

Evaluasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) X Kabupaten Bekasi

Haikal Alfaruqi Hidayat*, Mila Dirgawati

Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

*Koresponden email: haikal.alfaruqi@mhs.itenas.ac.id

Diterima: 29 Juli 2026

Disetujui: 06 Agustus 2026

Abstract

The increasing demand for drinking water due to population growth requires water treatment plants (WTPs) to operate efficiently despite fluctuations in raw water quality. This study evaluated the performance of Water Treatment Plant (WTP) X in Bekasi Regency based on raw water quality, treated water quality, and the compliance of treatment units with design criteria. Data were collected through field observations, dimensional measurements of treatment units, interviews, water quality analysis, and hydraulic parameter calculations. The results showed that the raw water quality of the Kalimalang River fluctuated, with *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), nitrite, and manganese exceeding the regulatory standards during several monitoring periods. The intake, raw water collection basin, filtration, and reservoir units met most of the design criteria, whereas the coagulation, flocculation, and sedimentation units did not fully comply with the design requirements. The treated water generally met the Indonesian drinking water quality standards; however, the concentration of hexavalent chromium (Cr(VI)) exceeded the permissible limit during one monitoring period. Therefore, improvements to several treatment units and enhanced maintenance practices are required to improve treatment efficiency and maintain treated water quality.

Keyword: *water treatment plant, raw water quality, production water quality, water treatment unit*

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan air minum akibat pertumbuhan penduduk menuntut instalasi pengolahan air (IPA) beroperasi secara optimal meskipun kualitas air baku berfluktuasi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja IPA X di Kabupaten Bekasi berdasarkan kualitas air baku, kualitas air hasil produksi, dan kesesuaian unit pengolahan terhadap kriteria desain. Data diperoleh melalui observasi lapangan, pengukuran dimensi unit, wawancara, analisis kualitas air, dan perhitungan parameter hidraulik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air baku Sungai Kalimalang masih berfluktuasi, dengan parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), nitrit, dan mangan yang pada beberapa periode melebihi baku mutu. Unit intake, bak pengumpul, filtrasi, dan reservoir telah memenuhi sebagian besar kriteria desain, sedangkan unit koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi belum sepenuhnya memenuhi kriteria. Kualitas air hasil produksi secara umum telah memenuhi baku mutu air minum, namun konsentrasi kromium heksavalen (Cr(VI)) masih melebihi ambang batas pada salah satu periode pengujian. Oleh karena itu, perbaikan pada beberapa unit pengolahan dan peningkatan kegiatan pemeliharaan diperlukan untuk meningkatkan efisiensi proses dan menjaga kualitas air hasil produksi.

Kata kunci: *instalasi pengolahan air, kualitas air baku, kualitas air produksi, unit pengolahan air*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk berpengaruh langsung terhadap peningkatan kebutuhan air bersih. Kabupaten Bekasi mengalami laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,44% pada periode 2020 hingga 2023 [3]. Peningkatan jumlah penduduk diikuti oleh bertambahnya kebutuhan air untuk keperluan domestik, komersial, maupun industri. Kondisi tersebut menuntut penyediaan air minum yang memenuhi aspek kuantitas, kualitas, dan kontinuitas agar kebutuhan masyarakat dapat terpenuhi secara berkelanjutan [29].

Peningkatan pencemaran air baku akibat limbah domestik, kegiatan industri, limpasan pertanian, dan aktivitas masyarakat menyebabkan kualitas sumber air terus menurun. Kondisi tersebut meningkatkan beban pengolahan pada instalasi pengolahan air (IPA), sehingga kinerja setiap unit operasi dan unit proses perlu dievaluasi untuk memastikan sistem pengolahan mampu menghasilkan air yang memenuhi standar kualitas [31] [28].

Kualitas air baku dievaluasi berdasarkan baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup [21], yang menetapkan baku mutu air berdasarkan kelas peruntukannya. Dalam penelitian ini, kualitas air baku

dibandingkan dengan baku mutu air Kelas I yang diperuntukkan sebagai sumber air baku air minum. Sementara itu, standar kualitas air hasil produksi mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan [20], yang menetapkan persyaratan kualitas air minum yang harus dipenuhi oleh setiap penyelenggara sistem penyediaan air minum.. Oleh karena itu, setiap instalasi pengolahan air harus mampu mengolah air baku yang kualitasnya berfluktuasi menjadi air minum yang memenuhi persyaratan yang berlaku.

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Pengolahan Air (IPA) X Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, yang berkapasitas 40 L/detik dengan sumber air baku Sungai Kalimalang. Operasional instalasi didukung oleh sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter BOD, COD, nitrit, dan mangan pada air baku masih melebihi baku mutu sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Kondisi tersebut menjadi dasar dilakukannya evaluasi kinerja instalasi untuk memastikan air hasil produksi tetap memenuhi standar kualitas.

Proses pengolahan air pada IPA X terdiri atas unit intake, bak pengumpul air baku, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir. Kinerja setiap unit berperan dalam menjaga kualitas air hasil pengolahan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap setiap unit perlu dilakukan untuk menilai kesesuaian kondisi operasional dan parameter desain berdasarkan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air [16] dan peraturan terkait.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja Instalasi Pengolahan Air (IPA) X melalui analisis terhadap unit operasi dan unit proses yang meliputi pengambilan air baku, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir. Untuk memastikan bahwa setiap unit pengolahan beroperasi sesuai kriteria desain dan kondisi operasional serta mampu menghasilkan air yang memenuhi baku mutu. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis dalam meningkatkan efisiensi proses pengolahan serta mendukung penyediaan air minum yang memenuhi standar kualitas secara berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Pengolahan Air (IPA) X, Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat. IPA X merupakan instalasi pengolahan air konvensional tipe paket dengan konstruksi baja dan kapasitas produksi sebesar 40 L/detik. Penelitian memanfaatkan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap kondisi instalasi, pengukuran dimensi setiap unit pengolahan yang meliputi unit intake, bak pengumpul air baku, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, reservoir, dan unit pengolahan lumpur, serta wawancara dengan operator terkait aspek operasi dan pemeliharaan. Data sekunder berupa hasil pengujian kualitas air baku Sungai Kalimalang dan kualitas air hasil produksi yang diperoleh dari pengelola IPA X. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting setiap unit terhadap kriteria desain yang mengacu pada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air dan standar teknis terkait.

