

## Evaluation of The Design Conformity of Water Treatment Plant Units at PERUMDA Kota Palangka Raya Based on SNI 6774:2008 and Technical Literature

### Evaluasi Kesesuaian Desain Unit Instalasi Pengolahan Air PERUMDA Kota Palangka Raya Berdasarkan SNI 6774:2008 dan Literatur

Rifky Annisa Rahmah<sup>1</sup>, Ali Masduqi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia*

\*surel: [masduqi@its.ac.id](mailto:masduqi@its.ac.id)

#### ABSTRACT

Non-compliant design of water treatment units can reduce process efficiency and product water quality. This study aims to evaluate the design conformity of the existing Water Treatment Plant (WTP) units operated by PERUMDA Air Minum Kota Palangka Raya against SNI 6774:2008 and established technical literature. The evaluation focused on the intake, coagulation, flocculation, sedimentation, filtration, and reservoir units using a retro-commissioning approach. Data collection included field measurements and review of technical documents. The results revealed several non-conformities, such as a GT value of  $4.8 \times 10^4$  (standard  $>10^5$ ), sedimentation detention time of less than 2 hours, and an overflow rate of  $13.99 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hour}$  (standard limit  $11 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hour}$ ). These findings highlight the need for gradual technical design adjustments to enhance treatment efficiency.

#### Keywords:

*Water Treatment Plant, Design Conformity, SNI 6774:2008, Retro-Commissioning, Technical Evaluation*

Received: August 01<sup>st</sup> 2025  
Reviewed: August 14<sup>th</sup> 2025  
Published: August 31<sup>st</sup> 2025

#### ABSTRAK

Desain unit pengolahan air yang tidak sesuai dengan standar teknis dapat menurunkan efisiensi proses dan mutu air hasil produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian desain unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) milik PERUMDA Air Minum Kota Palangka Raya terhadap SNI 6774:2008 dan acuan literatur teknis. Evaluasi dilakukan pada unit intake, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir menggunakan pendekatan retro-commissioning. Metode pengumpulan data mencakup pengukuran dimensi aktual di lapangan dan telaah dokumen teknis. Hasil evaluasi menunjukkan adanya ketidaksesuaian pada beberapa parameter, antara lain nilai GT proses koagulasi-flokulasi hanya  $4,8 \times 10^4$  (standar  $>10^5$ ), waktu tinggal sedimentasi kurang dari 2 jam, dan beban pelimpah mencapai  $13,99 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  (standar maksimum  $11 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ ). Hasil ini menegaskan perlunya penyesuaian desain teknis untuk meningkatkan efisiensi pengolahan secara bertahap.

#### Kata Kunci:

*Instalasi Pengolahan Air, Desain Teknis, Retro-Commissioning, SNI 6774:2008, Evaluasi Kesesuaian*

Diterima: 01 Agustus 2025  
Direview: 14 Agustus 2025  
Dipublikasi: 31 Agustus 2025



## PENDAHULUAN

Penyediaan air bersih yang memenuhi standar teknis dan kualitas merupakan salah satu elemen penting dalam mendukung kesehatan masyarakat serta pembangunan berkelanjutan. Instalasi Pengolahan Air (IPA) berperan sebagai fasilitas utama dalam mengolah air baku menjadi air siap konsumsi. Agar proses pengolahan berjalan efektif, desain teknis dari setiap unit pengolahan harus sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dalam standar nasional maupun referensi teknis. Ketidaksesuaian desain dapat menurunkan efisiensi proses seperti koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi, serta berdampak pada penurunan mutu air hasil produksi.

SNI 6774:2008 memberikan pedoman mengenai tata cara perencanaan unit paket pengolahan air, termasuk persyaratan dimensi, waktu tinggal, beban pelimpah, kecepatan filtrasi, dan parameter lainnya. Selain itu, berbagai literatur teknis seperti *Water Quality & Treatment* oleh American Water Works Association, serta *Water Treatment Principles and Design*, memberikan batasan dan acuan desain berdasarkan performa unit yang telah teruji [1]. Deviasi kecil terhadap parameter desain dapat berdampak signifikan pada penurunan efisiensi pengolahan air, khususnya jika tidak ditindaklanjuti melalui evaluasi sistematis [2]. Oleh karena itu, penting untuk melakukan telaah ulang terhadap desain unit pengolahan yang telah lama beroperasi untuk memastikan kesesuaiannya dengan standar.

