air (H_a) adalah sebesar 0,73 m. Kompartemen I memiliki 11 buah belokan. Data tersebut kemudian digunakan

untuk melakukan perhitungan waktu detensi (t_d) pada kompartemen I sebagai berikut:

$$t_d = \frac{(p \times l \times H_a) \times N}{Q} = \frac{(5,39 \text{ m} \times 0,22 \text{ m} \times 0,73 \text{ m}) \times 11 \text{ buah}}{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}} = 238,049 \text{ detik} = 3,967 \text{ menit}$$

Kompartemen II

Perhitungan waktu detensi (t_d) pada kompartemen II dilakukan dengan menggunakan dimensi unit flokulasi pada kompartemen II. Panjang kompartemen (p) adalah sebesar 4,85 m dengan lebar (l) sebesar 0,32 m. Sedangkan kedalaman air pada kompartemen II (H_a) adalah sebesar 0,7 m dan jumlah belokan sebanyak 8 buah. Berikut merupakan perhitungan nilai t_d pada kompartemen II:

$$t_d = \frac{(p \times l \times H_a) \times N}{Q} = \frac{(4,85 \text{ m} \times 0,32 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}) \times 8 \text{ buah}}{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}} = 217,28 \text{ detik} = 3,621 \text{ menit}$$

Gradien Kecepatan (G)

$$G = \sqrt{\frac{g \times H_L}{v \times t_d}} \quad (4.10)$$

Kompartemen I

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya nilai H_L pada kompartemen I adalah sebesar 0,129 m dan nilai t_d sebesar 238,049 detik. Nilai percepatan gravitasi yaitu sebesar 9,81 m/detik² dan nilai viskositas kinematik untuk air pada suhu 28°C adalah sebesar $0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$. Data tersebut kemudian digunakan untuk mencari nilai gradien kecepatan (G). Perhitungan nilai G pada kompartemen I adalah sebagai berikut:

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,129 \text{ m}}{(0,836 \times 10^{-6}) \text{ m}^2/\text{detik} \times 238,049 \text{ detik}}} = 79,743 \text{ detik}^{-1}$$

Kompartemen II

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya nilai H_L pada kompartemen II adalah sebesar 0,078 m dan nilai t_d sebesar 217,28 detik. Nilai percepatan gravitasi yaitu sebesar 9,81 m/detik² dan nilai viskositas kinematik untuk air pada suhu 28°C

adalah sebesar $0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$. Data tersebut kemudian digunakan untuk mencari nilai gradien kecepatan (G). Perhitungan nilai G pada kompartemen II adalah sebagai berikut:

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,078 \text{ m}}{(0,836 \times 10^{-6}) \text{ m}^2/\text{detik} \times 217,28 \text{ detik}}} = 64,904 \text{ detik}^{-1}$$

Gradien Waktu (G_{td})

$$G_{td} = G \times td \tag{4.11}$$

Kompartemen I

Berdasarkan hasil perhitungan nilai G pada kompartemen I didapatkan nilai G sebesar $79,743 \text{ detik}^{-1}$. Hasil perhitungan nilai t_d didapatkan hasil nilai t_d sebesar $238,049 \text{ detik}$. Kemudian dilakukan perhitungan nilai gradien waktu (G_{td}) untuk kompartemen I sebagai berikut:

$$G_{td} = 79,743 \text{ detik}^{-1} \times 238,049 \text{ detik} = 18.982,741$$

Kompartemen II

Nilai G pada kompartemen II adalah sebesar $64,904 \text{ detik}^{-1}$ sedangkan nilai t_d dari hasil perhitungan adalah sebesar $217,28 \text{ detik}$. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk melakukan perhitungan nilai gradien waktu (G_{td}). Berikut merupakan perhitungan G_{td} untuk kompartemen II:

$$G_{td} = 64,904 \text{ detik}^{-1} \times 217,28 \text{ detik} = 14.102,341$$

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Data Unit Flokulasi

No	Uraian	Satuan	Kompartemen I*	Kompartemen II*	Kriteria Desain**
1	Kehilangan tekanan (H)	m	0,135	0,081	0,3-1 ***
2	Waktu detensi (t _d)	menit	3,967	3,621	30 – 45
3	Gradien kecepatan (G)	detik ⁻¹	79,743	64,904	60 (menurun)- 5
4	Gradien waktu (G _{td})		18.982,741	14.102,341	(10 ⁴ -10 ⁵)

No	Uraian	Satuan	Kompartemen I*	Kompartemen II*	Kriteria Desain**
5	Banyak saluran	Buah	11	8	≥ 6

(Sumber *: Hasil Perhitungan, 2023; *: SNI 6774:2008; **: Witjaksono, 2022)

Keterangan:

	= Tidak memenuhi
	= Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan unit flokulasi, nilai kehilangan tekanan (H), waktu detensi (t_d), dan gradien kecepatan (G) unit flokulasi tidak memenuhi kriteria desain. Hal ini dikarenakan nilai H pada unit flokulasi kompartemen I adalah sebesar 0,135 m dan kompartemen II sebesar 0,081 m, sedangkan kriteria desainnya adalah sebesar 0,3-1 m. Nilai kehilangan tekanan ditimbulkan oleh gesekan yang terjadi oleh friksi antara fluida cair dengan dinding saluran (Witjaksono dan Sururi, 2023). Nilai H yang terlalu kecil diakibatkan oleh bukaan saluran yang terlalu besar, sehingga bukaan pada saluran harus diperkecil agar nilai H sesuai dengan kriteria desain (Bhaskoro dan Ramadhan, 2018).

Nilai t_d pada unit flokulasi adalah sebesar 3,967 menit untuk kompartemen I dan 3,621 menit untuk kompartemen II. Kriteria desain untuk nilai t_d adalah sebesar 30 – 45 menit. Nilai G berdasarkan kriteria desain pada unit flokulasi sebesar 60-5 detik⁻¹, namun pada kondisi eksisting nilai G pada unit flokulasi adalah sebesar 79,743 detik⁻¹ untuk kompartemen I dan 64,904 detik⁻¹. Waktu detensi sangat penting dalam proses flokulasi, semakin lama waktu detensi maka proses pengumpulan flok akan lebih baik (Rosariawari dan Zingga, 2020). Waktu detensi pada unit flokulasi terlalu cepat akan menyebabkan terjadinya perubahan nilai gradien kecepatan secara tidak teratur. Perubahan gradien kecepatan yang tidak teratur akan menyebabkan terjadinya turbulensi dan flok yang terbentuk akan kembali pecah (Afiatun dkk., 2018). Upaya yang dapat dilakukan agar tidak terjadi perubahan nilai G secara tidak teratur akibat aliran dilakukan adalah mengatur level muka air hingga menghasilkan nilai G yang stabil dan terus menurun (Reynaldi dan Radityaningrum, 2022).

4.6 Unit Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel-partikel tersuspensi atau flok-flok yang terbentuk pada proses koagulasi dan flokulasi yang terdapat dalam air. IPA Konvensional Perumnas memiliki 2 unit sedimentasi, yaitu unit sedimentasi A dan unit sedimentasi B. Unit sedimentasi A dan B memiliki bentuk dan dimensi yang identik. Setiap unit sedimentasi memiliki 3 kompartemen dengan 2 kompartemen yang memiliki dimensi yang identik dan 1 kompartemen yang memiliki dimesi lebih besar. Unit sedimentasi IPA Perumnas menggunakan sistem *tube settler* dengan kemiringan 60 derajat. Air dari unit flokulasi mengalir dari bawah menuju ke atas bak sedimentasi melalui *tube settler*. Flok yang ada akan mengendap langsung ke zona lumpur dan ada juga yang tertempel di *tube settler*. Bak sedimentasi pada IPA Konvensional Perumnas dilakukan pengurasan dan pembuangan lumpur setiap ± 1 minggu sekali agar tidak terjadi penumpukan lumpur yang akan menghambat proses sedimentasi.



Gambar 4. 5 Unit Sedimentasi IPA Konvensional Perumnas

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022)

Dimensi bak sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Dimensi Unit Sedimentasi

No	Deskripsi	Satuan	Nilai
Kompartemen 1			
1	Jumlah bak	Buah	1
2	Debit per bak (Q)	L/detik	20
3	Panjang (p)	m	4
4	Lebar (l)	m	1,8
5	Kedalaman (H)	m	3
7	Kemiringan settler	°	60
Kompartemen 2			
8	Jumlah bak	Buah	2
9	Debit per bak (Q)	L/detik	10
10	Panjang (p)	m	2,9
11	Lebar (l)	m	1,8
12	Kedalaman (H)	m	3
13	Kemiringan settler	°	60

(Sumber: Hasil Pengukuran, 2022)

Berikut merupakan tabel nilai kekeruhan pada air baku dan yang dihasilkan pada unit sedimentasi A dan B:

Tabel 4. 9 Nilai Kekeruhan di Unit Sedimentasi Konvensional

Tanggal	Air Baku	Sedimentasi A	Sedimentasi B
	Kekeruhan (NTU)	Kekeruhan (NTU)	Kekeruhan (NTU)
1	109,11	3,08	3,11
2	48,46	3,06	3,17
3	57,48	3,03	3,23
4	52,59	2,94	2,92
5	37,23	2,91	2,98
6	28,76	2,87	2,81
7	97,3	2,97	3,05
8	77,19	2,97	3,05
9	30,7	2,94	2,96
10	21,94	2,94	2,99
11	24,5	2,89	3,01
12	26,59	2,86	2,94
13	523,16	3,38	3,32
14	90,19	3,26	3,4
15	177,25	2,94	2,99
16	674,21	3,01	3,07
17	85,64	3,01	3,12