Parameter hidraulik pada masing-masing unit dihitung berdasarkan hasil pengukuran lapangan untuk menilai kesesuaiannya dengan kriteria desain. Selanjutnya, kualitas air baku dievaluasi berdasarkan baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, sedangkan kualitas air hasil produksi dibandingkan dengan persyaratan kualitas air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023.

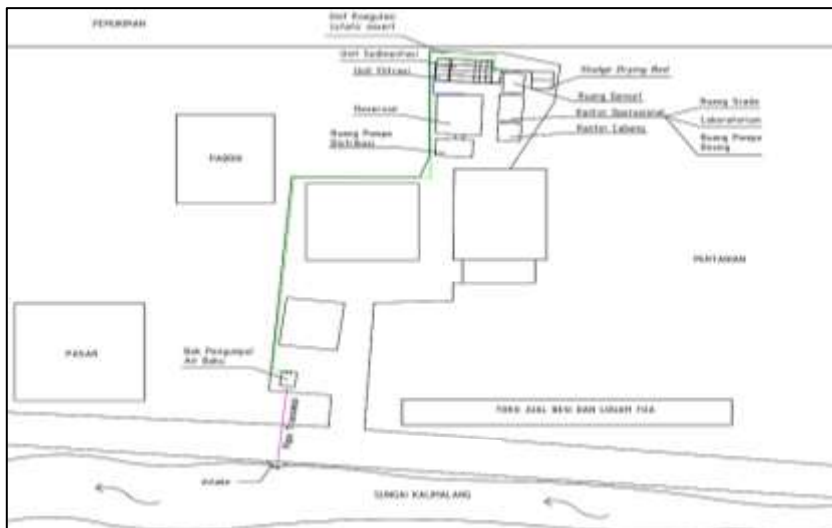
3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Gambaran Umum IPA Tegal Danas

IPA X merupakan instalasi pengolahan air konvensional tipe paket dengan konstruksi baja dan kapasitas produksi sebesar 40 L/detik. Air baku berasal dari Sungai Kalimalang yang dialirkan secara gravitasi menuju unit intake, kemudian dipompa ke bak pengumpul air baku untuk selanjutnya diolah. Rangkaian proses pengolahan meliputi koagulasi menggunakan *static mixer*, flokulasi hidrolis dengan *baffle channel*, sedimentasi menggunakan *tube settler*, filtrasi menggunakan *rapid sand filter* dengan media antrasit dan pasir silika, reservoir sebagai unit penyimpanan air bersih sekaligus tempat pelaksanaan desinfeksi menggunakan kaporit, serta *sludge drying bed* (SDB) untuk pengeringan lumpur yang berasal dari unit sedimentasi dan air pencuci filter (*backwash*).

Sistem pengolahan dibagi menjadi dua jalur yang beroperasi secara paralel dengan kapasitas masing-masing sekitar 20 L/detik. Setiap jalur dilengkapi satu unit flokulasi, satu unit sedimentasi, dan dua bak filtrasi yang dioperasikan secara bergantian selama proses filtrasi maupun pencucian balik (*backwash*) sehingga kontinuitas produksi tetap terjaga.

Pengoperasian IPA didukung oleh sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) yang berfungsi untuk memantau dan mengendalikan proses secara *real-time*. Sistem ini menyediakan informasi mengenai parameter operasional, seperti debit, tinggi muka air, status pompa, dan kondisi peralatan, sehingga operator dapat mendeteksi penyimpangan proses lebih cepat dan melakukan tindakan korektif. Penerapan SCADA mendukung keandalan operasi, menjaga kontinuitas produksi, dan mempertahankan kualitas air hasil pengolahan.



Gambar 1. Denah Lokasi Unit Pengolahan IPA X

3.2 Kualitas Air Baku Sungai Kalimalang

Pemeriksaan kualitas air baku dilakukan secara triwulanan terhadap parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan baku mutu air Kelas I sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI. Rekapitulasi parameter kualitas air baku yang menjadi fokus evaluasi selama tahun 2023 dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Uji Kualitas Air Baku Sungai Kalimalang Triwulan 2023

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Maret	Juni	September	Desember
1	Temperatur	°C	Dev 3	25,1	24,2	25,5	24,3
2	TDS	mg/L	1.000	170	170	160	180
3	pH	-	6 - 9	7,00	7,04	7,16	7,41
4	BOD	mg/L	2	0,5	6,2*	0	0
5	COD	mg/L	10	1,1	13,2*	0	0
6	Sulfat	mg/L	300	35,2	52,1	15,3	82
7	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,03	1,18*	0,14*	0,42*
8	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	<0,02	0,06	0,07	0,14
9	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	0,08	15,5*	0,08	0,13*
10	Fecal coliform	MPN/100mL	100	2	0	0	0
11	Total coliform	MPN/100mL	1.000	27	8	34	220

Sumber: IPA X Kabupaten Bekasi, 2023.