PERUMDA Air Minum Kota Palangka Raya saat ini mengoperasikan tiga unit IPA dengan kapasitas total 225 liter per detik. Unit-unit ini telah beroperasi selama lebih dari satu dekade dan belum pernah dievaluasi secara menyeluruh terhadap kesesuaian desain teknisnya. Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran terhadap potensi degradasi fungsi unit dan deviasi dari desain awal. Dalam konteks tersebut, pendekatan retro-commissioning (RCx) menjadi metode yang tepat untuk menilai sistem eksisting berdasarkan data aktual lapangan tanpa memerlukan pembongkaran atau rekonstruksi besar. RCx bertujuan mengidentifikasi kesenjangan antara desain dengan kondisi eksisting dan menawarkan rekomendasi perbaikan teknis yang efisien secara biaya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian desain unit-unit IPA milik PERUMDA Air Minum Kota Palangka Raya dengan acuan SNI 6774:2008 dan literatur teknis lainnya. Fokus evaluasi ditujukan pada unit intake, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir melalui pendekatan retro-commissioning yang mencakup pengukuran lapangan dan analisis teknis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan desain untuk peningkatan efisiensi pengolahan tanpa intervensi struktural besar.

## METODOLOGI

### *Prosedur Penelitian*

Langkah-langkah penelitian ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut:

#### 1. Studi Pendahuluan dan Pengumpulan Data Sekunder

Mengkaji dokumen teknis dan administratif milik PERUMDA Air Minum Kota Palangka Raya, seperti gambar desain unit, dokumen perencanaan, laporan historis pengoperasian, serta standar operasional prosedur (SOP) pengolahan air.

#### 2. Survei dan Pengukuran Lapangan

Melakukan kunjungan langsung ke tiga lokasi IPA untuk mengidentifikasi kondisi fisik unit dan mengukur dimensi aktual dari unit intake, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir. Wawancara singkat dengan operator juga dilakukan untuk mengklarifikasi praktik pengolahan dan perubahan yang pernah terjadi.

#### 3. Identifikasi Parameter Evaluasi

Menentukan parameter desain utama yang akan dihitung dan dianalisis, meliputi:

- Waktu tinggal (detention time)
- Gradien kecepatan (velocity gradient, G)

- Produk GT
- Beban pelimpah (overflow rate)
- Kecepatan filtrasi
- Angka Reynolds (untuk verifikasi karakteristik aliran)

#### 4. Perhitungan Parameter Desain

Melakukan perhitungan nilai aktual dari parameter-parameter tersebut berdasarkan data pengukuran dan volume unit. Rumus perhitungan mengacu pada pedoman SNI 6774:2008 dan literatur teknis seperti [3].

#### 5. Evaluasi Kesesuaian dengan Standar

Membandingkan hasil perhitungan dengan nilai acuan dalam SNI 6774:2008 untuk menilai apakah setiap unit memenuhi standar desain. Parameter yang berada di bawah atau di atas batas standar dinyatakan tidak sesuai. Adapun kriteria desain unit pengolahan yang akan digunakan, tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Desain Unit Pengolahan Air Berdasarkan Literatur dan Hasil Penelitian

