

Optimalisasi Unit Proses Pengolahan Air Minum Pada Perusahaan Umum Daerah

M. Alif Rifky*, Wilma Nurrul Adzillah, Okti Dinasakti Nurul Mentari

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jawa Barat, Indonesia

*Koresponden email: 2010631270018@student.unsika.ac.id

Diterima: 7 Agustus 2024

Disetujui: 12 Agustus 2024

Abstract

The International Research Centre (IRC) is one of the units in the IPA Poncol branch, which includes coagulation, flocculation, sedimentation, filtration and disinfection units with a capacity of 40 L/sec concrete building. Based on direct observation, the problem in the IRC unit is that the produced effluent is less than optimal, which is 29.4 l/sec, while the designed capacity of the IRC unit is 40 l/sec and does not match the existing process units in the IRC with the applicable design criteria. The cause of the sub-optimal discharge is due to a malfunctioning penstock in the flocculation unit, filter media that has not been replaced for a long time and some valves that have not been maintained. The design criteria that are not met by the IRC unit are the velocity gradient parameter multiplied by the retention time in the coagulation unit, the retention time in the flocculation and sedimentation unit and the backwash time in the filtration unit. The purpose of this study is to provide recommendations for the optimisation of the IRC process unit at Poncol Branch IPA. The method used is to analyse the existing conditions with applicable design criteria. The results of this study are to provide recommendations for the coagulation unit, namely the height of the inlet well to the coagulation basin, changes in the water level in compartment one of the flocculation unit, and changes in the volume of the sedimentation and filtration units.

Keywords: *drinking water treatment plant, international research center, plan discharge, design criteria, unit optimization*

Abstrak

Internasional Research Center (IRC) merupakan salah satu unit yang ada di IPA cabang Poncol yang berisi unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan disinfeksi dengan kapasitas 40 L/detik bangunan beton. Berdasarkan pada pengamatan langsung, permasalahan yang ada di unit IRC adalah debit yang dihasilkan kurang optimal, yaitu 29,4 L/detik sedangkan kapasitas rencana unit IRC adalah 40 L/detik dan tidak sesuai unit proses yang ada di IRC dengan kriteria desain berlaku. Penyebab dari debit yang kurang optimal adalah karena penstock yang sudah tidak berfungsi pada unit flokulasi, media filter yang sudah lama tidak diganti, dan beberapa katup yang tidak terawat. Kriteria desain yang tidak memenuhi dari unit IRC adalah parameter gradien kecepatan dikalikan dengan waktu detensi pada unit koagulasi, waktu detensi pada unit flokulasi dan sedimentasi, dan waktu backwash pada unit filtrasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan rekomendasi optimalisasi unit proses IRC pada IPA Cabang Poncol. Metode yang digunakan adalah dengan menganalisis terkait kondisi eksisting dengan kriteria desain yang berlaku. Hasil dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi pada unit koagulasi yaitu bagian ketinggian terjunan receiving well menuju bak koagulasi, perubahan pada bagian ketinggian air yang ada di kompartemen satu pada unit flokulasi, dan perubahan pada volume unit sedimentasi dan filtrasi.

Kata Kunci: *instalasi pengolahan air minum, internasional research center, debit rencana, kriteria desain, optimalisasi unit.*

1. Pendahuluan

Industri air minum sangat bergantung pada sumber air baku. Menurut SNI 6774:2008 [1] tentang tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, air baku didefinisikan sebagai air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Sumber air baku ini bisa berasal dari sungai, danau, sumur, atau sumber air lainnya

Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Tirta Bhagasasi bekerja dalam bidang penyediaan air bersih. Tujuan dari Perumda yaitu untuk mencukupi air bersih bagi masyarakat, yang mencakup distribusi, penyediaan, dan pengembangan layanan sarana dan prasarana. Pemerintah bertanggung jawab untuk menjamin ketersediaan air bersih, yang merupakan kebutuhan penting bagi masyarakat.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 [2] klasifikasi air ditetapkan menjadi 4 kelas, yaitu:

1. Kelas satu, yaitu air yang diperuntukkan sebagai air minum dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, yaitu air yang diperuntukkan sebagai sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, yaitu air yang diperuntukkan sebagai pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, yaitu air yang diperuntukkan sebagai pengairan tanaman dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Air minum yang diolah dan dikonsumsi oleh masyarakat harus sesuai dengan persyaratan air minum yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 [3]. Instalasi Pengolahan Air (IPA) Poncol merupakan cabang yang melayani wilayah Kota Bekasi dengan kapasitas 460 L/detik yang memiliki 5 unit pengolahan air. Namun salah satu unit pengolahan di IPA Poncol masih memiliki permasalahan terkait setiap unit yang ada di dalamnya. Salah satu unit ini adalah unit *Internasional Research Center* (IRC) yang berisi koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi dengan kapasitas 40 L/detik bangunan beton.

Permasalahan yang terjadi pada di unit IRC adalah debit yang dihasilkan kurang optimal, yaitu 29,4 L/detik sedangkan kapasitas rencana unit IRC adalah 40 L/detik dan tidak sesuai unit proses yang ada di IRC dengan kriteria desain berlaku. Penyebab dari debit yang kurang optimal adalah karena penstock yang sudah tidak berfungsi lagi pada unit flokulasi, media filter yang sudah lama tidak diganti, dan beberapa katup yang sudah tidak terawat.