Keterangan:

(*) melebihi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021

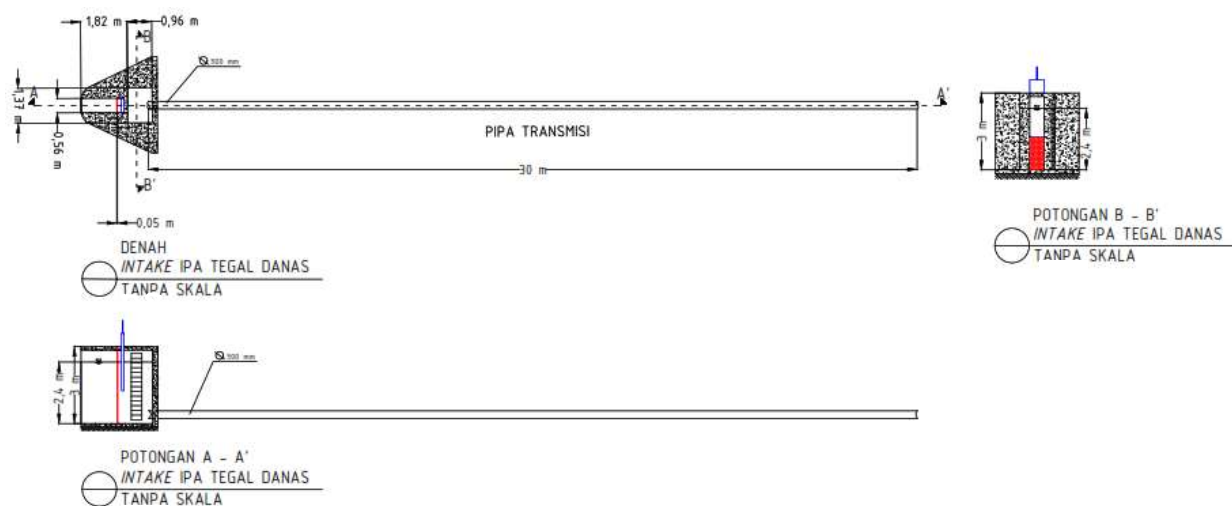
Berdasarkan **Tabel 1**, parameter yang secara berkala melampaui baku mutu meliputi *BOD* dan *COD* pada bulan Juni, nitrit pada bulan Juni, September, dan Desember, serta mangan pada bulan Juni dan Desember. Nilai *BOD* yang tinggi menunjukkan tingginya kebutuhan oksigen untuk menguraikan bahan organik, sedangkan tingginya *COD* mengindikasikan adanya senyawa organik maupun anorganik yang sulit terdegradasi sehingga mencerminkan besarnya beban pencemar pada air baku [24] [15].

Fluktuasi kualitas air baku diduga dipengaruhi oleh penggunaan lahan di sekitar Sungai Kalimalang yang didominasi oleh kawasan permukiman, pertanian, industri, dan pasar. Limbah domestik berkontribusi terhadap peningkatan BOD dan COD, limpasan pertanian meningkatkan kandungan senyawa nitrogen, sedangkan aktivitas industri menambah beban pencemar organik maupun anorganik ke badan air [24]. Kombinasi berbagai sumber pencemar tersebut menyebabkan kualitas air baku berfluktuasi sepanjang tahun sesuai dengan perubahan aktivitas di daerah tangkapan air.

Peningkatan konsentrasi nitrit diperkirakan terjadi akibat proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang dipengaruhi oleh masukan limbah domestik, penggunaan pupuk, serta rendahnya kadar oksigen terlarut [26][12]. Sementara itu, tingginya konsentrasi mangan diduga berkaitan dengan pelarutan mineral mangan akibat perubahan kondisi pH dan oksigen terlarut serta pencucian sedimen selama musim hujan [27] [7].

3.3 Evaluasi Unit Intake

Intake IPA X berupa kanal terbuka yang dilengkapi bar screen, dilanjutkan saluran tertutup sepanjang 30 meter berdiameter 300 mm menuju bak pengumpul. Hasil observasi menunjukkan pertumbuhan tumbuhan air eceng gondok di sekitar intake, yang berpotensi menyumbat bar screen dan menurunkan debit air masuk, sekaligus meningkatkan kekeruhan akibat pembusukan bahan organik. Gambar Unit Intake dapat dilihat pada **Gambar 2** dan hasil perhitungan kecepatan aliran melalui bar screen dan headloss dapat dilihat pada **Tabel 2**.