Unit Proses	Parameter	SNI 6774:2008	Howe et al. (2012)	Edzwald (2011)
Koagulasi	Waktu tinggal (detik)	1–5	1–3	1–2
	Gradien kecepatan ( $G$ , 1/dtk)	>750	700–1000	600–900
	pH optimal	5,5–8	5,5–8,5	5,5–8
Flokulasi	Waktu tinggal (menit)	20–40	10–30	20–30
	Gradien kecepatan ( $G$ , 1/dtk)	60–10 (menurun)	20–80	20–60
	Produk GT ( $G \times t$ )	20.000–40.000	15.000–50.000	20.000–30.000
Sedimentasi	Waktu tinggal (jam)	1,5–3	1–3	1–2,5
	Beban permukaan ( $m^3/m^2.jam$ )	0,8–2,5	1–3	1–2
	Kecepatan pelimpah ( $m/jam$ )	<11	8–15	<10
Filtrasi	Kecepatan filtrasi ( $m/jam$ )	6–11	5–15	5–10
	Ketebalan media pasir (mm)	600–700	600–900	600–800
	Frekuensi backwash (jam)	18–24	12–24	12–24
Disinfeksi	Sisa klor ( $mg/L$ )	0,25–0,5	0,2–0,5	0,2–0,5
	Waktu kontak (menit)	30	20–30	20–30

Sumber:

<sup>1</sup>Badan Standardisasi Nasional, "SNI 6774:2008 – Perencanaan Instalasi Pengolahan Air," Jakarta: BSN, 2008.

<sup>2</sup>K. J. Howe, D. W. Hand, J. C. Crittenden, R. R. Trussell, and G. Tchobanoglous, Principles of Water Treatment. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2012.

<sup>3</sup>J. K. Edzwald, Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water, 6th ed. New York: McGraw-Hill, 2011.

#### 6. Penyusunan Rekomendasi Teknis

Menyusun rekomendasi teknis ringan (non-struktural) untuk setiap unit yang tidak sesuai. Rekomendasi dirancang berbasis pendekatan retro-commissioning yang menekankan pada perbaikan tanpa rekonstruksi besar, seperti pengaturan ulang debit, optimalisasi dimensi efektif, atau penambahan alat ukur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kesesuaian desain unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) milik PERUMDA Air Minum Kota Palangka Raya dengan standar teknis yang berlaku, khususnya SNI 6774:2008 serta referensi teknis lainnya [3-4]. Evaluasi ini dilakukan sebagai bentuk retro-commissioning terhadap unit-unit pengolahan air yang telah lama beroperasi, guna mengidentifikasi penyimpangan desain, efektivitas proses, serta peluang perbaikan tanpa harus melakukan renovasi besar.

### Evaluasi Teknis Unit Terpusat

#### 1. Unit Intake

Unit intake PERUMDA Air Minum Kota Palangka Raya menggunakan sistem pengambilan langsung dari Sungai Kahayan dengan pompa submersible. Terdapat tiga pompa turbin vertikal ( $2 \times 150$  L/detik dan  $1 \times 140$  L/detik), namun realisasi debit seringkali hanya 198–220 L/detik, di bawah kapasitas maksimal 225 L/detik. Hal ini menunjukkan kemungkinan kehilangan tekanan atau penurunan efisiensi pompa.

Meskipun tersedia alat ukur debit dan tinggi muka air, tidak ada pencatatan rutin, sehingga performa operasional sulit dievaluasi. Selain itu, barscreen masih menggunakan kayu yang rawan lapuk dan tidak dibersihkan secara terjadwal. Struktur rumah pompa cukup baik, namun ditemukan kelembaban dan korosi ringan, menunjukkan perlunya peningkatan sistem drainase.

Berdasarkan SNI 6774:2008 dan literatur teknis, beberapa komponen intake tidak memenuhi standar, terutama pada aspek penyaringan dan dokumentasi operasional, seperti pada Tabel 2. Rekomendasi meliputi penggantian barscreen dengan material tahan korosi, aktivasi pencatatan logbook, serta optimalisasi alat ukur debit dan muka air sungai untuk mendukung pengambilan keputusan operasional berbasis data.