Oleh sebab itu, perlu dilakukan optimalisasi pada unit proses Internasional Research Center (IRC) pada IPA Cabang Poncol dengan kapasitas 40 L/detik bangunan beton. Upaya optimalisasi ini dilakukan untuk meningkatkan debit effluent yang dihasilkan agar sesuai dengan kebutuhan cakupan layanan.

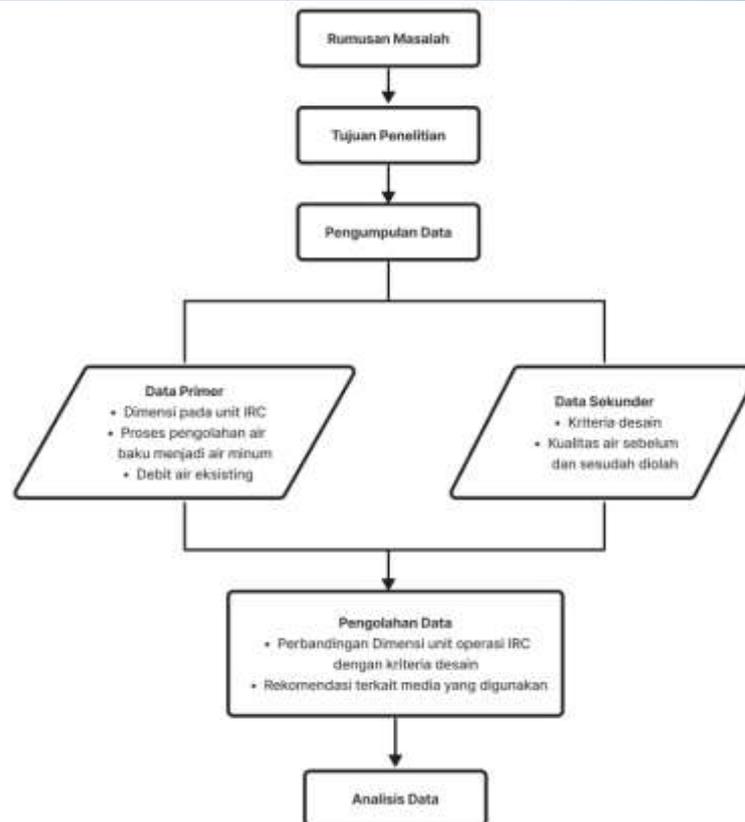
Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [4], penelitian yang sedang di lakukan ini menghadirkan inovasi baru. Penelitian sebelumnya hanya fokus pada evaluasi pada setiap unit saja, sementara penelitian ini bertujuan rekomendasi dari permasalahan yang ada dari setiap unit pengolahan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan evaluasi unit proses IRC pada IPA cabang Poncol yang bertujuan untuk mengoptimalkan terhadap setiap unit IRC seperti koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi. Optimalisasi dari unit IRC tersebut diuraikan secara deskriptif berdasarkan kondisi eksisting di lapangan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu menganalisis data-data primer dan sekunder.

Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian ini adalah gambaran umum terkait pelaksanaan penelitian Optimalisasi Unit Proses Internasional Research Center Pada Instalasi Pengolahan Air Cabang Poncol Perusahaan Umum Daerah Tirta Bhagasasi.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk mendapatkan data yang diperlukan dan kemudian dilakukan Analisis. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diambil secara langsung di lapangan atau data yang dihasilkan dari suatu observasi pada saat penelitian. Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Dimensi pada setiap unit IRC
2. Proses pengolahan air baku menjadi air minum
3. Debit air eksisting (kapasitas instalasi dan kapasitas produksi)

Dalam menentukan debit yang dimasuk pada unit IRC, pengukuran yang digunakan adalah dengan menggunakan V-notch yang berbentuk segitiga dan memiliki puncak yang berada didasar. Rumus yang digunakan adalah:

$$Q = K \times H^{2,5} \quad (1)$$

Dengan:

K = Konstanta atau koefisein

H = Tinggi air diatas dasar saluran

2,5 = Pangkat dari tinggi air

Data sekunder yang diperoleh ini dari SNI 6774:2008 Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air dan buku tentang Unit Operations and Processes in Environmental Engineering karya Reynolds/Richard [5] yang meliputi:

1. Kriteria desain
2. Kualitas air sebelum dan sesudah diolah (pada air baku dan reservoir)

Pengolahan Data

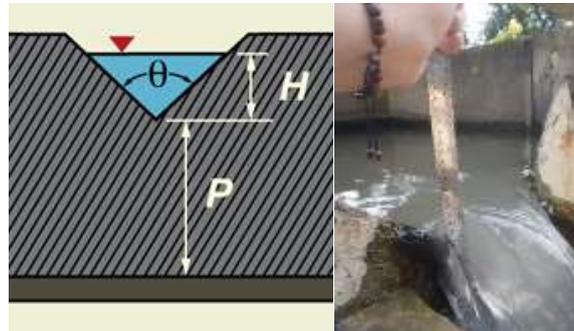
Pada penelitian ini pengolahan data yang dilakukan berdasarkan permasalahan yang terdapat di unit proses IRC dengan melakukan observasi awal terlebih dahulu pada unit IRC di IPA cabang Poncol, observasi awal ini dilakukan dengan melihat debit air eksisting, dimensi pada unit IRC dan proses pengolahan airnya. Setelah mendapatkan data primer dari lokasi penelitian selanjutnya dilakukan perbandingan dengan melihat kriteria desain yang sudah ditetapkan. Setelah melakukan perbandingan dilanjutkan dengan memberikan rekomendasi terkait dimensi maupun media yang digunakan pada setiap unit.

3. Hasil dan Pembahasan

Evaluasi Unit Pengolahan

Debit Pengolahan

Data terkait debit pengolahan pada unit IRC ini dihitung menggunakan perhitungan *V-notch*. Ketinggian yang didapatkan adalah sebesar 16,2 cm, ketinggian tersebut dihitung menggunakan penggaris seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Tinggi air pada V-Notch

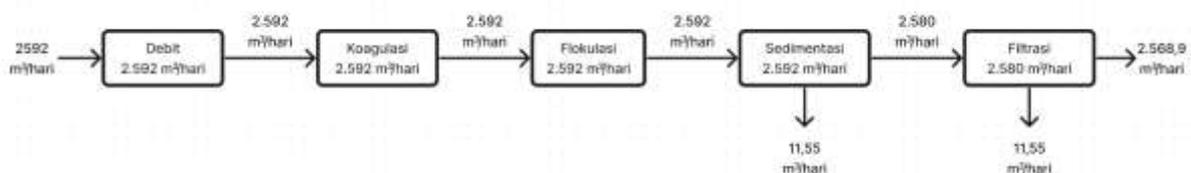
Setelah mendapatkan tinggi air pada V-notch, selanjutnya adalah menghitung debit yang dihasilkan menggunakan persamaan 1.

$$Q = 0,0139 \times H^{2.5} = 0,0139 \times 16,22.5 = 14,68 \text{ L/detik}$$

Karena unit koagulasi pada IRC dibagi menjadi 2 bak, maka debit total yang didapatkan adalah:

$$Q = 14,68 \text{ L/detik} \times 2 \text{ bak} = 29,4 \text{ L/detik}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka debit yang didapatkan di unit IRC adalah 29,4 L/detik atau 2592 m³/hari. Setelah mendapatkan debit pengolahannya maka perlu diketahui terkait neraca air pada unit tersebut agar mengetahui efisiensi dan pengurangan yang terjadi dari proses pengolahannya seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Neraca Air

Pada **Gambar 3** terdapat adanya pengurangan debit yang terjadi pada unit sedimentasi dan unit filtrasi. Hal tersebut terjadi karena adanya pembuangan lumpur pada unit sedimentasi dan kegiatan backwash pada unit filtrasi dengan waktu 15 menit setiap pagi hari. Diameter yang digunakan pada outlet pipa nya sebesar 8 inch dengan debit desain 0,7698 m³/menit, maka debit yang dikeluarkan pada unit sedimentasi dan filtrasi sebesar 11,55 m³. Berdasarkan hasil yang didapat maka efisiensi yang dihasilkan sebesar 99% dan pengurangannya sebesar 1%.

Unit Koagulasi

Unit koagulasi yang ada di unit IRC menggunakan jenis koagulasi hidrolis yang memiliki tiga tahapan, tahapan pertama merupakan zona inlet, Selanjutnya air akan masuk menuju zona kedua yang dibatasi oleh dua sekat beton berbentuk *baffle* yang berfungsi sebagai *barscreen* yaitu. Pada bagian akhir zona kedua terdapat terjunan disertai keran pembubuhan koagulan menuju zona pencampuran yaitu zona ketiga. Koagulan yang digunakan pada IPA Poncol adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC), massa jenis dari PAC sebesar 1,25 kg/L.

Tabel 1. Dimensi Aktual Unit Koagulasi

No	Deskripsi	Nilai	Satuan
1	<i>Receiving Well</i>		
	- Diameter pipa inlet	0,3	m
	- Panjang	1,04	m
	- Lebar	1,23	m
	- Tinggi	1,13	m
	- Tinggi air	0,83	m
2	Bak Koagulasi		
	- Panjang	1,24	m
	- Lebar	0,96	m
	- Tinggi bak	0,52	m
	- Tinggi air	0,52	m
	- Tinggi terjunan	0,7	m
	- Diameter pipa outlet	0,3	m

Tabel 2. Hasil Evaluasi Unit Koagulasi

Komponen	Kriteria	Sumber	Hasil	Keterangan
Gradien kecepatan (G)	100 – 1000 detik	SNI 6774:2008	845,46/detik	Memenuhi
G.td	30.000 – 60.000		18.394,96	Tidak Memenuhi
Waktu detensi	10 – 300 detik		31 detik	Memenuhi

Komponen yang masih memenuhi kriteria desain adalah gradient kecepatan dikalikan dengan waktu detensi, yaitu dihasilkan sebesar 18.394,96. Nilai G.td berpengaruh dalam pembentukan flok yang optimal karena apabila tidak sesuai dengan kriteria desain akan mempengaruhi adanya flok yang tidak terlarut secara sempurna dan tingginya kadar zat organik terlarut [10]. Berdasarkan hasil evaluasi maka perlu adanya pengoptimalan untuk mencapai nilai yang sesuai dengan kriteria desain. Permasalahan atau kendala yang terjadi pada unit koagulasi IRC adalah tidak memenuhi kriteria desain unit pada parameter G.td.