Gambar 2. Unit Intake IPA X

Tabel 2. Evaluasi Kesesuaian Parameter Hidraulik Unit Intake

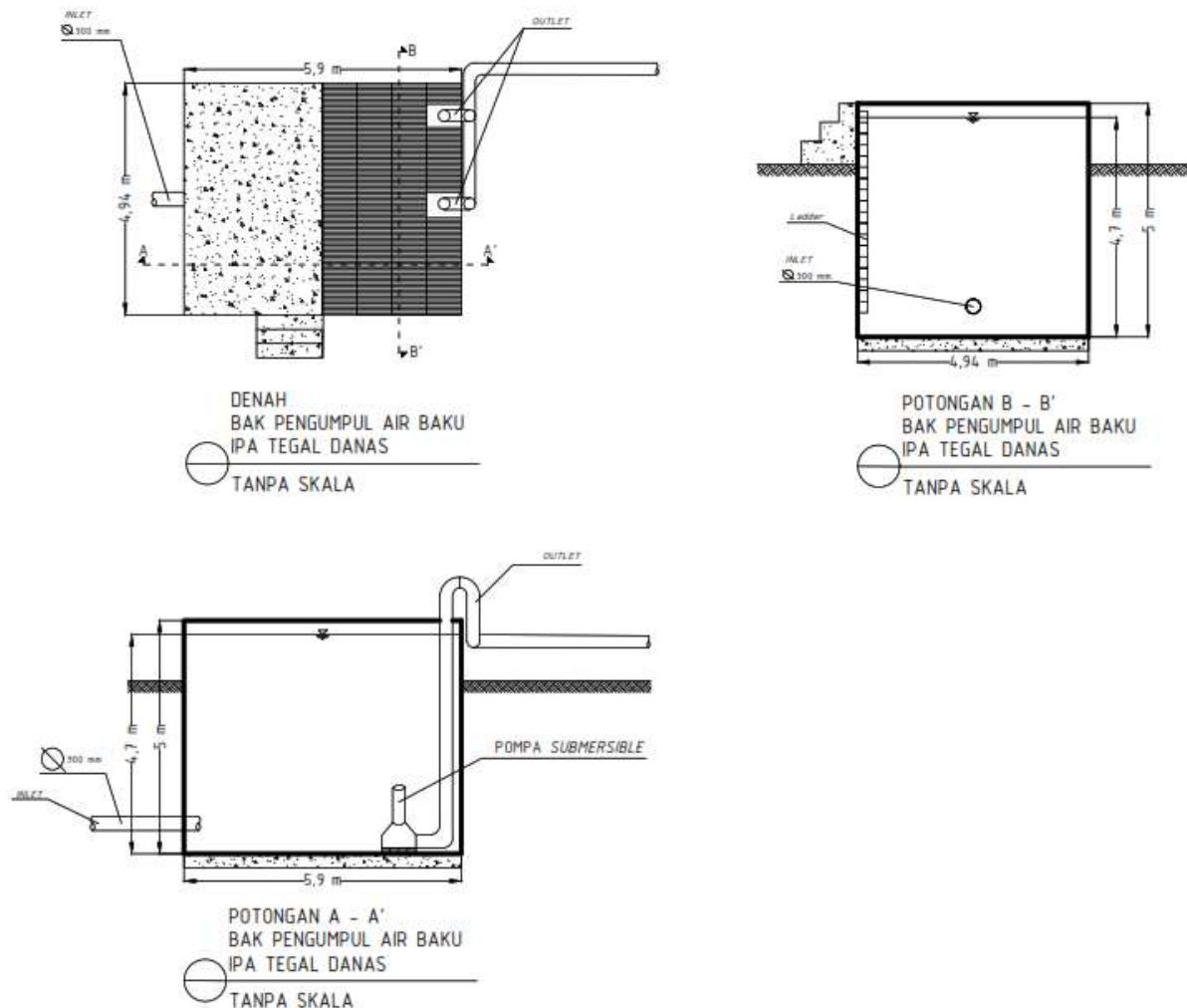
No	Parameter	Satuan	Kriteria Desain	Nilai	Keterangan
1	Kecepatan aliran bar screen (v)	m/s	maks. 0,08 [22]	0,039	Memenuhi
2	Headloss	m	0,15 [22]	0,00199	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2026.

Nilai *headloss* sebesar 0,00199 m menunjukkan bahwa hambatan aliran pada *bar screen* masih sangat kecil dan berada di bawah batas maksimum 0,15 m. Kondisi ini mengindikasikan bahwa aliran air melewati *bar screen* tanpa kehilangan energi yang berarti. Namun, hasil observasi menunjukkan bahwa jumlah batang *bar screen* relatif sedikit sehingga bukaan antarbatang menjadi lebih besar. Kondisi tersebut dapat mengurangi kemampuan *bar screen* dalam menahan sampah dan material berukuran besar yang terbawa aliran air baku. Oleh karena itu, penambahan jumlah batang *bar screen* dengan tetap memperhatikan jarak antarbatang sesuai kriteria desain perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan efisiensi penyaringan [23]. Selain itu perbaikan dapat dilakukan melalui pembersihan eceng gondok secara berkala di sekitar intake serta pemantauan rutin kondisi perairan untuk mencegah penyumbatan *bar screen*, menjaga kontinuitas debit air baku, dan mengurangi peningkatan beban bahan organik.