Tabel 2. Evaluasi Teknis Unit Intake

Komponen	Hasil Re-Commissioning	Kesesuaian
Jenis Bangunan Intake	Intake langsung di Sungai Kahayan, pompa submersible	Memenuhi
Bangunan Sadap	Terdapat bangunan sadap	Memenuhi
Sumur Pengumpul (Sump Well)	Tidak tersedia	Memenuhi
Screen (Penyaring Kasar)	Kayu, rawan lapuk, dibersihkan manual	Tidak Memenuhi
Alat Ukur Debit & Muka Air	Ada alat ukur, tapi tidak digunakan	Tidak Memenuhi
Pencatatan & Logbook	Tidak ada pencatatan, tidak digunakan	Tidak temenoi
Struktur Rumah Pompa	Beton bertulang, desain semi terbuka dengan sirkulasi udara baik	Memenuhi
Drainase & Ventilasi	Terbuka, aliran udara dan drainase berfungsi dengan baik	Memenuhi

#### 2. Unit Chemical Feeder

Sistem injeksi bahan kimia digunakan untuk menambahkan koagulan (tawas) dan desinfektan (kaporit). Berdasarkan hasil evaluasi, penentuan dosis bahan kimia masih bersifat konvensional, berdasarkan pengalaman operator, tanpa dilakukan uji laboratorium seperti jar test. Tidak tersedia sistem dosing pump otomatis maupun alat kontrol residual kimia. Hal ini bertentangan dengan literatur yang merekomendasikan penggunaan sistem berbasis feedback dan pengujian kualitas air untuk menentukan dosis optimum [2]. Berikut pada Tabel 3 merupakan evaluasi teknis Unit Chemical Feeder dengan berbagai komponen.

Tabel 3. Evaluasi Teknis Unit Chemical Feeder

Komponen	Hasil Re-Commissioning	Kesesuaian
Jenis Chemical Feeder	Pompa dosing manual, tanpa kontrol otomatis	Tidak Memenuhi
Tipe Bahan Kimia	Tawas cair dan kaporit	Memenuhi
Tangki Penyimpanan Bahan	Drum plastik terbuka, tidak berlabel	Tidak Memenuhi
Sistem Injeksi	Selang fleksibel langsung ke pipa transmisi pengolahan	Memenuhi
Kalibrasi Alat	Tidak tersedia data kalibrasi	Tidak Memenuhi
Pencatatan & Logbook	Tidak tersedia pencatatan dosis atau catatan harian	Tidak Memenuhi
Keamanan Operator	Area dosing lembab, tidak ada pelindung drum, risiko kontak langsung tinggi	Tidak Memenuhi
SOP Operasional	Tersedia SOP khusus untuk unit dosing	Memenuhi

### 3. Unit Koagulasi

Unit koagulasi menggunakan sistem hidrolis tipe baffle channel. Pengukuran waktu tinggal aktual menunjukkan nilai sekitar 3 detik dengan gradien kecepatan (G) sebesar  $\pm 800 \text{ s}^{-1}$ . Nilai ini masih berada dalam batas rekomendasi [1], [4]. Oleh karena itu, unit koagulasi tergolong memenuhi kriteria desain teknis dari segi efisiensi pencampuran. Tabel 4 merupakan hasil evaluasi teknis Unit Koagulasi.

Tabel 3. Evaluasi Teknis Unit Koagulasi

Parameter	Hasil Re-Commissioning	Kesesuaian
Jenis Bahan Bangunan	Kayu dan baja ringan	Tidak Memenuhi
Pemasangan Peralatan	Tidak terpasang	Tidak Memenuhi
Perlindungan Terhadap Korosi	Tidak ada pelapisan	Tidak Memenuhi
Bangunan Terlindung	Bangunan semi terbuka	Tidak Memenuhi
Ventilasi dan Drainase	Ventilasi terbuka, drainase baik	Memenuhi
Penerangan	Cahaya alami cukup	Memenuhi
Aksesibilitas	Mudah diakses	Memenuhi
Keamanan	Tidak ada pagar pengaman	Tidak Memenuhi

### 4. Unit Disinfeksi

Injeksi disinfektan dilakukan setelah proses filtrasi, namun sebelum air masuk ke reservoir. Pengujian kadar klorin sisa menunjukkan nilai fluktuatif dan sering kali berada di bawah 0,2 mg/L, mensyaratkan sisa klor minimal 0,25 mg/L [5]. Selain itu, belum tersedia estimasi akurat untuk waktu kontak (contact time), karena jalur pipa tidak terukur panjang dan kecepatan alirannya. Ini mengindikasikan proses disinfeksi berpotensi tidak efektif secara konsisten, seperti yang terlihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Evaluasi Teknis Unit Disinfeksi