Unit Flokulasi

Unit flokulasi di IRC, air yang masuk dari proses koagulasi secara gravitasi ke unit flokulasi yang memiliki elevasi lebih rendah melalui pipa berdiameter 0,3 m. Pada unit flokulasi terdapat enam kompartemen bak flokulasi yang berbentuk *rectangular*. Kompartemen ini bertujuan untuk menciptakan efek terjunan atau memanfaatkan tenaga air itu sendiri. Setelah proses flokulasi selesai selanjutnya air akan masuk ke dalam pipa berdiameter 0,6 m yang nantinya akan menuju ke tahap selanjutnya yaitu sedimentasi.

Tabel 3. Dimensi Aktual Unit Flokulasi

No	Deskripsi	Nilai	Satuan
1	Jumlah kompartemen	6	buah
2	Panjang sisi	1,24	m
3	Tinggi kompartemen	4,05	m
4	Diameter pipa inlet	0,3	m
5	Diameter pipa outlet	0,6	m
6	Suhu	30	°C

Tabel 4. Hasil Evaluasi Unit Flokulasi

Komponen	Kriteria	Sumber	Hasil	Keterangan	
Waktu detensi	15 – 30 menit	SNI 6774 – 2008	79 menit	Tidak Memenuhi	
Gradien kecepatan	10 – 100/ detik		G1	12,65	Memenuhi
			G2	51,65	Memenuhi
			G3	46,19	Memenuhi
			G4	36,52	Memenuhi
			G5	28,29	Memenuhi
			G6	23,19	Memenuhi
G.td	10 ⁴ – 10 ⁵		G.td 1	17.709,12	Memenuhi
		G.td 2	21.850,04	Memenuhi	

Komponen	Kriteria	Sumber	Hasil		Keterangan
			G.td 3	28.521,04	Memenuhi
			G.td 4	36.734,91	Memenuhi
			G.td 5	42.248,54	Memenuhi
			G.td 6	10.709,05	Memenuhi
			Total	89.239,94	

Komponen yang masih memenuhi kriteria desain adalah waktu detensi sebesar 79 menit. Waktu detensi tidak sesuai dengan kriteria desain mengakibatkan flok yang dihasilkan menjadi mudah pecah dan tidak kuat [11]. Berdasarkan hal tersebut maka perlu adanya pengoptimalan untuk mencapai nilai yang sesuai dengan kriteria desain yang berlaku. Permasalahan atau kendala yang terjadi pada unit flokulasi IRC adalah tidak memenuhi kriteria desain unit pada parameter waktu detensi.

Unit Sedimentasi

Pada unit sedimentasi IRC menggunakan *tube settler*. Flok lumpur yang menempel pada *tube settler* akan dikumpulkan ke dalam bak pengumpul lumpur yang berada dibawah bak sedimentasi. Lumpur akan dibuang melalui saluran pembuangan lalu dialirkan ke pipa pembuangan lumpur sedimentasi yang berada pada sisi kiri dan kanan selama kurang lebih 60 menit.

Tabel 5. Dimensi Aktual Unit Sedimentasi

No	Deskripsi	Nilai	Satuan
1	Panjang bak	4	m
2	Lebar bak	2,5	m
3	Kedalaman air	2,3	m
4	Jumlah bak	2	buah
5	Jarak antar <i>tube settler</i>	0,054	m
6	Kemiringan <i>tube settler</i>	60	⁰ C
7	Tinggi <i>tube settler</i>	1	m
8	Jumlah gutter	3	/bak
9	Panjang <i>tube settler</i>	1,2	m

Tabel 6. Hasil Evaluasi Unit Sedimentasi

Komponen	Kriteria	Sumber	Hasil	Keterangan
Kemiringan tube	30-60 ⁰	SNI 6774 - 2008	60 ⁰	Memenuhi
Jarak antar tube	2,5 – 5 cm		0,05 m	Memenuhi
Panjang tube	1 – 2,5 m		1,2 m	Memenuhi
Waktu detensi	0,5 – 3 jam		0,45 jam	Tidak Memenuhi

Pada unit sedimentasi, kemiringan tube merupakan salah satu parameter penting dalam desain unit sedimentasi yang harus dioptimalkan untuk mencapai proses sedimentasi yang efisien dan menghasilkan air olahan yang berkualitas. Hasil evaluasi yang didapatkan terkait komponen kemiringan tube, jarak antar tube dan panjang tube telah memenuhi kriteria SNI 6774-2008. Namun terkait waktu detensi masih belum memenuhi standar yaitu 0,45 jam. Pengaruh waktu detensi dalam sedimentasi apabila tidak sesuai dengan kriteria adalah efisiensi pemisahan partikel, apabila waktu detensi tidak mencukupi maka partikel padat masih bisa terbawa kedalam unit selanjutnya yang mengakibatkan kualitasnya kurang optimal [12]. Berdasarkan hal tersebut maka perlu adanya pengoptimalan untuk mencapai nilai yang sesuai dengan kriteria desain yang berlaku.