Tanggal	Air Baku	Sedimentasi A	Sedimentasi B
	Kekeruhan (NTU)	Kekeruhan (NTU)	Kekeruhan (NTU)
18	29,6	2,87	2,89
19	24,48	2,86	2,97
20	43,48	3,05	3,04
21	26,8	2,94	2,97
22	24,52	2,94	2,94
23	22,53	2,9	2,94
24	182,48	2,95	2,85
25	380,01	3,12	3,24
26	256,53	3,04	3,22
27	53,28	3,05	3,19
28	41,29	2,88	2,94
29	26,28	2,89	2,91
30	18,88	2,85	2,88
31	19,6	2,91	2,88
Minimal	18,88	2,85	2,81
Maksimal	674,21	3,38	3,4
Rata-Rata	105,97	2,98	3,03

(Sumber: PERUMDAM TKR Kabupaten Tangerang)

Nilai kekeruhan yang dihasilkan pada sedimentasi A rata-rata adalah sebesar 2,98 NTU. Sedangkan nilai kekeruhan yang dihasilkan pada sedimentasi B rata-rata sebesar 3,03 NTU. Sehingga efektivitas penurunan nilai kekeruhan pada sedimentasi A lebih baik di bandingkan dengan sedimentasi B. Namun dengan demikian sedimentasi B juga sudah cukup baik untuk menurunkan nilai kekeruhan. Perbedaan hasil nilai kekeruhan yang berbeda antara sedimentasi A dan B dapat disebabkan oleh periode pengurasan lumpur.

Perhitungan dan Pembahasan Unit Sedimentasi

Perhitungan dalam mengevaluasi unit sedimentasi meliputi perhitungan nilai rasio lebar/panjang bak, *surface loading rate*, kecepatan pada *settler*, bilangan Reynold dan Froude, dan waktu detensi bak. Pada perhitungan unit sedimentasi dilakukan dengan 2 ukuran dimensi yang berbeda. Kompartemen 1 merupakan bak sedimentasi yang lebih besar dari kompartemen II. Berikut merupakan perhitungan bak sedimentasi:

Rasio Panjang : Lebar

Kompartemen 1

Panjang bak (p) sedimentasi pada kompartemen 1 adalah sebesar 4 m. Lebar bak (l) pada kompartemen 1 adalah sebesar 1,8 m. Data tersebut kemudian digunakan untuk menghitung rasio panjang dan lebar kompartemen 1. Berikut merupakan perhitungan rasio panjang dan lebar:

$$Rasio = \frac{4 \text{ m}}{1,8 \text{ m}} = 2,22$$

Kompartemen 2

Panjang bak (p) sedimentasi pada kompartemen 2 adalah sebesar 2,9 m. Lebar bak (l) pada kompartemen 2 adalah sebesar 1,8 m. Data tersebut kemudian digunakan untuk menghitung rasio panjang dan lebar kompartemen 2. Berikut merupakan perhitungan rasio panjang dan lebar:

$$Rasio = \frac{2,9 \text{ m}}{1,8 \text{ m}} = 1,611$$

Beban Permukaan (Surface Loading Rate) (V_t)

$$V_t = \frac{(Q \text{ tiap kompartemen})}{A} \quad (4.12)$$

Kompartemen 1

Debit air yang masuk kedalam kompartemen 1 adalah sebesar 0,02 m³/detik. Panjang kompartemen (p) 1 adalah sebesar 4 m dengan lebar (l) 1,8 m. Data debit, panjang kompartemen, dan lebar kompartemen kemudian digunakan untuk menghitung beban permukaan pada kompartemen. Berikut merupakan perhitungan beban permukaan pada kompartemen 1:

$$V_t = \frac{(Q \text{ tiap kompartemen})}{p \times l} = \frac{(0,02 \text{ m}^3/\text{detik}) \times (3.600 \text{ detik/jam})}{4 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}} = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

Kompartemen 2

Kompartemen 2 pada bak sedimentasi memiliki panjang (p) sebesar 2,9 m dan lebar (l) sebesar 1,8 m. Debit air yang masuk pada kompartemen 2 adalah sebesar 0,01 m³/detik. Berikut merupakan perhitungan beban permukaan pada kompartemen 2:

$$V_t = \frac{(Q \text{ tiap kompartemen})}{p \times l} = \frac{(0,01 \text{ m}^3/\text{detik}) \times (3.600 \text{ detik/jam})}{4 \text{ m} \times 2,9 \text{ m}} = 3,103 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

Kecepatan pada Tabung Pengendap (v_o)

$$v_o = \frac{Q \text{ tiap kompartemen}}{A \times \sin \alpha} \quad (4.13)$$

Kompartemen 1

Kecepatan pada tabung pengendap (v_o) dapat dihitung dengan menggunakan data debit (Q), luas permukaan tiap bak (A), dan kemiringan *settler* (tabung pengendap). Debit air yang masuk ke dalam kompartemen 1 adalah sebesar 0,02 m³/detik. Kompartemen 1 memiliki panjang (p) sebesar 4 m dan lebar (l) sebesar 1,8 m. Kemiringan *settler* yang digunakan pada IPA Konvensional Perumnas adalah 60°. Berikut merupakan perhitungan kecepatan pada tabung pengendap:

$$v_o = \frac{Q \text{ tiap kompartemen}}{(p \times l) \times \sin \alpha} = \frac{0,02 \text{ m}^3/\text{detik}}{(4 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}) \sin 60^\circ} = 3,207 \times 10^{-3} \text{ m/detik} = 0,192 \text{ m/menit}$$

Kompartemen 2

Pada kompartemen 2, debit air yang masuk adalah sebesar 0,01 m³/detik. Panjang kompartemen (p) 2 adalah sebesar 2,9 m dengan lebar (l) sebesar 1,8 m. Kemiringan *settler* yang digunakan adalah 60°. Berikut merupakan perhitungan nilai v_o pada kompartemen 2:

$$v_o = \frac{Q \text{ tiap kompartemen}}{(p \times l) \times \sin \alpha} = \frac{0,01 \text{ m}^3/\text{detik}}{(2,9 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}) \sin 60^\circ} = 2,212 \times 10^{-3} \text{ m/detik}$$
$$= 0,133 \text{ m/menit}$$

Jari-jari Hidraulis (R)

$$R = \frac{A}{P} \quad (4.14)$$

Perhitungan jari-jari hidraulis (R) dilakukan dengan menggunakan data luas permukaan *settler* dan keliling *settler*. *Settler* yang digunakan berbentuk segi enam, sehingga perhitungan menggunakan rumus luas dan keliling segi enam. Sisi *settler* adalah sebesar 0,05 m. Berikut merupakan perhitungan jari-jari hidraulis pada *settler*:

$$R = \frac{\frac{3\sqrt{3}S^2}{2}}{6 \times S} = \frac{\frac{3\sqrt{3}(0,05 \text{ m})^2}{2}}{6 \times 0,05 \text{ m}} = 0,022 \text{ m}$$

Bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{v_o \times R}{\nu} \quad (4.15)$$

Kompartemen 1

Hasil perhitungan sebelumnya didapatkan nilai v_o pada kompartemen 1 adalah sebesar $3,207 \times 10^{-3}$ m/detik dan nilai R sebesar 0,022 m. Viskositas kinematik untuk air pada suhu 28°C adalah sebesar $0,836 \times 10^{-6}$ m²/detik. Dari data tersebut kemudian dilakukan perhitungan bilangan Reynold untuk melihat kondisi aliran air yang laminar atau turbulen. Berikut merupakan perhitungan bilangan Reynold (Re) pada kompartemen 1:

$$Re = \frac{(3,207 \times 10^{-3} \text{ m/detik}) \times 0,022 \text{ m}}{0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}} = 84,395 < 2000 \text{ (aliran laminar)}$$

Kompartemen 2

Perhitungan bilangan Reynold (Re) pada kompartemen 2 menggunakan data nilai v_o dan nilai R yang sudah didapatkan pada perhitungan sebelumnya. Nilai v_o yang didapatkan pada kompartemen 2 adalah sebesar $2,212 \times 10^{-3}$ m/detik dan nilai R sebesar 0,022 m. Viskositas kinematik untuk air pada suhu 28°C adalah sebesar $0,836 \times 10^{-6}$ m²/detik. Dari data tersebut kemudian dilakukan perhitungan bilangan

Reynold untuk melihat kondisi aliran air yang laminar atau turbulen. Berikut merupakan perhitungan bilangan Reynold pada kompartemen 2:

$$Re = \frac{(2,212 \times 10^{-3} \text{ m/detik}) \times 0,022 \text{ m}}{0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}} = 58,210 < 2000 \text{ (aliran laminar)}$$

Bilangan Froude (Fr)

$$Fr = \frac{v_0^2}{g \times R} \quad (4.16)$$

Kompartemen 1

Hasil perhitungan sebelumnya didapatkan nilai v_0 pada kompartemen 1 adalah sebesar $3,207 \times 10^{-3}$ m/detik dan nilai R sebesar 0,022 m. Nilai percepatan gravitasi adalah sebesar $9,81 \text{ m/detik}^2$. Data tersebut kemudian dilakukan perhitungan bilangan Froude (Fr) untuk melihat kondisi aliran air yang stabil atau tidak stabil. Berikut merupakan perhitungan bilangan Froude pada kompartemen 1:

$$Fr = \frac{(3,207 \times 10^{-3} \text{ m/detik})^2}{9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,022 \text{ m}} = 4,765 \times 10^{-5} > 10^{-5} \text{ (stabil)}$$