Parameter Teknis	Hasil Re-Commisioning	Kesesuaian
Dosis Kaporit	$\pm 3,29$ mg/L	Memenuhi
Waktu Tinggal	$\pm 189,39$ menit	Memenuhi
Sisa Klorin Bebas	Tidak diukur	Tidak Memenuhi
Volume Reservoir	$2.500 \text{ m}^3$	Memenuhi
Sistem Dosing	Manual, tanpa flowmeter	Tidak Memenuhi
Titik Penambahan	Di atas reservoir, tanpa mixing	Tidak Memenuhi
Sistem Monitoring Klorin	Tidak tersedia	Tidak Memenuhi

### Evaluasi Teknis Unit WTP 1

#### 1. Unit Flokulasi WTP 1

Unit flokulasi WTP 1 menggunakan sistem hidrolis tipe aliran berliku (*baffle channel*). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa waktu tinggal aktual di unit ini adalah 30 menit, dan gradien kecepatan (G) sebesar  $5,25 \text{ s}^{-1}$ , yang masih memenuhi standar minimum  $5 \text{ s}^{-1}$  menurut literatur yang terlihat pada Tabel 6. Produk GT dihitung sebesar  $9,45 \times 10^4$ , tergolong baik untuk membentuk flok yang stabil dan mudah mengendap.

Meskipun secara teoritis nilai GT cukup baik, sistem ini tidak dilengkapi dengan peralatan monitoring seperti pengukur pH atau sistem kontrol debit. Hal ini menyebabkan sistem tidak adaptif terhadap perubahan kualitas air baku, yang berpotensi menurunkan efisiensi flokulasi terutama saat terjadi fluktuasi beban bahan organik atau kekeruhan.

Tabel 5. Rekap Evaluasi Teknis Unit Flokulasi WTP 1

Komponen	Hasil Re-Commisioning	Kesesuaian
Panjang lintasan (L)	156,5 m	Memenuhi
Lebar saluran (B)	0,2 m	Memenuhi
Tinggi air efektif (H)	0,8 m	Memenuhi
Luas penampang aliran (A)	$0,16 \text{ m}^2$	Memenuhi
Volume unit flokulasi (V)	$25,0 \text{ m}^3$	Memenuhi
Debit aliran (Q)	$0,023 \text{ m}^3/\text{detik}$	Memenuhi
Jenis Sistem Flokulasi	Hidraulis spiral	Memenuhi
Waktu Tinggal (t)	1087 detik ( $\sim 18,12$ menit)	Tidak Memenuhi
Kecepatan Aliran (v)	$0,14375 \text{ m/s}$	Tidak Memenuhi
Gradien Kecepatan (G)	$12,33 \text{ s}^{-1}$	Memenuhi
Produk GT	13.405,71	Tidak Memenuhi
Jenis Aliran (Re)	115.000	Memenuhi

Penambahan sistem pengukuran pH dan pengatur debit otomatis pada unit flokulasi, agar dapat menyesuaikan intensitas pencampuran terhadap perubahan kualitas air baku. Penggunaan indikator visual aliran (*flow indicator*) pada saluran juga akan membantu operator dalam mengamati kondisi aliran secara real time.

#### 2. Sedimentasi

Unit sedimentasi pada WTP 1 berbentuk saluran horizontal. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa waktu tinggal air dalam unit ini adalah 2,1 jam, sesuai dengan rentang standar 1,5–3 jam. Beban pelimpah tercatat sebesar  $10,7 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  dan kecepatan pelimpah  $10,2 \text{ m/jam}$ , keduanya

masih di bawah batas maksimum standar. Nilai angka Reynolds yang dihitung berada dalam kisaran aliran laminar, sesuai dengan kebutuhan proses sedimentasi.