Unit Filtrasi

Unit filtrasi pada IPA Poncol saat kondisi normal seluruh katup akan dibuka oleh operator agar air dari unit sedimentasi dapat masuk menuju bak filtrasi. Setelah air melewati proses pengolahan di unit sedimentasi, air dialirkan menuju unit filtrasi pada yang berjumlah 2 kompartemen secara merata, unit filtrasi pada unit IRC menggunakan saringan pasir cepat atau banyak dikenal *rapid sand filter* yang beroperasi secara gravitasi menggunakan media campuran dengan sistem *underdrain*.

Tabel 7. Dimensi Aktual Unit Filtrasi

No.	Deskripsi	Nilai	Satuan
1	Debit pengolahan (Q)	0,014	m ³ /detik
2	Jumlah bak	2	buah
3	Dimensi bak:		
	Panjang	3,2	m
	Lebar	2,4	m
	Tinggi	3,1	m
4	Media penyaring (antrasit):		
	Ukuran	0,6	m
	Tebal media	40	cm
	Bentuk butiran	Bersudut	
	Media penyaring (pasir silika):		
	Tebal media	60	cm
5	Media penyangga (kerikil silika):		
	Tebal media	40	cm
	Bentuk butiran	Gumpal	

Tabel 8. Hasil Evaluasi Unit Filtrasi

Komponen	Kriteria	Sumber	Hasil	keterangan
Jumlah bak minimum	$N = 12 \cdot Q^{0,5}$	SNI 6774:2008	1	Memenuhi
Waktu <i>backwash</i>	5-15 menit		28	Tidak Memenuhi
Kecepatan penyaringan	6-11 m/jam		6,56	Memenuhi

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan, komponen pada waktu *backwash* belum memenuhi kriteria desain yaitu 28 menit. Penting untuk memilih kecepatan penyaringan dan waktu *backwash* yang tepat sesuai dengan karakteristik air yang akan difiltrasi dan jenis media filter yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk mencapai keseimbangan antara kualitas air filtrat dan masa pakai media filter [13].

Optimalisasi Unit Pengolahan

Debit Pengolahan

Dalam mengatasi permasalahan debit pengolahan untuk mencapai debit optimal sebesar 40 L/detik, perlu diperbaiki pada bagian *penstock* di unit flokulasi, hal yang dilakukan agar *penstock* berfungsi secara baik dan awet maka diperlukan beberapa perawatan dengan melakukan inspeksi rutin seperti inspeksi visual dan monitoring ketebalan. Penggunaan pelapisan anti korosi juga dibutuhkan untuk memperlambat laju korosi pada bagian dalam maupun luar *penstock*. Dalam perawatan *penstock* juga perlu diperhatikan operasi sesuai prosedur untuk menghindari tekanan berlebih yang dapat menyebabkan kerusakan. Dengan melakukan perawatan dan pemeliharaan yang baik, *penstock* dapat berfungsi dengan baik dalam jangka waktu yang lama dan mengurangi risiko terjadinya kerusakan yang *disruptive* dan merugikan [15].

Unit Koagulasi

Optimalisasi pada unit koagulasi dilakukan dengan melakukan beberapa solusi alternatif yaitu dengan meningkatkan dimensi pada unit koagulasi, meningkatkan tinggi terjunan pada unit koagulasi, dan meningkatkan debit pada unit koagulasi.

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

Receiving Well

$$\text{Volume (V)} = P \times L \times H \text{ air} = 1,04 \text{ m} \times 1,23 \text{ m} \times 1,13 \text{ m} = 1,44 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{\text{Volume}}{Q} = \frac{1,44 \text{ m}^3}{0,02} = 72 \text{ detik}$$

Bak koagulasi

$$\text{Volume (V)} = P \times L \times H \text{ air} = 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} = 3,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{\text{Volume}}{Q} = \frac{3,6 \text{ m}^3}{0,04} = 90 \text{ detik}$$

Gradien kecepatan (G) dan G.td

$$\mu = 0,896 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

$$\rho = 997 \text{ kg/m}^3$$

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

Gradien kecepatan (G)

$$G = \left[\frac{\rho \times g \times Q \times h}{\mu \times \text{Volume}} \right]^{1/2} = \left[\frac{997 \times 9,81 \times 0,04 \times 1,7}{0,896 \times 10^{-3} \times 3,6} \right]^{1/2} = 454,07/\text{detik}$$

$$G.td = 454,07/\text{detik} \times 90 \text{ detik} = 40.866,3$$

Tabel 9. Hasil Optimalisasi Unit Koagulasi

Komponen	Kriteria	Sumber	Hasil	Keterangan
Gradien kecepatan (G)	100 – 1000 detik	SNI 6774:2008	702,11 detik	Memenuhi
G.td	30.000 – 60.000		40.866,3	Memenuhi
Waktu detensi	10 – 300 detik		90 detik	Memenuhi