3.4 Evaluasi Bak Pengumpul Air Baku

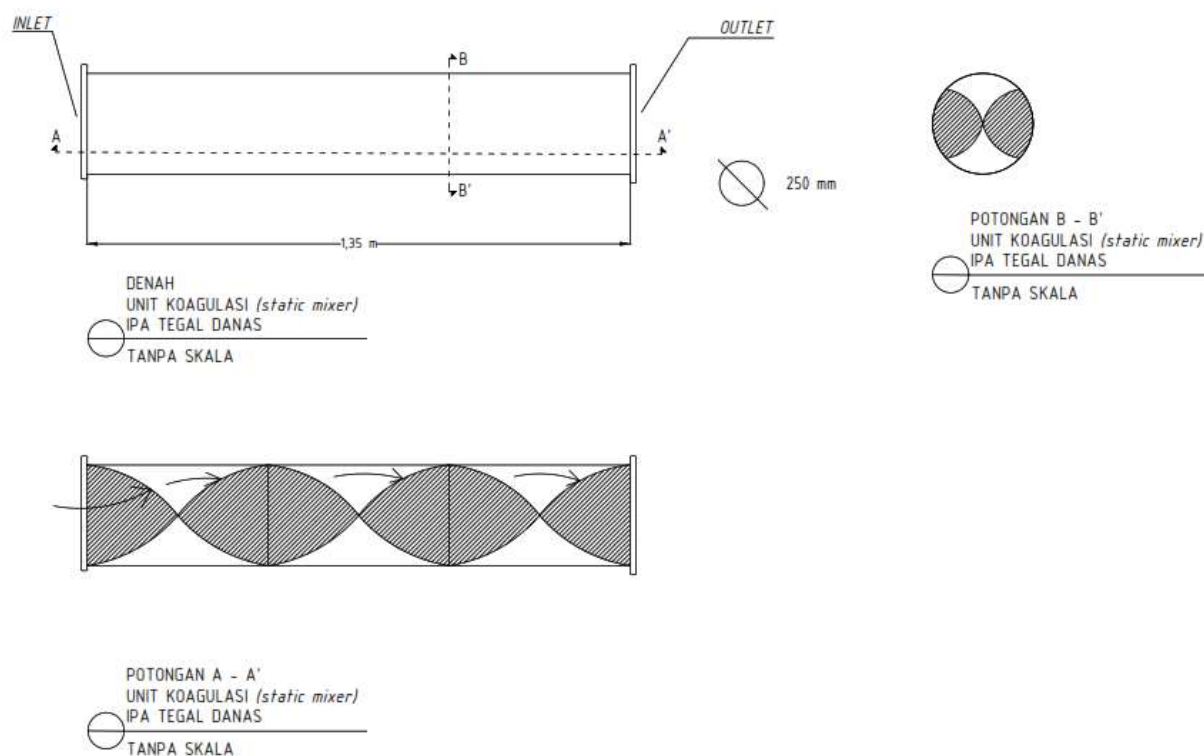
Air baku dari intake ditampung dalam bak pengumpul sebelum dipompa menuju unit koagulasi menggunakan pompa *submersible* berkapasitas 44 L/detik. Hasil perhitungan waktu detensi (td) pada bak pengumpul menunjukkan nilai 57,08 menit, jauh melampaui kriteria minimum 1,5 menit [11], sehingga unit ini dinyatakan telah memenuhi kriteria desain waktu tinggal. Gambar bak pengumpul air baku dapat dilihat pada **Gambar 3**. Meskipun telah memenuhi kriteria waktu detensi, hasil observasi menunjukkan adanya keong hidup maupun mati di dalam bak pengumpul. Akumulasi keong berpotensi menyumbat *bar screen*, pipa, *valve*, dan pompa sehingga menurunkan debit aliran serta kinerja sistem perpompaan. Selain itu, cangkang keong yang terbawa ke pompa dapat menyebabkan abrasi dan mempercepat keausan komponen mekanis. Oleh karena itu, pembersihan *bar screen* dan bak pengumpul secara berkala serta inspeksi rutin terhadap sistem perpompaan perlu dilakukan untuk mencegah penumpukan keong.



Gambar 3. Bak Pengumpul Air Baku IPA X

3.5 Evaluasi Unit Koagulasi

Proses koagulasi pada IPA X menggunakan *static mixer* dengan penambahan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC). *Static mixer* merupakan alat pencampur tanpa komponen bergerak yang memanfaatkan energi aliran untuk menghasilkan turbulensi sehingga koagulan dapat tercampur secara cepat dan homogen dengan air baku [1]. Pencampuran yang merata sangat penting untuk memastikan koagulan terdispersi ke seluruh volume air sehingga proses destabilisasi partikel koloid berlangsung secara efektif. Gambar Unit Koagulasi dapat dilihat pada **Gambar 4** dan hasil evaluasi dilihat pada **Tabel 4**.



Gambar 4. Unit Koagulasi IPA X

Tabel 4. Evaluasi Kesesuaian Parameter Hidraulik Unit Koagulasi

No	Parameter	Satuan	Kriteria Desain	Nilai	Keterangan
1	Waktu detensi (td)	s	1 - 5 [5]	1,66	Memenuhi
2	Gradien kecepatan (G)	s^{-1}	≥ 750 [5]	679,49	Belum memenuhi
3	Bilangan Camp (Gtd)	-	600 - 10.000 [5]	1.127,95	Memenuhi