Namun demikian, belum tersedia sistem pembersihan lumpur secara otomatis. Endapan yang menumpuk dapat menyebabkan penurunan efisiensi pengendapan, serta meningkatkan risiko *carry-over* partikel halus ke tahap filtrasi. Adapun hasil evaluasi Teknis Unit Sedimentasi WTP terlihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Evaluasi Teknis Unit Sedimentasi WTP 1

Komponen	Hasil Re-Commissioning	Kesesuaian
Sistem pengendapan	Aliran horizontal	Memenuhi
Bentuk dan arah aliran	Bak persegi, aliran horizontal	Memenuhi
Plate settler	Tidak tersedia	Memenuhi
Volume bak	42,17 m <sup>3</sup>	Memenuhi
Waktu tinggal (detention time)	0,51 jam	Tidak Memenuhi
Beban pelimpah	11,19 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam	Tidak Memenuhi
Kecepatan vertikal pengendapan	18,65 cm/menit	Tidak Memenuhi
Kemiringan dasar bak	61°	Memenuhi
Frekuensi pengurasan lumpur	Tidak menentu, tidak ada jadwal pasti	Tidak Memenuhi

Perlu dilengkapi sistem pembersihan lumpur secara berkala, baik secara manual terjadwal maupun dengan penambahan saluran penguras yang lebih efisien, agar akumulasi lumpur tidak mengganggu efisiensi pengendapan.

### 3. Filtrasi WTP 1

Unit filtrasi di WTP 1 terdiri atas filter gravitasi dengan media pasir dan kerikil. Kecepatan filtrasi aktual sebesar 7,2 m/jam masih berada dalam rentang yang direkomendasikan (6–11 m/jam). Akan tetapi, tidak terdapat sistem pemantauan *head loss* secara rutin, dan proses *backwash* masih dilakukan secara manual tanpa jadwal tetap.

Ketiadaan pemantauan tekanan dan sistem otomatisasi *backwash* dapat menyebabkan efisiensi filtrasi menurun secara perlahan. Akumulasi material tersuspensi pada media filter dapat menimbulkan *breakthrough*, terutama bila volume air baku meningkat tajam atau kualitas air baku memburuk, dimana terlihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Evaluasi Teknis Unit Filtrasi WTP 1

Komponen	Hasil Re-Commissioning	Kesesuaian
Jumlah Kompartemen	4 unit	Memenuhi
Luas Total Filter	27,33 m <sup>2</sup>	Memenuhi
Debit Masuk	0,023 m <sup>3</sup> /detik	Memenuhi
Kecepatan Filtrasi	3,03 m/jam	Tidak Memenuhi
Tebal Media Pasir	600 mm	Memenuhi
Ukuran Efektif Media (ES)	0,5 mm	Memenuhi
Uniformity Coefficient (UC)	1,3	Memenuhi
Lapisan Penyangga (Gravel)	Tidak ada	Tidak Memenuhi

Komponen	Hasil Re-Commissioning	Kesesuaian
Jenis Media	Pasir silika (single media)	Memenuhi
Volume Pori Media	6,56 m <sup>3</sup>	Memenuhi
Waktu Tinggal Air dalam Media	4,75 menit	Memenuhi

Pemasangan manometer di setiap unit filter untuk memantau tekanan dan mendeteksi kebutuhan backwash. Jadwal pencucian (backwash) filter juga perlu dibakukan berdasarkan parameter tekanan dan waktu operasi, bukan hanya berdasarkan kebiasaan operator.

### Evaluasi Teknis Unit WTP 2&3

#### 1. Flokulasi WTP 2&3

Unit flokulasi di WTP 2 dan WTP 3 menggunakan sistem hidrolis tipe aliran berliku (*baffle channel*). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa gradien kecepatan ( $G$ ) di WTP 2 adalah  $4,40 \text{ s}^{-1}$ , dan di WTP 3 sebesar  $4,64 \text{ s}^{-1}$ . Nilai tersebut berada di bawah nilai standar minimum yaitu  $5 \text{ s}^{-1}$ . Waktu tinggal di kedua unit juga kurang dari 30 menit. Nilai produk  $GT$  yang dihasilkan juga tergolong rendah, yaitu  $6,07 \times 10^4$  (WTP 2) dan  $6,96 \times 10^4$  (WTP 3), padahal nilai yang disarankan berada dalam kisaran  $10^4$ – $10^5$ . Hal ini menunjukkan bahwa proses tumbukan antar partikel kurang optimal, sehingga kualitas flok yang terbentuk berpotensi tidak stabil dan sulit mengendap yang terlihat pada Tabel 9.