Berdasarkan hasil optimalisasi yang dilakukan, gradien kecepatan dikalikan dengan waktu detensi mendapatkan hasil sebesar 40.866,3. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa gradient kecepatan sudah memenuhi kriteria desain. Hal ini dapat terjadi karena adanya perubahan pada bagian debit yang sebelumnya 0,014 L/detik menjadi 0,04 L/detik, ketinggian terjunan dari receiving well menuju unit koagulasi dari yang sebelumnya 0,7 m menjadi 1,7 m, dan pada bagian volume bak koagulasi yang sebelumnya 1,24 m x 0,96 m x 0,52 m menjadi 2 m x 2 m x 0,9 m. Ketinggian terjunan air sangat berpengaruh pada unit koagulasi karena mempengaruhi gaya pencampuran antara bahan kimia dengan air baku [14]. Ketinggian terjunan yang lebih tinggi akan menghasilkan gaya tumbukan yang lebih besar pada air sehingga mengakibatkan penyebaran bahan kimia secara merata ke seluruh air baku [7].

Unit Flokulasi

Optimalisasi pada unit flokulasi dilakukan dengan melakukan beberapa solusi alternatif yaitu dengan meningkatkan debit air yang masuk ke unit flokulasi dan meningkatkan dimensi pada unit flokulasi.

$$\begin{aligned} \text{Debit (Q)} &= 0,04 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \mu &= 0,789 \times 10^{-3} \text{ N.detik/m}^2 \\ \rho &= 995,7 \text{ kg/m}^3 \\ g &= 9,81 \text{ m/detik}^2 \end{aligned}$$

Kompartemen 1

$$\text{Tinggi air (H)} = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran inlet (v)} = \frac{Q}{A \text{ inlet}} = \frac{0,04}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,25^2} = 0,81 \text{ m/detik}$$

$$\text{Headloss (h)} = k \frac{v^2}{2g} = 3 \times \frac{0,81^2}{2 \times 9,81} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Volume (V)} = A \times H = 3,99 \text{ m}^2 \times 2,7 \text{ m} = 10,77 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{10,77}{0,04} = 269,25 \text{ detik} = 4,48 \text{ menit}$$

$$\text{Gradien kecepatan (G)} = \sqrt{\frac{\rho \times g \times h}{\mu \times td}} = \sqrt{\frac{995,7 \times 9,81 \times 0,1}{0,896 \times 10^{-3} \times 269,25}} = 63,63/\text{detik}$$

Kompartemen 2

$$\text{Tinggi air (H)} = 2,6 \text{ m}$$

$$\text{Headloss (h)} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Volume (V)} = A \times H = 3,99 \text{ m}^2 \times 2,6 \text{ m} = 10,37 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{10,37}{0,04} = 259,35 \text{ detik} = 4,32 \text{ menit}$$

$$\text{Gradien kecepatan (G)} = \sqrt{\frac{\rho \times g \times h}{\mu \times td}} = \sqrt{\frac{995,7 \times 9,81 \times 0,1}{0,896 \times 10^{-3} \times 259,35}} = 64,83/\text{detik}$$

Kompartemen 3

$$\text{Tinggi air (H)} = 2,52 \text{ m}$$

$$\text{Headloss (h)} = 0,08 \text{ m}$$

$$\text{Volume (V)} = A \times H = 3,99 \text{ m}^2 \times 2,52 \text{ m} = 10,05 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{10,05}{0,04} = 251,25 \text{ detik} = 4,18 \text{ menit}$$

$$\text{Gradien kecepatan (G)} = \sqrt{\frac{\rho \times g \times h}{\mu \times td}} = \sqrt{\frac{995,7 \times 9,81 \times 0,08}{0,896 \times 10^{-3} \times 251,25}} = 58,91/\text{detik}$$

Kompartemen 4

Tinggi air (H) = 2,45 m

Headloss (h) = 0,07 m

Volume (V) = A x H = 3,99 m² x 2,45 m = 9,77 m³

Waktu detensi (td) = $\frac{Vol}{Q} = \frac{9,77}{0,04} = 244,25 \text{ detik} = 4,07 \text{ menit}$

Gradien kecepatan (G) = $\sqrt{\frac{\rho \times g \times h}{\mu \times td}} = \sqrt{\frac{995,7 \times 9,81 \times 0,07}{0,896 \times 10^{-3} \times 244,25}} = 55,89 \text{ /detik}$

Kompartemen 5

Tinggi air (H) = 2,4 m

Headloss (h) = 0,05 m

Volume (V) = A x H = 3,99 m² x 2,4 m = 9,57 m³

Waktu detensi (td) = $\frac{Vol}{Q} = \frac{9,57}{0,04} = 239,25 \text{ detik} = 3,98 \text{ menit}$