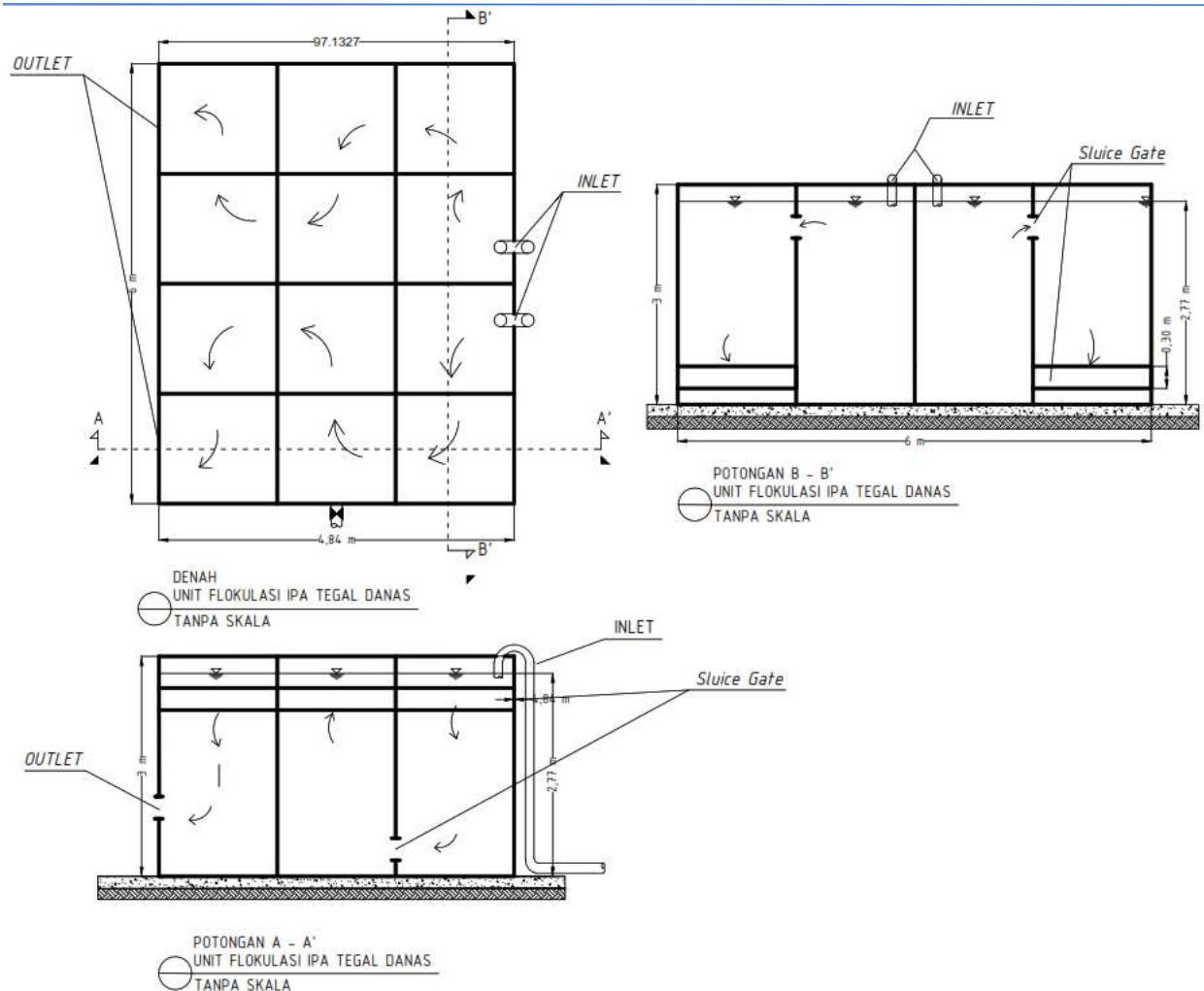
Sumber: Hasil Perhitungan, 2026

Nilai gradien kecepatan (G) sebesar $679,49 s^{-1}$ berada sedikit di bawah kriteria desain sebesar $750 s^{-1}$ [5]. Kondisi ini menunjukkan bahwa intensitas pencampuran pada unit koagulasi belum optimal sehingga koagulan berpotensi tidak terdistribusi secara merata ke seluruh volume air. Akibatnya, proses destabilisasi partikel koloid menjadi kurang efektif, sehingga pembentukan mikroflok pada tahap awal koagulasi dapat berkurang [13]. Mikroflok yang terbentuk dalam jumlah lebih sedikit atau berukuran kecil akan memengaruhi proses flokulasi, karena peluang terjadinya tumbukan antarmikroflok untuk membentuk flok yang lebih besar menjadi menurun [8]. Dampak lanjutannya adalah efisiensi pengendapan pada unit sedimentasi dapat berkurang sehingga beban padatan yang masuk ke unit filtrasi meningkat.

Perbaikan dapat dilakukan dengan meningkatkan intensitas pencampuran melalui penyesuaian kecepatan aliran sesuai kondisi operasional. Selain itu, modifikasi desain *static mixer*, seperti penyesuaian panjang, diameter, jumlah, atau bentuk elemen pencampur, dapat meningkatkan turbulensi dan distribusi koagulan tanpa menambah kebutuhan energi secara signifikan [2] [25].

3.6 Evaluasi Unit Flokulasi

Flokulasi pada IPA X berlangsung secara hidrolis melalui enam kompartemen berbaffle yang berfungsi menggabungkan mikroflok hasil koagulasi menjadi flok yang berukuran lebih besar dan lebih padat sehingga mudah diendapkan pada unit sedimentasi. Pengadukan pada sistem ini memanfaatkan energi hidraulik yang dihasilkan oleh perubahan arah aliran akibat adanya *baffle*, sehingga tidak memerlukan peralatan mekanis. Gambar unit flokulasi dapat dilihat pada **Gambar 5** dan hasil evaluasi dilihat pada **Tabel 5**.



Gambar 5. Unit Flokulasi IPA X

Tabel 5. Evaluasi Kesesuaian Parameter Hidraulik Unit Flokulasi

No	Parameter	Satuan	Kriteria Desain	Nilai	Keterangan
1	Waktu detensi (td)	menit	30 - 45 [16]	33,58	Memenuhi
2	Gradien kecepatan (G)	s^{-1}	5 - 60 [6]	0,197	Belum memenuhi
3	Bilangan Camp (Gtd)	-	10.000 - 100.000 [6]	396,87	Belum memenuhi
4	Jumlah tahap flokulasi	buah	6 - 10 [16]	6	Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2026.

Nilai gradien kecepatan (G) sebesar $0,197 s^{-1}$ dan bilangan Camp (Gt) sebesar 396,87 berada di bawah rentang kriteria desain [6]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengadukan pada unit flokulasi belum cukup kuat untuk meningkatkan tumbukan antarflok kecil (*mikroflok*). Akibatnya, penggabungan partikel menjadi flok yang lebih besar tidak berlangsung secara optimal sehingga flok yang terbentuk cenderung berukuran kecil dan mudah pecah. Flok yang berukuran kecil akan lebih sulit mengendap di unit sedimentasi sehingga lebih banyak padatan tersuspensi yang terbawa ke unit filtrasi.