Tabel 8. Evaluasi Teknis Unit Flokulasi WTP 2&3

Parameter Evaluasi	Hasil Evaluasi	Kesesuaian WTP 2	Kesesuaian WTP 3
Volume Unit (m <sup>3</sup> )	135,1	Memenuhi	Memenuhi
Panjang Lintasan Aliran (m)	25,46	Memenuhi	Memenuhi
Luas Penampang Rata-rata (m <sup>2</sup> )	4,37	Memenuhi	Memenuhi
Kecepatan Aliran, $v$ (m/s)	0,0217–0,0229	Memenuhi	Memenuhi
Headloss Total, $h_L$ (m)	0,000019–0,000022	Memenuhi	Memenuhi
Gradien Kecepatan, $G$ (detik <sup>-1</sup> )	4,40–4,64	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Waktu Tinggal, $T_d$ (menit)	22,5–23,7	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Produk $GT$	6257–6272	Memenuhi (flok lambat)	Memenuhi (flok lambat)

Sistem aliran berliku saat ini menghasilkan nilai  $G$  (gradien kecepatan) yang rendah ( $<5 \text{ s}^{-1}$ ). Disarankan untuk memodifikasi desain saluran atau memperpendek panjang baffle agar meningkatkan turbulensi dan efisiensi tumbukan antar partikel. Penambahan alat ukur debit dan kontrol pH juga dapat membantu mengoptimalkan kondisi proses.

#### 2. Sedimentasi WTP 2&3

Unit sedimentasi di kedua WTP menggunakan sistem horizontal dengan hasil evaluasi teknis tertera pada Tabel 10. Waktu tinggal aktual adalah 1,8 jam (WTP 2) dan 1,6 jam (WTP 3), masih

sesuai dengan standar waktu tinggal 1,5–3 jam. Namun, beban pelimpah pada kedua instalasi terukur sebesar 13,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam (WTP 2) dan 13,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam (WTP 3), yang melebihi nilai maksimal 11 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/jam dalam SNL. Beban pelimpah yang tinggi mengindikasikan bahwa efisiensi pengendapan dapat menurun, terutama pada jam-jam puncak atau saat terjadi lonjakan debit.

Tabel 9. Evaluasi Teknis Unit Sedimentasi WTP 2&amp;3

Parameter Teknis	Hasil WTP 2	Hasil WTP 3	Kesesuaian WTP 2	Kesesuaian WTP 3
Waktu Tinggal (jam)	0,29	0,28	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Kecepatan Horizontal (m/s)	0,0032	0,0034	Memenuhi	Memenuhi
Bilangan Reynolds	26,2	27,8	Memenuhi	Memenuhi
Beban Pelimpah (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam)	13,99	14,73	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Kecepatan Vertikal (m/s)	0,000943	0,000994	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Kecepatan Plate Settler (m/menit)	0,0566	0,0596	Memenuhi	Memenuhi
Bilangan Froude	0,013	0,014	Memenuhi	Memenuhi
Rasio Lebar terhadap Panjang	0,67	0,67	Memenuhi	Memenuhi
Kemiringan Dasar Bak (derajat,°)	61°	61°	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Frekuensi Pengurasan Lumpur	Tidak Terjadwal	Tidak Terjadwal	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi
Keberadaan Plate Settler	Ada	Ada	Memenuhi	Memenuhi

Beban pelimpah melebihi nilai standar, yang berpotensi menyebabkan partikel tersuspensi terbawa ke proses berikutnya. Disarankan untuk melakukan pengaturan ulang debit masuk atau menambahkan sistem pembagi aliran (splitter) agar distribusi debit lebih merata. Sistem penguras lumpur juga perlu ditingkatkan agar tidak terjadi akumulasi berlebih.