Kompartemen 2

Perhitungan bilangan Froude (Fr) pada kompartemen 2 menggunakan data nilai v_0 dan nilai R yang sudah didapatkan pada perhitungan sebelumnya. Nilai v_0 yang didapatkan pada kompartemen 2 adalah sebesar $2,212 \times 10^{-3}$ m/detik dan nilai R sebesar 0,022 m. Nilai percepatan gravitasi adalah sebesar $9,81 \text{ m/detik}^2$. Dari data tersebut kemudian dilakukan perhitungan bilangan Froude (Fr) untuk melihat kondisi aliran air yang stabil atau tidak stabil. Berikut merupakan perhitungan bilangan Froude pada kompartemen 2:

$$Fr = \frac{(2,212 \times 10^{-3} \text{ m/detik})^2}{9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,022 \text{ m}} = 2,267 \times 10^{-5} > 10^{-5} \text{ (Stabil)}$$

Waktu Detensi Bak (t_d)

$$t_d = \frac{V}{Q} \quad (4.17)$$

Kompartemen 1

Perhitungan waktu detensi (t_d) memerlukan data debit (Q), panjang (p), lebar (l), dan kedalaman (H). Debit air yang masuk kedalam kompartemen 1 adalah sebesar $0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dimensi kompartemen 2 yaitu memiliki panjang sebesar 4 m , lebar sebesar $1,8 \text{ m}$, dan kedalaman sebesar 3 m . Berikut merupakan perhitungan nilai t_d pada kompartemen 1:

$$t_d = \frac{p \times l \times H}{Q} = \frac{4 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 3 \text{ m}}{0,02 \text{ m}^3/\text{detik}} = 1080 \text{ detik} = 18 \text{ menit}$$

Kompartemen 2

Perhitungan waktu detensi (t_d) pada kompartemen 2 dilakukan dengan menggunakan dimensi unit flokulasi pada kompartemen 2. Panjang kompartemen (p) adalah sebesar $2,9 \text{ m}$ dengan lebar (l) sebesar $1,8 \text{ m}$. Sedangkan kedalaman air pada kompartemen 2 (H) adalah sebesar 3 m . Debit air (Q) yang masuk pada kompartemen 2 adalah sebesar $0,01 \text{ m}^3/\text{detik}$. Berikut merupakan perhitungan nilai t_d pada kompartemen 2:

$$t_d = \frac{p \times l \times H}{Q} = \frac{2,9 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 3 \text{ m}}{0,01 \text{ m}^3/\text{detik}} = 1566 \text{ detik} = 26,1 \text{ menit}$$

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Data Unit Sedimentasi

No	Uraian	Satuan	Kriteria Desain*	Kompartemen I***	Kompartemen II***
1	Rasio Panjang : Lebar	-	3:1-5:1**	2,22	1,611
2	Beban Permukaan (v_t)	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$	3,8-7,5	10	3,103
3	Kedalaman (H)	m	3-6	3	3
4	Waktu Tinggal (t_d)	menit	<120**	18	26,1
5	Kecepatan pada Tabung Pengendap (v_o)	m/menit	Max 0,15	0,192	0,133

No	Uraian	Satuan	Kriteria Desain*	Kompartemen I***	Kompartemen II***
6	Bilangan Reynold	-	<2000	84,395	58,210
7	Bilangan Froude	-	>10 ⁻⁵	4,765 x 10 ⁻⁵	2,267 x 10 ⁻⁵
8	Kemiringan tube/plate	°	30/60	60	60

(Sumber *: SNI 6774:2008; **: Witjaksono, 2022; ***: Hasil Perhitungan, 2023)

Keterangan:

	= Tidak memenuhi
	= Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, terdapat beberapa kriteria desain yang tidak terpenuhi. Kriteria desain yang tidak terpenuhi adalah rasio panjang dan lebar, beban permukaan, dan kecepatan pada tabung pengendap. Nilai beban permukaan (v_t) pada eksisting adalah sebesar 10 m³/m².jam untuk kompartemen 1 dan untuk kompartemen 2 adalah sebesar 3,103 m³/m².jam, sedangkan kriteria desain untuk beban permukaan adalah sebesar 3,8 – 7,5 m³/m².jam. Nilai v_t yang tidak memenuhi kriteria desain akan mempengaruhi efisiensi pengurangan partikel dari air. Hal ini juga berkaitan dengan panjang dan lebar bak yang tidak sesuai dengan kriteria desain. Sehingga perlu dilakukannya pembesaran luas permukaan bak untuk menurunkan nilai v_t pada kompartemen 1 dan memperkecil dimensi bak untuk meningkatkan nilai v_t pada kompartemen II (Saputri, 2011).

Nilai kecepatan pada tabung pengendap (v_o) pada kompartemen 1 melebihi kriteria desain. Hal ini dikarenakan nilai v_o pada kompartemen 1 adalah sebesar 0,192 m/menit, sedangkan kriteria desainnya adalah maksimal 0,15 m/menit. Nilai v_o yang melebihi kriteria desain akan mengakibatkan terjadinya penggerusan pada permukaan tabung pengendap dan akan menyebabkan aliran air menjadi tidak laminar (Saputri, 2011). Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memperbesar dimensi bak kompartemen 1.

Unit sedimentasi pada IPA Konvensional Perumnas memiliki bak yang terbuka. Bak yang terbuka akan mengakibatkan adanya pancaran panas dari

matahari secara langsung ke dalam air. Menurut Putra (2020), air yang terkena sinar matahari langsung akan mengakibatkan kenaikan suhu air dan akan menyebabkan flok yang sudah terbentuk naik ke permukaan. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah naiknya flok ke permukaan dan agar flok dapat terendapkan dengan baik adalah dengan pemasangan pelindung panas pada bak sedimentasi (Putra, 2020).

4.7 Unit Filtrasi

Pada unit flitrasi flok-flok halus yang terbawa dari proses sedimentasi akan tersaring dan terpisahkan dari air. Unit filtrasi IPA Konvensional Perumnas terdapat 3 unit dan 1 unit tangki filter. Jenis filtrasi yang digunakan pada IPA Konvensional Perumnas merupakan saringan pasir cepat. Prinsip kerja dari unit filtrasi ini adalah air dari unit sedimentasi dialirkan ke atas media pasir, lalu air dikumpulkan ke dalam bak penampungan (*reservoir*).

Jenis media filter pada unit filtrasi IPA Konvensional Perumnas adalah *dual media* filter. Media filter yang digunakan oleh IPA Konvensional Perumnas berupa pasir silika dan *gravel* dengan ketebalan pasir silika sebesar 600 mm dan *gravel* sebesar 100 mm. Pasir silika ditempatkan di bagian atas untuk mencegah patikel kecil yang terbawa dalam air turun ke bagian bawah filter, sedangkan *gravel* ditempatkan pada bagian bawah agar tidak terjadi ekspansi pada saat *backwash*.

Periode *backwash* untuk unit filtrasi dilakukan setiap ± 1 hari per unit. *Backwash* setiap unitnya dilakukan selama kurang lebih 6 menit. Jika nilai kekeruhan yang dihasilkan dari unit filter lebih dari 3 NTU maka akan dilakukan *backwash* pada unit filtrasi tersebut.



Gambar 4. 6 Unit Filtrasi IPA Konvensional Perumnas

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022)

Dimensi unit filtrasi dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Dimensi Unit Filtrasi

No	Deskripsi	Satuan	Nilai
Bak Filter			
1	Debit tiap bak (Q)	L/detik	10
2	Jumlah bak	Buah	4
3	Panjang (p)	m	2,5
4	Lebar (l)	m	1,48
5	Kedalaman air (H_a)	m	3
Tangki Filter			
6	Debit (Q)	L/detik	10
7	Diameter tangki (D)	m	1,9
8	Panjang (p)	m	3,1
Media Penyaringan			
9	Pasir Silika Tebal media	mm	600
10	Gravel Tebal media	mm	100

(Sumber: Hasil Pengukuran, 2022)

Perhitungan dan Pembahasan Unit Filtrasi

Perhitungan unit filtrasi meliputi perhitungan kecepatan penyaringan. Berikut merupakan perhitungan unit filtrasi:

Jumlah Filter

$$Jumlah\ filter = 12\sqrt{Q} \quad (4.18)$$

Debit air yang masuk kedalam unit filtrasi adalah sebesar 0,04 m³/detik. Data tersebut digunakan untuk mencari jumlah minimal unit filter yang harus tersedia. Berikut merupakan perhitungan jumlah filter pada IPA Konvensional Perumnas:

$$Jumlah\ filter = 12\sqrt{0,04m^3/detik} = 2,4 \approx 3\ Buah$$

Jumlah minimal filter di instalasi adalah 3 filter. Jumlah filter pada IPA Konvensional Perumnas adalah sebanyak 4 filter. Sehingga jumlah filter pada IPA Konvensional Perumnas memenuhi jumlah minimal unit filter.