Gradien kecepatan (G) = $\sqrt{\frac{\rho \times g \times h}{\mu \times td}} = \sqrt{\frac{995,7 \times 9,81 \times 0,05}{0,896 \times 10^{-3} \times 239,25}} = 47,33 \text{ /detik}$

Kompartemen 6

Tinggi air (H) = 2,38 m

Headloss (h) = 0,04 m

Volume (V) = A x H = 3,99 m² x 2,38 m = 9,49 m³

Waktu detensi (td) = $\frac{Vol}{Q} = \frac{9,49}{0,04} = 237,25 \text{ detik} = 3,95 \text{ menit}$

Gradien kecepatan (G) = $\sqrt{\frac{\rho \times g \times h}{\mu \times td}} = \sqrt{\frac{995,7 \times 9,81 \times 0,04}{0,896 \times 10^{-3} \times 237,25}} = 42,87 \text{ /detik}$

Waktu detensi total (Tdr)

Tdr = Td₁ + Td₂ + Td₃ + Td₄ + Td₅ + Td₆
 = 269,25 + 259,35 + 251,25 + 244,25 + 239,25 + 237,25
 = 1497,6 detik = 24,96 menit

G.td Total = 17.132,37 + 16.813,65 + 14.801,13 + 13.651 + 11.419,4 + 10.170,9
 = 78.519,26

Tabel 10. Hasil Optimalisasi Unit Flokulasi

Komponen	Kriteria	Sumber	Hasil	Keterangan	
Waktu detensi	15 – 30 menit	SNI 6774 – 2008	24,96 menit	Memenuhi	
Gradien kecepatan	10 – 100/ detik		G1	63,63	Memenuhi
			G2	64,83	Memenuhi
			G3	58,91	Memenuhi
			G4	55,89	Memenuhi
			G5	47,33	Memenuhi
			G6	42,87	Memenuhi
G.td	10 ⁴ – 10 ⁵		G.td 1	17.132,37	Memenuhi
			G.td 2	16.813,65	Memenuhi
			G.td 3	14.801,13	Memenuhi
			G.td 4	13.651	Memenuhi
			G.td 5	11.419,4	Memenuhi
			G.td 6	10.170,9	Memenuhi
		Total	78.519,26		

Berdasarkan hasil optimalisasi yang dilakukan, waktu detensi mendapatkan hasil sebesar 24,96 menit. Hasil tersebut telah memenuhi kriteria desain yang ada. Hal ini dapat terjadi karena adanya perubahan pada bagian debit yang sebelumnya 0,014 L/detik menjadi 0,04 L/detik dan mengatur ketinggian air yang ada di kompartemen. Ketinggian air sangat berpengaruh pada unit flokulasi karena apabila ketinggian air terlalu tinggi nilai G.td yang dihasilkan pada kompartemen satu mendapatkan hasil yang rendah dan mengakibatkan pembentukan flok yang kurang maksimal [8].

Unit Sedimentasi

Optimalisasi pada unit sedimentasi dilakukan dengan melakukan solusi alternatif yaitu meningkatkan dimensi pada unit sedimentasi.

$$\text{Debit (Q)} = 40 \text{ L/detik}$$

Luas permukaan (As):

$$\text{As} = P \times L = 5 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} = 14 \text{ m}^2$$

Cek Surface Loading Rate:

$$Q \text{ per bak} = \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}}{2} = 0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{SL} = \frac{Q}{\text{As} \times \sin 60} = \frac{0,02}{14 \times 0,866} = 1,64 \times 10^{-3} \text{ m/detik}$$

Dimensi Bak Sedimentasi

$$\text{Volume (V)} = P \times L \times h = 5 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} \times 2,63 \text{ m} = 36,82 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{36,82}{0,02} = 1841 \text{ detik} = 0,51 \text{ jam}$$

Tabel 11. Hasil Optimalisasi Unit Sedimentasi

Komponen	Kriteria	Sumber	Hasil	Keterangan
Kemiringan tube	30-60 ⁰	SNI 6774 - 2008	60 ⁰	Memenuhi
Jarak antar tube	2,5 – 5 cm		0,05 m	Memenuhi
Panjang tube	1 – 2,5 m		1,2 m	Memenuhi
Waktu detensi	0,5 – 3jam		0,51 jam	Memenuhi

Berdasarkan hasil optimalisasi yang dilakukan, waktu detensi mendapatkan hasil sebesar 0,51 jam. Hasil tersebut telah memenuhi kriteria desain karena adanya perubahan pada volume bak sedimentasi yang sebelumnya 4 m x 2,5 m x 2,3 m menjadi 5 m x 2,8 m x 2,63 m. Volume bak sedimentasi dan waktu detensi memiliki hubungan yang saling berkesinambungan dan saling memengaruhi dalam proses sedimentasi air[9]. Volume bak sedimentasi yang lebih besar akan meningkatkan waktu detensi. Hal ini karena semakin besar volume bak, semakin lama waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir melalui bak tersebut [10].