### 3. Filtrasi WTP 2&3

Sistem filtrasi di WTP 2 dan 3 menggunakan media pasir dan kerikil dalam unit filter gravitasi dengan hasil evaluasi teknis tertera pada Tabel 11. Kecepatan filtrasi aktual masing-masing adalah 8,4 m/jam (WTP 2) dan 9,6 m/jam (WTP 3), yang masih sesuai dengan rentang rekomendasi 6–11 m/jam menurut SNL. Namun demikian, belum terdapat sistem pemantauan tekanan untuk mendeteksi head loss, dan proses backwash masih dilakukan secara manual. Tidak adanya pemantauan ini menyebabkan potensi turunnya kualitas air hasil filtrasi tidak dapat dideteksi secara dini, apalagi bila media mulai mengalami penyumbatan.

Tabel 10. Rekap Evaluasi Teknis Unit Filtrasi WTP 2&amp;3

Komponen	WTP 2	WTP 3	Kesesuaian WTP 2	Kesesuaian WTP 3
Kecepatan filtrasi, $v_f$ (m/jam)	22,28	23,46	Memenuhi	Memenuhi
Volume media filter $V_f$ (m <sup>3</sup> )	9,22	9,22	Memenuhi	Memenuhi
Waktu tinggal filtrasi, $t$ (detik)	97,01	92,16	Memenuhi	Memenuhi
Kecepatan backwash, $v_b$ (m/jam)	33,4	35,16	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi

Komponen	WTP 2	WTP 3	Kesesuaian WTP 2	Kesesuaian WTP 3
Tinggi ekspansi media, m (%)	0,24 (40%)	0,24 (40%)	Memenuhi	Memenuhi
Efisiensi penyisihan kekeruhan (%)	76,92	76,92	Memenuhi	Memenuhi
Volume air pencucian balik (m <sup>3</sup> )	102,6	108	Memenuhi	Memenuhi
Muka air saat filtrasi (m)	0,6–0,9	0,6–0,9	Memenuhi	Memenuhi
Muka air saat pencucian (m)	1,2–1,4	1,2–1,4	Memenuhi	Memenuhi
Breakthrough	Tidak ada	Tidak ada	Memenuhi	Memenuhi
Sistem kontrol dan katup	Baik	Baik	Memenuhi	Memenuhi

Kecepatan filtrasi yang melebihi standar menunjukkan potensi penurunan kualitas hasil filtrasi. Disarankan pengurangan debit masuk atau pembagian beban ke lebih banyak unit filter aktif. Selain itu, pemantauan head loss perlu dilakukan secara rutin agar proses backwash dapat dilakukan tepat waktu, bukan hanya berdasarkan kebiasaan.

## KESIMPULAN

Evaluasi kesesuaian desain unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) PERUMDA Kota Palangka Raya menunjukkan bahwa tidak seluruh unit memenuhi ketentuan teknis yang tercantum dalam SNI 6774:2008 serta acuan literatur teknis. Unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi menunjukkan sejumlah parameter yang berada di luar batas kriteria desain, seperti nilai GT yang rendah, beban pelimpah yang melebihi kapasitas rancang, serta kecepatan filtrasi yang melampaui ambang batas yang disarankan.

Ketidaksesuaian tersebut mengindikasikan perlunya upaya penyesuaian teknis guna meningkatkan efisiensi pengolahan tanpa memerlukan intervensi struktural besar. Pendekatan retro-commissioning terbukti efektif dalam mengidentifikasi deviasi teknis serta merumuskan rekomendasi berbasis data lapangan yang aplikatif dan adaptif terhadap kondisi eksisting instalasi.

## REFERENSI

- [1] Badan Standardisasi Nasional, SNI 6774:2008 Tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Instalasi Pengolahan Air, Jakarta: BSN, 2008.
- [2] D. A. Cornwell, M. J. Burton, and M. W. Mother, *Water Treatment: Principles and Design*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2012.
- [3] J. K. Edzwald, *Water Quality and Treatment: A Handbook on Drinking Water*, 6th ed. New York: McGraw-Hill, 2011.
- [4] K. J. Howe, D. W. Hand, J. C. Crittenden, R. Trussell and G. Tchobanoglous, *Principles of Water Treatment*, New Jersey: Wiley & Sons, Inc., 2012.
- [5] Permenkes RI, Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Jakarta: Kementerian Kesehatan RI, 2023.