Kecepatan Penyaringan (V_f)

$$V_f = \frac{Q}{A} \quad (4.19)$$

Bak Filtrasi

Debit air yang masuk ke setiap bak filtrasi adalah sebesar 0,01 m³/detik. Setiap unit bak filtrasi memiliki panjang (p) sebesar 2,5 m dan lebar bak (l) sebesar 1,48 m. Data panjang dan lebar selanjutnya akan digunakan untuk mencari luas permukaan (A) bak. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan nilai kecepatan penyaringan (V_f). Berikut merupakan perhitungan nilai V_f pada tiap bak filtrasi.

$$V_f = \frac{Q}{p \times l} = \frac{0,01\ m^3/detik}{2,5\ m \times 1,48\ m} = 2,702 \times 10^{-3}\ m/detik = 9,727\ m/jam$$

Tangki Filter

Tangki filter pada IPA Konvensional Perumnas berbentuk tabung dengan diameter sebesar 1,9 m. Debit air yang masuk ke dalam tangki filter adalah sebesar 0,01 m³/detik. Data tersebut kemudian digunakan untuk mencari nilai kecepatan penyaringan (V_f). Berikut merupakan perhitungan nilai V_f pada tangki filtrasi:

$$V_f = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = \frac{0,01 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times (1,9 \text{ m})^2} = 3,527 \times 10^{-3} \text{ m/detik} = 12,697 \text{ m/jam}$$

Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Data Unit Filtrasi

No	Uraian	Satuan	Kriteria Desain*	Bak Filter**	Tangki Filter**
1	Jumlah Bak Saringan	Buah	$N = Q^{0,5} = 3$		4
2	Kecepatan Penyaringan	m/jam	6-11	9,727	12,697
3	Media Pasir	mm	300-700	600	600
4	Media Penyangga	mm	80-100	100	100

(Sumber *: SNI 6774:2008; **: Hasil Perhitungan, 2023)

Parameter utama yang diukur dalam unit filtrasi adalah kecepatan penyaringan. Kecepatan penyaringan (V_f) pada tangki filter belum memenuhi baku mutu. Hal ini dikarenakan nilai V_f unit filtrasi adalah sebesar 12,679 m/jam, sehingga tidak memenuhi persyaratan SNI 6774:2008 yang mengharuskan memiliki nilai V_f dalam rentang 6-11 m/jam. Tingginya nilai V_f akan menyebabkan partikel-partikel yang terlalu halus akan mudah lolos dan partikel tersebut akan menutupi lubang pori. Lubang pori yang tertutup akan mengakibatkan terjadinya proses *clogging* yang cepat (Cahya dan Hendriarianti, 2022). Nilai V_f pada unit filtrasi dipengaruhi oleh ukuran lubang filtrasi yang digunakan. Semakin kecil ukuran lubang filtrasi maka akan semakin nilai V_f , sedangkan semakin besar ukuran lubang filtrasi maka akan semakin kecil nilai V_f (Subagyo dkk., 2021). Upaya yang dapat dilakukan agar nilai V_f sesuai dengan kriteria desain adalah dengan meninjau kembali dimensi dapat digunakan untuk tangki filter.

4.8 Unit Desinfeksi

Desinfeksi merupakan suatu proses yang dilakukan untuk pemusnahan mikroorganisme patogen yang dapat membahayakan kesehatan. Dalam proses desinfeksi membutuhkan bahan kimia (desinfektan) untuk menghilangkan mikroorganisme tersebut. Desinfektan yang digunakan oleh IPA Konvensional Perumnas berupa kaporit. Kaporit dibubuhkan secara manual melalui pipa kecil. Dosis kaporit yang digunakan rata-rata sebesar 0,5 mg/L.

Bak pembubuhan IPA Konvensional Perumnas dalam keadaan terbuka. Hal ini jika terjadi hujan akan mengakibatkan konsentrasi kaporit akan berkurang akibat bercampur dengan air hujan. Selain itu daun-daun bisa masuk ke dalam bak tersebut sehingga dapat menghambat pemberian desinfektan. Sebaiknya pada bak pembubuhan diberi penutup agar terlindungi dari kondisi lingkungan luar.



Gambar 4. 7 Unit Desinfeksi IPA Konvensional Perumnas

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022)

4.9 Unit Reservoir

Reservoir IPA Konvensional Perumnas memiliki kapasitas sebesar 444,692 m³. Air yang tertampung di *reservoir* akan didistribusikan ke konsumen. *Reservoir* juga berfungsi sebagai penampungan air bersih yang sudah diolah. Air hasil pengolahan dari IPA Perumnas akan didistribusikan ke Supermall Karawaci yang berlokasi di Jl. Boulevard Diponegoro, Bencong, Kecamatan Kelapa Dua, Kabupaten Tangerang.



Gambar 4. 8 Unit *Reservoir* IPA Konvensional Perumnas

(Sumber: Hasil Dokumentasi, 2022)

Berikut merupakan data sisa klor pengolahan pada IPA Konvensional Perumnas yang diukur di *reservoir*:

Tabel 4. 13 Sisa Klor Pengolahan

No	Deskripsi	Satuan	Nilai*	WHO (2017)	Keterangan
1	Minimum	mg/L	0,24	1,5	Memenuhi
2	Maksimum	mg/L	0,41	1,5	Memenuhi
3	Rata-Rata	mg/L	0,34	1,5	Memenuhi

(Sumber *: PERUMDAM TKR Kabupaten Tangerang)

Sisa klor diukur pada *reservoir* yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan *World Health Organization* Tahun 2017. Berdasarkan baku mutu nilai maksimal sisa klor yang terkandung adalah sebesar 1,5 mg/L. Hasil perbandingan sisa klor pada eksisting dengan baku mutu tersebut, sisa klor pada eksisting telah memenuhi baku mutu tersebut.

Berikut merupakan dimensi unit *reservoir* di IPA Konvensional Perumnas:

Tabel 4. 14 Dimensi Unit *Reservoir*

No	Deskripsi	Satuan	Nilai
1	Debit (Q)	L/detik	40
2	Panjang (p)	m	12,18
3	Lebar (l)	m	12,17
4	Kedalaman air (H_a)	m	3

(Sumber: Hasil Pengukuran, 2022)

Perhitungan dan Pembahasan Unit Reservoir

Perhitungan dalam unit *reservoir* adalah perhitungan waktu detensi. Berikut merupakan perhitungan waktu detensi unit *reservoir*:

Waktu Detensi

$$t_d = \frac{V}{Q} \quad (4.20)$$

Debit air yang masuk ke dalam *reservoir* adalah sebesar 0,04 m³/detik. Bangunan *reservoir* pada IPA Konvensional Perumnas memiliki panjang (p) sebesar 12,18 m, lebar (l) sebesar 12,17 m, dan kedalaman (m) sebesar 3 m. Data tersebut kemudian digunakan untuk mencari nilai waktu detensi (t_d). Berikut merupakan perhitungan nilai t_d pada *reservoir* IPA Konvensional Perumnas:

$$t_d = \frac{p \times l \times H}{Q} = \frac{12,18 \text{ m} \times 12,17 \text{ m} \times 3 \text{ m}}{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}} = 11.117,295 \text{ detik} = 3,088 \text{ jam}$$

Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Data Unit Reservoir

No	Uraian	Satuan	Kriteria Desain*	Nilai	Keterangan
1	Kedalaman	m	3-5	3	Memenuhi
2	Waktu Detensi (t _d)	jam	>1	3,088	Memenuhi

(Sumber * : Witjaksono, 2022)

Berdasarkan hasil perhitungan unit *reservoir*, nilai kedalaman dan waktu detensi (t_d) sudah memenuhi kriteria desain. Hal ini dikarenakan kriteria desain untuk kedalaman unit *reservoir* adalah sebesar 3-5 meter dan pada kondisi eksisting adalah sebesar 3 meter. Sedangkan nilai t_d pada unit *reservoir* adalah sebesar 3,088 jam sehingga sudah memenuhi kriteria desain. Hal ini dikarenakan kriteria desain nilai t_d untuk *reservoir* adalah lebih dari 1 jam.

4.10 Hasil Uji Kualitas Air Bersih

Air baku yang sudah diolah kemudian didistribusikan ke pusat perbelanjaan Supermall Lippo Karawaci, Tangerang. Air yang didistribusikan harus sudah memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Parameter yang diuji terbagi menjadi 2, yaitu parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan dan parameter yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan.

Tabel 4. 16 Data Kualitas Air Produksi

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian		PERMENKES No. 2 Tahun 2023
			Awal Juli 2022	Akhir Juli 2022	
Parameter I					
A. Kimia					
1	Cadmium (Cd)	mg/L	-	-	0,003
2	Cyanide (Cn)	mg/L	0,003	0,002	-
3	Flouride (F) Terlarut	mg/L	0,38	<0,13	1,5
4	Nitrat (NO ₃)	mg/L	9,7	5,2	20
5	Nitrit (NO ₂)	mg/L	0,015	0,294	3
6	Arsen	mg/L	-	-	0,01
7	Total Kromium	mg/L	-	-	0,01
8	Selenium	mg/L	-	-	-
B. Mikrobiologi					
1	E. Coli	Coloni/100 mL	0	0	0
2	Total Coliform	Coloni/100 mL	0	0	0
Parameter II					
A. Kimia Anorganik					
1	pH	-	6,78	7,03	6,5 – 8,5
2	Amoniak (sebagai NH ₃ -N)	mg/L	0,01	0,06	-
3	Alumunium (Al)	mg/L	0,197	0,089	0,2
4	Besi (Fe) Terlarut	mg/L	<0,05	<0,05	0,2

No	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian		PERMENKES No. 2 Tahun 2023
			Awal Juli 2022	Akhir Juli 2022	
5	Kesadahan	mg/L	70,24	57,69	-
6	Klorida (Cl)	mg/L	14,91	13,99	-
7	Mangan (Mn) Terlarut	mg/L	0,045	<0,037	0,1
8	Seng (Zn)	mg/L	0,016	0,0499	-
9	Sisa Klor (Cl ₂)	mg/L	0,52	0,30	0,2 – 0,5 dengan waktu kontak 30 menit
10	Sulfat (SO ₄) Terlarut	mg/L	28	21	-
11	Tembaga (Cu)	mg/L	<0,04	0,0366	-
B. Kimia Organik					
1	Zat Organik	mg/L	2,77	3,65	-
2	Detergent	mg/L	-	-	-
C. Fisika					
1	Bau	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau	Tidak Berbau
2	Rasa	-	Tidak Berasa	Tidak Berasa	Tidak Berasa
3	Suhu	°Celcius	30,1	28,9	Suhu udara ± 3
4	Kekeruhan	Skala NTU	2,92	2,64	<3
5	Warna	Skala PtCo	<1	4	10
6	Zat Padat Terlarut	mg/L	78,1	80,1	<300
7	Daya Hantar Listrik	μS/cm	172,6	173,1	-