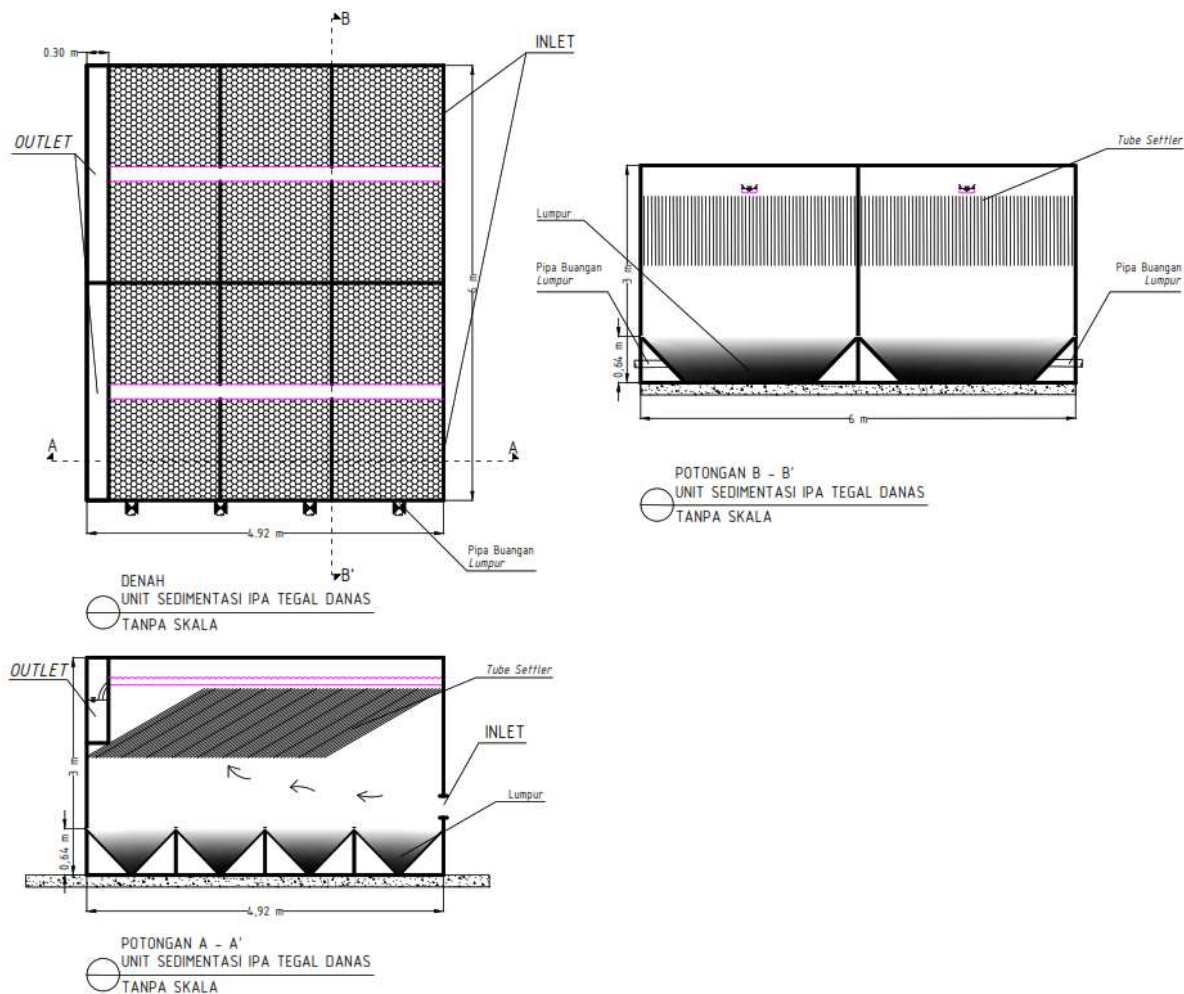
Bilangan Camp (Gt) merupakan parameter yang menggambarkan kombinasi antara intensitas pengadukan dan waktu pengadukan selama proses flokulasi. Nilai Gt yang terlalu rendah menunjukkan bahwa energi pengadukan yang diberikan belum mencukupi untuk mendorong pembentukan flok secara efektif. Sebaliknya, nilai Gt yang terlalu tinggi dapat menyebabkan flok yang telah terbentuk pecah akibat gaya geser yang berlebihan [10]. Oleh karena itu, proses flokulasi perlu dioperasikan pada rentang G dan Gt yang sesuai agar terbentuk flok yang berukuran besar, padat, dan mudah mengendap.

Perbaikan unit flokulasi dapat dilakukan melalui penyesuaian kondisi hidraulik untuk meningkatkan kehilangan energi (*headloss*) sehingga nilai gradien kecepatan (G) dan bilangan Camp (Gt)

mendekati kriteria desain. Selain itu, inspeksi dan pembersihan bukaan aliran serta *baffle* perlu dilakukan secara berkala guna menjaga distribusi aliran tetap optimal.

3.7 Evaluasi Unit Sedimentasi

Unit sedimentasi IPA X dilengkapi dengan *tube settler* untuk meningkatkan efisiensi proses pengendapan partikel hasil koagulasi dan flokulasi. Penggunaan *tube settler* memperpendek jarak jatuh partikel menuju permukaan pengendapan sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mengendap menjadi lebih singkat. Selain itu, *tube settler* meningkatkan luas permukaan pengendapan efektif (*effective settling area*) tanpa menambah dimensi bak, sehingga kapasitas pengolahan dan efisiensi penyisihan padatan tersuspensi dapat ditingkatkan [22]. Gambar unit sedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 6** dan hasil rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 6**.