Unit Filtrasi

Optimalisasi pada unit sedimentasi dilakukan dengan melakukan beberapa solusi alternatif yang sudah diberikan pada sub bab 4.2.6 yaitu dengan meningkatkan dimensi pada unit filtrasi.

$$\text{Debit per bak (Q)} = \frac{Q \text{ pengolahan}}{\text{jumlah bak}} = \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{detik}}{2} = 0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Volume bak (V)} = P \times L \times T = 2,5 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 17,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas bak (A)} = P \times L = 2,5 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} = 7 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah bak minimum (N)} = 12 \times Q^{0,5} = 12 \times 0,02^{0,5} = 1,7 \approx 2$$

$$\text{Waktu untuk backwash (t)} = \frac{\text{Volume}}{Q} = \frac{2,5 \times 2,8 \times 2,5}{0,02} = 875 \text{ detik} \approx 14,5 \text{ menit}$$

$$\text{Kecepatan penyaringan (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,02 \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600 \text{ hari/jam}}{7 \text{ m}^2} = 10,28 \text{ m/jam}$$

Tabel 12. Hasil Optimalisasi Unit Filtrasi

Komponen	Kriteria	Sumber	Hasil	keterangan
Jumlah bak minimum	N = 12.Q ^{0,5}	SNI 6774:2008	2	Memenuhi
Waktu backwash	5-15 menit		14,5	Memenuhi
Kecepatan penyaringan	6-11 m/jam		10,28	Memenuhi

Berdasarkan hasil optimalisasi yang dilakukan, waktu backwash mendapatkan hasil sebesar 14,5 menit. Hasil tersebut telah memenuhi dari kriteria desain. Hal ini dapat terjadi karena adanya perubahan pada bagian volume unit filtrasi yang sebelumnya 3,2 m x 2,4 m x 3,1 m menjadi 2,5 m x 2,8 m x 2,5 m.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting yang ada pada unit IRC di IPA Cabang Poncol, terdapat beberapa kriteria desain yang tidak memenuhi yaitu pada komponen G.td pada unit koagulasi, Waktu detensi pada unit flokulasi dan sedimentasi, dan waktu backwash pada unit filtrasi. Optimalisasi yang dapat dilakukan pada setiap unit agar bisa mencapai kriteria desain yaitu dengan merubah pada ketinggian terjunan dari *receiving well* menuju bak koagulasi menjadi 1,7m, perubahan ketinggian air pada

kompartemen satu menjadi 2,7m, perubahan volume bak di unit sedimentasi menjadi 5 m x 2,8 m x 2,63 m dan perubahan volume bak di unit filtrasi menjadi 2,5 m x 2,8 m x 2,5 m.

5. Daftar Pustaka

- [1] Sipil, P. T. (2008). *SNI 6774:2008 Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*.
- [2] Pusat, P. (2021). Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- [3] Pusat, P. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023*.
- [4] Andrian, M. (2015). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum (Ipa) Tangan-Tangan Pdam Gunung Kila Kabupaten Aceh Barat Daya. *Tugas Akhir*, 40-50.
- [5] Aldio Dhiva Pratama, E. H. (2021). Penentuan Desain Optimum Penstock untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Poreng, Jember. *Jurnal Teknik Pengairan*, 2-10.
- [6] Indaryanto, E. A. (2017). Perancangan Unit Instalasi Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Jurnal Teknik ITS Vol. 6, No. 1*, 1-3.
- [7] Kembara, T. R. (2018). Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air (Ipa) Pram Tirta Daroy Kota Banda Aceh Terhadap Tingkat Kekeuhan Air Saat Musim Penghujan. *Universitas Islam Negeri Ar-Raniry*, 90.
- [8] Mar'atus Sholikhah, R. D. (2023). Evaluasi Unit Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, dan Filtrasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Semanggi Perumda Air Minum Toya Wening Kota Surakarta. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 2-9.
- [9] Muhammad Rafly Ananto, R. H. (2023). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum Di Kecamatan Pondok Gede, Kota Bekasi. *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (Jurnalis)*, 7-10.
- [10] Purnomo, A. C. (2013). Kajian Kinerja Teknis Proses dan Operasi Unit Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kedunguling PDAM Sidoarjo. *Jurnal Teknik Pomits*, 1-6. (Mar'atus Sholikhah, 2023)
- [11] Mar'atus Sholikhah, R. D. (2023). Evaluasi Unit Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, dan Filtrasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Semanggi Perumda Air Minum Toya Wening Kota Surakarta. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 2-9.
- [12] Andinda. (2016). Perencanaan Pengembangan Instalasi Pengolahan Air Minum Di Kawasan Bumi Serpong Damai, Tangerang Selatan. *Perpustakaan Universitas Trisakti*, 15-40.
- [13] Andre Velthuzed, A. D. (2015). Redesain Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Pedesaan Di Desa Wiyono, Kabupaten Pesawaran. *Politeknik Negeri Lampung*, 15.
- [14] Harissa. (2018). Evaluasi dan Optimalisasi Sistem Pengolahan Air Minum Pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Jaluko Kapasitas 50 L/S Kabupaten Muaro Jambi. *Universitas Jambi*, 110.
- [15] Saria, Y. S. (2022). Studi Aliran Air dalam Pipa Penstock pada Sistem Mikrohidro dengan Pendekatan Computational Fluid Dynamics. *Prisma Fisika*, 1-11.