(Sumber *: PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang, **: WHO, 2017)

Keterangan:

	= Tidak Memenuhi
	= Memenuhi

Air yang diproduksi diuji kualitasnya secara berkala oleh Laboratorium PERUMDAM TKR. Uji kualitas air produksi menggunakan sampel air yang diambil dari *outlet reservoir* IPA Konvensional Perumnas. Kualitas air hasil produksi pada IPA Konvensional Perumnas setelah dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 sudah sesuai dengan standar kualitas air minum hanya saja terdapat satu parameter yang memenuhi baku mutu yaitu sisa klor. Hal ini dikarenakan sisa klor pada air produksi adalah sebesar 0,52 mg/L, sedangkan baku mutu kandungan sisa klor pada kran pelanggan harus dalam rentang 0,2-0,5 mg/L. Berdasarkan WHO (2017), sisa klor yang terkandung pada *reservoir* maksimal sebesar 1,5 mg/L. Hal ini menandakan bahwa sisa klor yang diuji masih memenuhi persyaratan berdasarkan WHO.

Sisa klor yang melebihi baku mutu akan menghasilkan produk samping berupa Trihalomethane yang bersifat karsinogenik dan toksik (Widyawati dkk., 2020). Faktor yang mempengaruhi kadar sisa klor adalah suhu dan pH. Sisa klor akan berkurang jika pH bersifat semakin basa. Semakin tinggi suhu air maka sisa klor akan semakin berkurang (Widyawati dkk., 2020). Peningkatan suhu dapat terjadi pada perpipaan distribusi dan dapat membantu menurunkan kadar sisa klor namun tidak signifikan. Seiring dengan pendistribusian air ke pelanggan juga akan mengurangi kadar sisa klor yang terkandung.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan pada unit *intake*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan *reservoir* di IPA Konvensional Perumnas Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PERUMDAM) Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang dengan kapasitas 40 L/detik, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Air baku yang digunakan pada IPA Konvensional Perumnas berasal dari Sungai Cisadane. Hasil uji kualitas air baku terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021. Parameter yang melebihi baku mutu yaitu amoniak, seng, nitrit, dan BOD. Sedangkan untuk kualitas air yang diproduksi telah memenuhi persyaratan baku mutu PERMENKES No. 2 Tahun 2023.
2. Hasil evaluasi IPA Konvensional Perumnas terdapat beberapa unit pengolahan yang belum memenuhi kriteria desain SNI 6774 Tahun 2008. Unit tersebut adalah unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi.
3. Hasil pembahasan terdapat beberapa usulan rekomendasi untuk unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi agar dapat mengoptimalkan kinerja dari unit tersebut.

5.2 Saran

Hasil evaluasi yang dilakukan pada IPA Konvensional Perumnas terdapat beberapa saran agar dapat memenuhi kebutuhan konsumen dan dapat menghasilkan air bersih yang berkualitas. Saran tersebut berupa perbaikan unit-unit pengolahan yang telah dilakukan evaluasi agar kinerja masing-masing unit dapat bekerja secara maksimal. Berikut merupakan beberapa saran yang dapat dilakukan untuk IPA Konvensional Perumnas:

1. Perlunya dilakukan peningkatan ketinggian terjunan pada unit koagulasi. Hal ini bertujuan agar gradien kecepatan dapat memenuhi kriteria desain.
2. Pada unit flokulasi untuk menghasilkan nilai gradien kecepatan yang stabil dan memenuhi kriteria desain, maka perlu mengatur level muka air pada setiap kompartemen. Upaya agar nilai kehilangan tekanan tidak terlalu kecil adalah dengan memperkecil bukaan pada saluran.
3. Saran perbaikan untuk unit sedimentasi adalah untuk memperbesar luas permukaan bak pada kompartemen 1 dan memperkecil luas permukaan bak kompartemen 2 agar nilai beban permukaan dapat memenuhi kriteria desain. Saran lainnya adalah memasang pelindung panas di atas bak sedimentasi agar flok yang sudah terbentuk tidak naik ke atas permukaan air.
4. Tangki filter pada unit filtrasi perlu dilakukan perbaikan pada ukuran diameter. Ukuran lubang filtrasi pada tangki filter harus diperbesar agar nilai kecepatan penyaringan memenuhi kriteria desain dan juga untuk menghindari terjadinya *clogging* pada tangki filter.
5. Perlu dilakukan peninjauan ulang mengenai dosis kaporit yang digunakan agar sisa klor pada konsumen tidak melebihi baku mutu.
6. Lumpur yang dihasilkan dari instalasi pengolahan disarankan untuk diolah di pusat pengolahan limbah agar tidak mencemari lingkungan sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, F., Anggita, C., dan Busyairi, M. (2021). Perencanaan Pengembangan Instalasi Pengolahan Air (IPA) Unit Cendana Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Samarinda. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 4(2), 12-17.
- Afiatun, E., Wahyuni, S., dan Merinda, S. (2018). Strategi Optimasi Pemanfaatan Sumber Air Bantar Awi Sungai Cikapundung Terhadap Instalasi Pengolahan Air Minum Dago Pakar. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 2(2), 51-60.
- Bhaskoro, R. G. E., dan Ramadhan, T. E. (2018). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karangpilang I PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Secara Kuantitatif. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(2), 62-68.
- BSNI. (2008). *Standar Nasional Indonesia 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*. Jakarta: SNI.
- Cahaya, M., dan Hendriarianti, E. (2022). Penjernihan Air Baku Kali Lamong Menggunakan Metode Filtrasi Up-Flow. *Jurnal Mahasiswa" ENVIRO"*, 1(1).
- Ermawati, R., dan Aji, A. S. (2018). *Sistem Penyediaan Air Minum (Studi Kasus Kota Ambon)*. Magelang: Unimma Press.
- Fatma, F., Asmorowati, E. T., Mamede, M., Suhartawan, B., Chaerul, M., Corsita, L., Herliana, E., Daud, A., Indriyati, C., dan Intifada, W. S. (2022). *Pengelolaan Sumber Daya Air*. Padang: Global Eksekutif Teknologi.
- Fitriyanti, R. (2015). Kajian instalasi pengolahan limbah cair stockpile batubara. *Berkala Teknik*, 5(2), 864-875.
- Hamakonda, U. A., Suharto, B., dan Susanawati, L. D. (2019). Analisis kualitas air dan beban pencemaran air pada sub DAS Boentuka Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 23(1), 56-67.

- Hendrasarie, N., dan Dienullah, R. M. A. (2021). Pengaruh Bentuk Impeller pada Proses Koagulasi-Flokulasi dalam Mengolah Limbah Industri Batik Organik. *Prosiding ESEC*, 2(1), 93-102.
- Hidayat, A., dan Kusnadi, D. (2020). Keberlanjutan Pelayanan Air Bersih Di Perumda Air Minum Tirta Medal Kabupaten Sumedang. *Journal Of Regional Public Administration (JRPA)*, 5(1), 68-78.
- Jusuf, D. D., Pinontoan, O. R., dan Akili, R. H. (2021). Analisis Kandungan Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Air. Dan Ikan. Di Tambak Ikan Kecamatan Remboken Kabupaten Minahasa Tahun 2021. *KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*, 10(6).
- Juwono, P. T., dan Subagiyo, A. (2017). *Ruang Air dan Tata Ruang: Pendekatan Teknis Keairan dan Pembangunan Berkelanjutan dalam Penanganan Banjir Perkotaan*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Lalu, N. A., Maksum, T. S., Nurfadillah, A. R., Sukmawati, Nolia, H., Wulandari, I. S., Damayanty, S., Haryanti, D. Y., Ishak, N. I., dan Tanjung, N. (2022). *Kesehatan Lingkungan dan Lingkungan Hidup*. Bandung: Media Sains Indonesia.
- Lestari, D. T. B., dan Suprpto, H. (2019). Analisis pemanfaatan mata air sebagai sumber air baku di Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 16(2).
- Marlis, I. S., dan Arbi, Y. (2019). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum Di Kelurahan Tarantang Kecamatan Lubuk Kilangan Kota Padang. *Jurnal Aerasi Vol, 1*(1).
- Nugraeni, C. D., Dewi, D. P., Salim, G., Alawiyah, T., Lembang, M. S., dan Haryono, M. G. (2023). Edukasi Peningkatan Kualitas Air Dengan Media Berbahan Dasar Sumberdaya Pesisir Di Desa Bunyu Selatan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Kesosi*, 6(1), 46-53.
- Olvianti, A. P., Augustasya, V. A., dan Putra, R. K. (2022). *Bangunan Pengolahan Air Minum (Sumber Air Baku: Air Sungai Winongo, Yogyakarta)*. UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya.

- Pahude, M. S. (2022). Analisis Kebutuhan Air Bersih Di Desa Santigi Kecamatan Tolitoli Utara Kabupaten Tolitoli. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 3(2), 4801-4810.
- Parabi, A. S. L., Utomo, K. P., dan Fitria, L. (2022). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum di Kecamatan Segedong, Kalimantan Barat dalam Rangka Pemenuhan Target SDGs. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1).
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2016 Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Priambodo, E. A., dan Indaryanto, H. (2017). Perancangan Unit Instalasi Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), D51-D56.
- Purnawan, M. Y., dan Wachjoe, C. K. (2023). *Pengambilan Keputusan Dalam Tahap Inisiasi Dan Perencanaan Program Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)*. Indramayu: Penerbit Adab.
- Putra, R. D. (2020). Studi evaluasi aspek teknis teoritis instalasi pengolahan air minum Way Rilau Kodya Bandar Lampung. *SKRIPSI-2000*.
- Putri, W. A. E., Purwiyanto, A. I. S., Agustriani, F., dan 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.
- Reynaldi, B., dan Radityaningrum, A. D. (2022). Evaluasi Sistem Instalasi Pengolahan Air Minum Di Perusahaan Umum Daerah Air Minum Maja Tirta Kota Mojokerto. *ENVITATS (Environmental Engineering Journal ITATS)*, 2(1), 35-44.
- Rizqiain, R. (2021). *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum di PT Hanarida Tirta Birawa Unit IPA 1 dan IPA 2*. Paper presented at the Prosiding

Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan dan Infrastruktur.

- Rosariawari, F., dan Novianto, D. A. (2022). Penyisihan Tss Dan Kekeruhan Air Permukaan Dengan Proses Koagulasi Sistem Hidrolis. *EnviroUS*, 3(1), 31-39.
- Rosariawari, F., dan Rahayu, S. R. E. (2021). Efektifitas Kombinasi Koagulasi-Flokulasi Pipa Circular Dan Baffle Channel Terhadap Air Sungai. *Prosiding ESEC*, 2(1), 75-80.
- Rosariawari, F., dan Zingga, F. N. (2020). Penyisihan Tds Dan Kekeruhan Menggunakan Pneumatic Rapid Mixing Dan Baffle Channel Pada Air Sungai Dan Limbah Laundry. *Prosiding ESEC*, 1(1), 16-24.
- Saputri, A. W. (2011). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Babakan PDAM Tirta Kerta Raharja Kota Tangerang. *Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia*.
- Sitompul, M., dan Efrida, R. (2018). Evaluasi ketersediaan air DAS Deli terhadap kebutuhan air (Water Balanced). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 14(2), 121-130.
- Sofia, E., Riduan, R., dan Pratama, E. (2018). Evaluasi Kinerja Reservoir Pada Jaringan Distribusi Air Bersih IPA I PDAM Bandarmasih. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 4(2).
- Subagyo, R., Isworo, H., Rahman, N., Rivaldo N, H., dan Silalahi, D. (2021). *Analisis Filtrasi Susun Rangkap Pada Formasi Filter Sejenis Dengan Media Air Gambut*.
- Suhandi, R. A., Rachmawati, S., Sururi, M. R., dan Hartati, E. (2022). Studi Unit Proses dan Unit Operasi di IPA 1 PDAM Way Rilau Kota Bandar Lampung. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(2).
- Suryani, A. S. (2016). Persepsi Masyarakat Dalam Pemanfaatan Air Bersih (Studi Kasus Masyarakat Pinggir Sungai Di Palembang). *Aspirasi*, 7(1), 33-48.
- Triarmadja, R. (2019). *Teknik Penyediaan Air Minum Perpipaan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Wicaksono, B., Iduwin, T., Mayasari, D., Putri, P. S., dan Yuhanah, T. (2019). Edukasi Alat Penjernih Air Sederhana Sebagai Upaya Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih. *Terang*, 2(1), 43-52.
- Widyawati, A., Joko, T., dan Setiani, O. (2020). Identifikasi Keberadaan Coliform Dan E. Coli Pada Air Bersih Di Pelabuhan Tanung Emas Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 8(4), 517-523.
- Witjaksono, R. F., dan Sururi, M. R. (2023). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Babakan Pada Perumdam TKR Kabupaten Tangerang. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(1).
- World Health Organization (WHO). (2017). Principles and practices of drinking-water chlorination: a guide to strengthening chlorination practices in small-to medium sized water supplies.
- Yohannes, B. Y., Utomo, S. W., dan Agustina, H. (2019). Kajian Kualitas Air Sungai dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *IJEEM-Indonesian Journal of Environmental Education and Management*, 4(2), 136-155.

LAMPIRAN

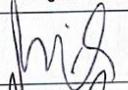
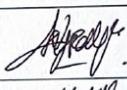
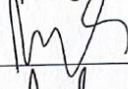
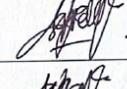
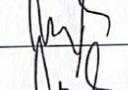
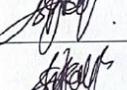
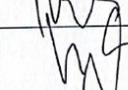
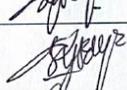
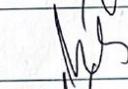
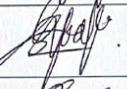
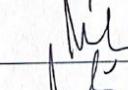
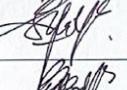
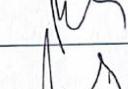
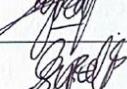
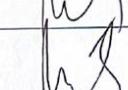
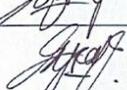
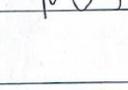
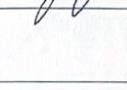
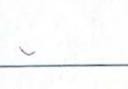
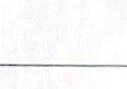
Lampiran 1. Kartu Asistensi/Bimbingan Praktik Kerja

	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN	FRM_PMB_02/ITENAS
	<small>Jl. PKH. Hasan Mustapa No.23 Bandung 40124 Indonesia, Telepon: +62-22-7272215, Fax: +62-22-7202892 Website: http://www.itenas.ac.id, e-mail: baku@itenas.ac.id</small>	

KARTU ASISTENSI/ BIMBINGAN KERJA PRAKTEK

SEMESTER : 7 - 8 / TAHUN AJARAN : 2022 - 2023

NAMA/ NIM MAHASISWA : Nisya Raya Deismaya / 25-2019-015
 JUDUL KERJA PRAKTEK : Evaluasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) Bersih Perumnas
Perumdam Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang
 NAMA PEMBIMBING : Mila Dirgawati, S.T., M.T., Ph.D.
 JURUSAN : Teknik Lingkungan

Pertemuan ke-	Tanggal	Uraian Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing	Tanda Tangan Mahasiswa
1	10/23 03	- Bab I - Draft Paper		
2	10/23 05	- Bab I - Bab III - Bab II		
3	22/23 05	- Bab I - Bab III - Bab II - Bab IV		
4	14/23 07	- Bab I - Bab IV - Bab III		
5	21/23 09	- Bab IV - Perhitungan - Bab III - skematik		
6	11/23 08	- Draft akhir - Bab V - Gambar		
7	14/23 08	- Draft akhir - Bahan presentasi		
8	13/22 07	Bimbingan pelaksanaan KP dan Outline Pembahasan		
9	07/22 10	- Bab I		
10	18/23 08	- Draft akhir - Bahan presentasi		
11				
12				

Lampiran 2. Form Penilaian KP

Form Penilaian Praktik Kerja oleh Perusahaan

Nama : Nisya Raya Deismaya
NRP : 252019015
Tempat Kerja Praktek : PERUMDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang
Periode Kerja Praktek : 04 Juli 2022 sampai dengan 02 September 2022
Nama Pembimbing Lapangan : Adri Marwan

No.	Kompetensi	Nilai (skala 0 – 100)	Keterangan
1	Menguasai prinsip-prinsip dasar/konsep teori sistem unit operasi dan sistem unit proses*	98	
2	Menguasai proses pencegahan pencemaran lingkungan, prinsip dasar teknologi pengendalian lingkungan, dan konsep aplikasinya*	98	
3	Mengaplikasikan teknologi untuk mengendalikan dan menyelesaikan permasalahan lingkungan*	99	
4	Kemampuan Manajemen diri (waktu, tugas)	98	
5	Kemauan belajar/mengembangkan diri	99	
6	Kemampuan komunikasi lisan dan tulisan	97	
7	Kemampuan bekerja dalam kelompok	99	
8	Kemampuan mengatasi/ menyelesaikan masalah	99	
9	Kemampuan berinisiasi / kewirausahaan	97	
10	Kemampuan dalam perencanaan dan pengorganisasian pekerjaan/tim kerja	99	

*Disesuaikan dengan topik dan bidang praktik kerja.

Catatan tambahan:

Penilai

(Herdy Gurawan.P.)

Lampiran 3. Perhitungan

a. Unit Intake

$$V = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

V : kecepatan (m/detik)

Q : debit aliran (m³/detik)

A : luas permukaan (m²)

Diketahui:

Q = 140 L/detik = 0,14 m³/detik

D = 300 mm = 0,3 m

Ditanya: Kecepatan aliran air (V)?

Jawab:

$$V = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = \frac{0,14 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times (0,3 \text{ m})^2} = 1,981 \text{ m/detik}$$

b. Unit Koagulasi

Waktu Detensi (t_d)

$$t_d = \frac{V}{Q}$$

Keterangan:

t_d : Waktu detensi (detik)

V : Volume bak (m³)

Q : Debit (m³/detik)

Diketahui:

$$Q = 40 \text{ L/detik} = 0,04 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$p = 1 \text{ m}$$

$$l = 1,5 \text{ m}$$

$$t = 1,25 \text{ m}$$

Ditanya: Waktu detensi (t_d)?**Jawab:**

$$t_d = \frac{p \times l \times t}{Q} = \frac{1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}}{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}} = 33,75 \text{ detik}$$

Gradien Kecepatan (G)

$$G = \sqrt{\frac{g \times h}{v \times t_d}}$$

Keterangan:

G : Gradien Kecepatan (detik⁻¹)g : Percepatan gravitasi (m/detik²)

h : Tinggi terjunan (m)

v : Viskositas kinematik (m²/detik) t_d : Waktu detensi (detik)**Diketahui:**

$$g = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

$$h = 0,35 \text{ m}$$

$$v = 0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$t_d = 33,75 \text{ detik}$$

Ditanya: G?

Jawab:

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,35 \text{ m}}{(0,836 \times 10^{-6}) \text{ m}^2/\text{detik} \times 33,75 \text{ detik}}} = 348,842 \text{ detik}^{-1}$$

Gradien Waktu (G_{td})

$$G_{td} = G \times t_d$$

Keterangan:

G_{td} = Gradien waktu

G = Gradien kecepatan (detik⁻¹)

t_d = Waktu detensi (detik)

Diketahui:

G = 348,842 detik⁻¹

t_d = 33,75 detik

Ditanya: Gradien Waktu (G_{td})?

Jawab:

$$G_{td} = 348,842 \text{ detik}^{-1} \times 33,75 \text{ detik} = 11.773,417$$

c. Unit Flokulasi

Kehilangan Tekanan (H)

$$H = H_L + H_B$$

- **Kehilangan Tekanan Pada Belokan (H_B)**

$$H_B = K \times \frac{V_B^2}{2g}$$

Keterangan:

H_B : Kehilangan tekan di belokan (m)

K : Koefisien gesek (2,0)

V_B : Kecepatan aliran pada belokan (m/detik)

g : Percepatan gravitasi (m/detik²)

Kompartemen I

Diketahui:

$$Q = 0,04 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$L_b = 0,22 \text{ m}$$

$$H_a = 0,73 \text{ m}$$

$$K = 2$$

Ditanya: Kehilangan Tekanan pada Belokan (H_B)?

Jawab:

$$H_B = K \times \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2g} = K \times \frac{\left(\frac{Q}{L_b \times H_a}\right)^2}{2g} = 2 \times \frac{\left(\frac{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,22 \text{ m} \times 0,73 \text{ m}}\right)^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} = 0,006 \text{ m}$$

Kompartemen II

Diketahui:

$$Q = 0,04 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$L_b = 0,32 \text{ m}$$

$$H_a = 0,7 \text{ m}$$

$$K = 2$$

Ditanya: Kehilangan Tekanan pada Belokan (H_B)?

Jawab:

$$H_B = K \times \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2g} = K \times \frac{\left(\frac{Q}{L_b \times H_a}\right)^2}{2g} = 2 \times \frac{\left(\frac{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,32 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}}\right)^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} = 0,003 \text{ m}$$

- **Kehilangan Tekanan Pada Aliran Lurus (H_L)**

$$V_L = \frac{1}{N} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$H_L = \left(\frac{n \times V_L \times p^{1/2}}{R^{2/3}}\right)^2$$

Keterangan:

H_L : Kehilangan tekanan pada saat lurus (m)

n : Koefisien Manning

V_L : Kecepatan aliran pada saluran lurus (m/detik)

p : Panjang saluran (m)

R : Jari-jari basah (m^2)

A : Luas basah (m^2)

P : Keliling basah (m)

Kompartemen I

Diketahui:

$$p = 5,39 \text{ m}$$

$$l = 0,22 \text{ m}$$

$$H_a = 0,73 \text{ m}$$

$$H_s = 0,86 \text{ m}$$

$$n = 0,013$$

Ditanya: Kehilangan Tekanan pada aliran lurus (H_L)?

Jawab:

Kecepatan aliran saluran

$$V_L = \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \times \left(\frac{\Delta H}{p}\right)^{1/2} = \frac{1}{n} \times \left(\frac{l \times H_a}{l + 2H_a}\right)^{2/3} \times \left(\frac{H_s - H_a}{p}\right)^{1/2}$$

$$V_L = \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,22 \text{ m} \times 0,73 \text{ m}}{0,22 \text{ m} + 2 \cdot 0,73 \text{ m}}\right)^{2/3} \times \left(\frac{0,86 \text{ m} - 0,73 \text{ m}}{5,39 \text{ m}}\right)^{1/2}$$

$$V_L = \frac{1}{0,013} \times (0,1)^{2/3} \times (0,024)^{1/2} = 2,567 \text{ m/detik}$$

Kehilangan tekanan pada saat aliran (H_L)

$$H_L = \left(\frac{0,013 \times 2,567 \text{ m/detik} \times 5,39 \text{ m}^{1/2}}{0,1^{2/3}}\right)^2 = 0,129 \text{ m}$$

Kompartemen II

Diketahui:

$$p = 4,85 \text{ m}$$

$$l = 0,32 \text{ m}$$

$$H_a = 0,7 \text{ m}$$

$$H_s = 0,78 \text{ m}$$

$$n = 0,013$$

Ditanya: Kehilangan Tekanan pada aliran lurus (H_L)?

Jawab:

Kecepatan aliran saluran

$$V_L = \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \times \left(\frac{\Delta H}{p}\right)^{1/2} = \frac{1}{n} \times \left(\frac{l \times H_a}{l + 2H_a}\right)^{2/3} \times \left(\frac{H_s - H_a}{p}\right)^{1/2}$$

$$V_L = \frac{1}{0,013} \times \left(\frac{0,32 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}}{0,32 \text{ m} + 2 \cdot 0,7 \text{ m}}\right)^{2/3} \times \left(\frac{0,78 \text{ m} - 0,7 \text{ m}}{4,85 \text{ m}}\right)^{1/2}$$

$$V_L = \frac{1}{0,013} \times (0,211)^{2/3} \times (0,016)^{1/2} = 3,449 \text{ m/detik}$$

Kehilangan tekanan pada saat aliran (H_L)

$$H_L = \left(\frac{0,013 \times 3,449 \text{ m/detik} \times 4,85 \text{ m}^{1/2}}{0,211^{2/3}}\right)^2 = 0,078 \text{ m}$$

Kehilangan Tekanan Total

Kompartemen I

$$H = 0,129 \text{ m} + 0,006 \text{ m} = 0,135 \text{ m}$$

Kompartemen II

$$H = 0,078 \text{ m} + 0,003 \text{ m} = 0,081 \text{ m}$$

Perhitungan Waktu Detensi (t_d)

$$t_d = \frac{V}{Q}$$

Keterangan:

t_d : Waktu detensi (detik)

V : Volume bak (m^3)

Q : Debit (m^3/det)

Kompartemen I

Diketahui:

$$Q = 0,04 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$p = 5,39 \text{ m}$$

$$l = 0,22 \text{ m}$$

$$H_a = 0,73 \text{ m}$$

$$N = 11 \text{ buah}$$

Ditanya: Waktu detensi (t_d)?

Jawab:

$$t_d = \frac{(p \times l \times H_a) \times N}{Q} = \frac{(5,39 \text{ m} \times 0,22 \text{ m} \times 0,73 \text{ m}) \times 11 \text{ buah}}{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}} = 238,049 \text{ detik} = 3,967 \text{ menit}$$

Kompartemen II

Diketahui:

$$Q = 0,04 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$p = 4,85 \text{ m}$$

$$l = 0,32 \text{ m}$$

$$H_a = 0,7 \text{ m}$$

$$N = 8 \text{ buah}$$

Ditanya: Waktu detensi (t_d)?

Jawab:

$$t_d = \frac{(p \times l \times H_a) \times N}{Q} = \frac{(4,85 \text{ m} \times 0,32 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}) \times 8 \text{ buah}}{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}} = 217,28 \text{ detik} = 3,621 \text{ menit}$$

Gradien Kecepatan (G)

$$G = \sqrt{\frac{g \times H_L}{v \times t_d}}$$

Keterangan:

G : Gradien Kecepatan (detik⁻¹)

g : Percepatan gravitasi (m/detik²)

H_L : Kehilangan tekanan pada saat lurus (m)

v : Viskositas kinematik (m²/detik)

t_d : Waktu detensi (detik)

Kompartemen I

Diketahui:

$$g = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

$$H_L = 0,129 \text{ m}$$

$$v = 0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$t_d = 238,049 \text{ detik}$$

Ditanya: Gradien kecepatan (G)

Jawab:

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,129 \text{ m}}{(0,836 \times 10^{-6}) \text{ m}^2/\text{detik} \times 238,049 \text{ detik}}} = 79,743 \text{ detik}^{-1}$$

Kompartemen II

Diketahui:

$$g = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

$$H_L = 0,078 \text{ m}$$

$$v = 0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$t_d = 217,28 \text{ detik}$$

Ditanya: Gradien kecepatan (G)

Jawab:

$$G = \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,078 \text{ m}}{(0,836 \times 10^{-6}) \text{ m}^2/\text{detik} \times 217,28 \text{ detik}}} = 64,904 \text{ detik}^{-1}$$

Perhitungang Gradien Waktu (G_{td})

$$G_{td} = G \times t_d$$

Keterangan:

G_{td} = Gradien waktu

G = Gradien kecepatan (detik⁻¹)

T_d = Waktu detensi (detik)

Kompartemen I

Diketahui:

$$G = 79,743 \text{ detik}^{-1}$$

$$t_d = 238,049 \text{ detik}$$

Ditanya: Gradien Waktu (G_{td})?

Jawab:

$$G_{td} = 79,743 \text{ detik}^{-1} \times 238,049 \text{ detik} = 18.982,741$$

Kompartemen II

Diketahui:

$$G = 64,904 \text{ detik}^{-1}$$

$$t_d = 217,28 \text{ detik}$$

Ditanya: Gradien Waktu (G_{td})?

Jawab:

$$G_{td} = 64,904 \text{ detik}^{-1} \times 217,28 \text{ detik} = 14.102,341$$

d. Unit Sedimentasi

Rasio Panjang : Lebar

Sedimentasi I

Diketahui:

$$l = 1,8 \text{ m}$$

$$p = 4 \text{ m}$$

Ditanya: Rasio (p:l)?

Jawab:

$$Rasio = \frac{4 \text{ m}}{1,8 \text{ m}} = 2,22$$

Sedimentasi II

Diketahui:

$$l = 1,8 \text{ m}$$

$$p = 2,9 \text{ m}$$

Ditanya: Rasio (p:l)?

Jawab:

$$Rasio = \frac{2,9 \text{ m}}{1,8 \text{ m}} = 1,611$$

Surface Loading Rate (V_t)

$$V_t = \frac{(Q \text{ tiap kompartemen})}{A}$$

Keterangan:

V_t : Surface loading rate ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$)

Q : Debit kompartemen (m^3/detik)

A : Luas permukaan tiap kompartemen (m^2)

Sedimentasi I

Diketahui:

Q = 20 L/detik = 0,02 m^3/detik

p = 4 m

l = 1,8 m

Ditanya: Surface Loading Rate (V_t)?

Jawab:

$$V_t = \frac{(Q \text{ tiap kompartemen})}{p \times l} = \frac{(0,02 \text{ m}^3/\text{detik}) \times (3.600 \text{ detik/jam})}{4 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}} = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

Sedimentasi II

Diketahui:

Q = 10 L/detik = 0,01 m^3/detik

p = 2,9 m

l = 1,8 m

Ditanya: Surface Loading Rate (V_t)?

Jawab:

$$V_t = \frac{(Q \text{ tiap kompartemen})}{p \times l} = \frac{(0,01 \text{ m}^3/\text{detik}) \times (3.600 \text{ detik/jam})}{4 \text{ m} \times 2,9 \text{ m}} = 3,103 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

Kecepatan pada Settler

$$v_o = \frac{Q \text{ tiap kompartemen}}{A \times \sin \alpha}$$

Keterangan:

v_o : Kecepatan aliran pada *settler* (m/detik)

Q : Debit bak (m^3/detik)

A : Luas permukaan tiap bak (m^2)

α : Kemiringan *settler* = 60°

Sedimentasi I

Diketahui:

$$Q = 20 \text{ L/detik} = 0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$p = 4 \text{ m}$$

$$l = 1,8 \text{ m}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

Ditanya: Kecepatan pada Settler?

Jawab:

$$v_o = \frac{Q \text{ tiap kompartemen}}{(p \times l) \times \sin \alpha} = \frac{0,02 \text{ m}^3/\text{detik}}{(4 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}) \sin 60^\circ} = 3,207 \times 10^{-3} \text{ m/detik} = 0,192 \text{ m/menit}$$

Sedimentasi II

Diketahui:

$$Q = 10 \text{ L/detik} = 0,01 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$p = 2,9 \text{ m}$$

$$l = 1,8 \text{ m}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

Ditanya: Kecepatan pada Settler?

Jawab:

$$v_o = \frac{Q \text{ tiap kompartemen}}{(p \times l) \times \sin \alpha} = \frac{0,01 \text{ m}^3/\text{detik}}{(2,9 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}) \sin 60^\circ} = 2,212 \times 10^{-3} \text{ m/detik}$$

$$= 0,133 \text{ m/menit}$$

Jari-jari Hidraulis (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

R : Jari-jari hidraulis (m)

A : Luas permukaan *settler* (m²)

P : Keliling *settler* (m)

Diketahui:

Sisi settler (S) = 0,05 m

Ditanya: Jari-jari Hidraulis (R)

Jawab:

$$R = \frac{\frac{3\sqrt{3}S^2}{2}}{6 \times S} = \frac{\frac{3\sqrt{3}(0,05 \text{ m})^2}{2}}{6 \times 0,05 \text{ m}} = 0,022 \text{ m}$$

Bilangan Reynold

$$Re = \frac{v_o \times R}{\nu}$$

Keterangan:

R : Jari-jari hidraulis (m)

v_o : Kecepatan aliran di *settler* (m/detik)

ν : Viskositas kinematik (m^2/s)

Re : *Reynolds number*

Sedimentasi I

Diketahui:

$$v_o = 3,207 \times 10^{-3} \text{ m/detik}$$

$$R = 0,022 \text{ m}$$

$$\nu = 0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

Ditanya: Bilangan Reynold (Re)?

Jawab:

$$Re = \frac{(3,207 \times 10^{-3} \text{ m/detik}) \times 0,022 \text{ m}}{0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}} = 84,395$$

Sedimentasi II

Diketahui:

$$v_o = 2,212 \times 10^{-3} \text{ m/detik}$$

$$R = 0,022 \text{ m}$$

$$\nu = 0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

Ditanya: Bilangan Reynold (Re)?

Jawab:

$$Re = \frac{(2,212 \times 10^{-3} \text{ m/detik}) \times 0,022 \text{ m}}{0,836 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}} = 58,210$$

Bilangan Froude

$$Fr = \frac{v_o^2}{g \times R}$$

Keterangan:

R : Jari-jari hidraulis (m)

v_o : Kecepatan aliran di *settler* (m/detik)

Fr : *Froude number*

Sedimentasi I

Diketahui:

$$v_o = 3,207 \times 10^{-3} \text{ m/detik}$$

$$R = 0,022 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

Ditanya: Bilangan Froude (Fr)?

Jawab:

$$Fr = \frac{(3,207 \times 10^{-3} \text{ m/detik})^2}{9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,022 \text{ m}} = 4,765 \times 10^{-5}$$

Sedimentasi II

Diketahui:

$$v_o = 2,212 \times 10^{-3} \text{ m/detik}$$

$$R = 0,022 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/detik}^2$$

Ditanya: Bilangan Froude (Fr)?

Jawab:

$$Fr = \frac{(2,212 \times 10^{-3} \text{ m/detik})^2}{9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,022 \text{ m}} = 2,267 \times 10^{-5}$$

Waktu Detensi Bak

$$t_d = \frac{V}{Q}$$

Keterangan:

t_d : Waktu detensi (detik)

V : Volume bak (m^3)

Q : Debit bak (m^3/detik)

Sedimentasi I

Diketahui:

$$Q = 20 \text{ L/detik} = 0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$p = 4 \text{ m}$$

$$l = 1,8 \text{ m}$$

$$H = 3 \text{ m}$$

Ditanya: Waktu detensi (t_d)?

Jawab:

$$t_d = \frac{p \times l \times H}{Q} = \frac{4 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 3 \text{ m}}{0,02 \text{ m}^3/\text{detik}} = 1080 \text{ detik} = 18 \text{ menit}$$

Sedimentasi II

Diketahui:

$$Q = 10 \text{ L/detik} = 0,01 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$p = 2,9 \text{ m}$$

$$l = 1,8 \text{ m}$$

$$H = 3 \text{ m}$$

Ditanya: Waktu detensi (t_d)?

Jawab:

$$t_d = \frac{p \times l \times H}{Q} = \frac{2,9 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 3 \text{ m}}{0,01 \text{ m}^3/\text{detik}} = 1566 \text{ detik} = 26,1 \text{ menit}$$

e. Unit Filtrasi

Jumlah Filter

$$\text{Jumlah filter} = 12\sqrt{Q}$$

Diketahui:

$$Q = 40 \text{ L/detik} = 0,04 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Ditanya: Jumlah filter?

Jawab:

$$\text{Jumlah filter} = 12\sqrt{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}} = 2,4 \approx 3 \text{ Buah}$$

Kecepatan Penyaringan (V_f)

$$V_f = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

V_f : Kecepatan penyaringan (m/detik)

Q : Debit bak (m^3/detik)

A : Luas permukaan tiap bak (m^2)

Bak Filtrasi

Diketahui:

$$Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$p = 2,5 \text{ m}$$

$$l = 1,48 \text{ m}$$

Ditanya: Kecepatan penyaringan (V_f)?

Jawab:

$$V_f = \frac{Q}{p \times l} = \frac{0,01 \text{ m}^3/\text{detik}}{2,5 \text{ m} \times 1,48 \text{ m}} = 2,702 \times 10^{-3} \text{ m/detik} = 9,727 \text{ m/jam}$$

Tangki Filter

Diketahui:

$$Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$D = 1,9 \text{ m}$$

Ditanya: Kecepatan penyaringan (V_f)?

Jawab:

$$V_f = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = \frac{0,01 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times \pi \times (1,9 \text{ m})^2} = 3,527 \times 10^{-3} \text{ m/detik} = 12,697 \text{ m/jam}$$

f. Unit Reservoir

Waktu Detensi

$$t_d = \frac{V}{Q}$$

Keterangan:

t_d : Waktu detensi (detik)

V : Volume bak (m^3)

Q : Debit bak ($m^3/detik$)

Diketahui:

Q = 40 L/detik = 0,04 $m^3/detik$

p = 12,18 m

l = 12,17 m

H = 3 m

Ditanya: Waktu detensi (t_d)?

Jawab:

$$t_d = \frac{p \times l \times H}{Q} = \frac{12,18 \text{ m} \times 12,17 \text{ m} \times 3 \text{ m}}{0,04 \text{ m}^3/detik} = 11.117,295 \text{ detik} = 3,088 \text{ jam}$$

Lampiran 4. Dokumentasi



Gambar 1. Pemberian Form Penilaian oleh Bapak Hendy



Gambar 2. Pembubuhan PAC



Gambar 3. Pengenalan IPA Konvensional Perumnas



Gambar 4. Kunjungan ke *Intake* Perumnas



Gambar 5. Dokumentasi di IPA Konvensional Perumnas