Gambar 6. Unit Sedimentasi IPA X

Tabel 6. Evaluasi Kesesuaian Parameter Hidraulik Unit Sedimentasi

No	Parameter	Satuan	Kriteria Desain	Nilai	Keterangan
1	Rasio panjang : lebar	-	3:1 - 5:1 [30]	1,64	Belum memenuhi
2	Beban permukaan (V_t)	$m^3/m^2.jam$	3,8 - 7,5 [16]	4,87	Memenuhi
3	Kedalaman bak (h)	m	3 - 6 [16]	3	Memenuhi
4	Kecepatan tube settler (v_o)	m/menit	maks. 0,15 [16]	0,094	Memenuhi
5	Waktu detensi (td)	menit	< 120 [30]	26,20	Memenuhi

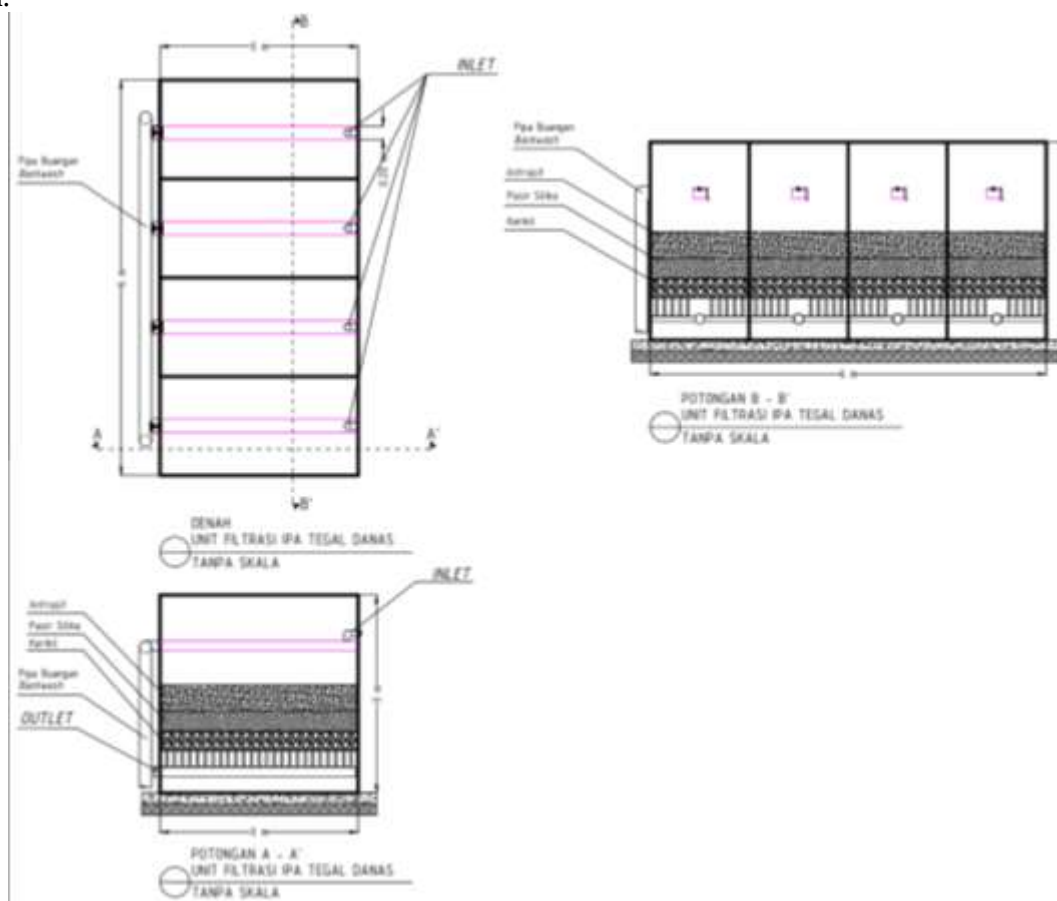
Sumber: Hasil Perhitungan, 2026.

Rasio panjang terhadap lebar bak sedimentasi sebesar 1,64 berada di bawah rentang kriteria 3:1 hingga 5:1 [30]. Rasio yang terlalu kecil menunjukkan bahwa bak relatif lebih lebar dibandingkan panjangnya sehingga berpotensi menyebabkan terjadinya aliran pendek. Kondisi ini membuat sebagian aliran air mengalir lebih cepat menuju outlet tanpa memanfaatkan seluruh volume bak untuk proses pengendapan. Akibatnya, efisiensi penyisihan partikel menurun dan beban padatan yang masuk ke unit filtrasi dapat meningkat. Perbaikan dapat dilakukan dengan memodifikasi dimensi bak sedimentasi sehingga rasio panjang terhadap lebar mendekati kriteria desain.

3.8 Evaluasi Unit Filtrasi

Unit filtrasi IPA X menggunakan sistem *rapid sand filter* gravitasi terbuka berkonstruksi baja dengan media antrasit setebal 400 mm dan pasir silika setebal 300 mm. Ketebalan media dan kecepatan filtrasi sebesar 7,92 m/jam telah memenuhi kriteria desain SNI 6774:2008, masing-masing sebesar 400-500 mm untuk antrasit, 300-700 mm untuk pasir silika, dan 6-11 m/jam untuk kecepatan filtrasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa unit filtrasi telah memenuhi kriteria desain sehingga mampu mendukung penyisihan padatan tersuspensi yang lolos dari unit sedimentasi. Gambar unit filtrasi dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Meskipun demikian, hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa penggunaan bak filtrasi terbuka yang terpapar sinar matahari secara langsung berpotensi memicu pertumbuhan alga apabila air hasil sedimentasi masih mengandung nutrisi. Pertumbuhan alga dapat membentuk biofilm pada media filter yang meningkatkan *headloss*, mempercepat penyumbatan media, menurunkan efisiensi filtrasi, serta meningkatkan frekuensi *backwash*. Selain itu, biomassa alga yang terlepas dari media filter berpotensi terbawa ke reservoir dan menurunkan kualitas air hasil pengolahan. Oleh karena itu, pertumbuhan alga perlu dikendalikan melalui pemasangan penutup pada bak filtrasi atau pembersihan media filter secara berkala.



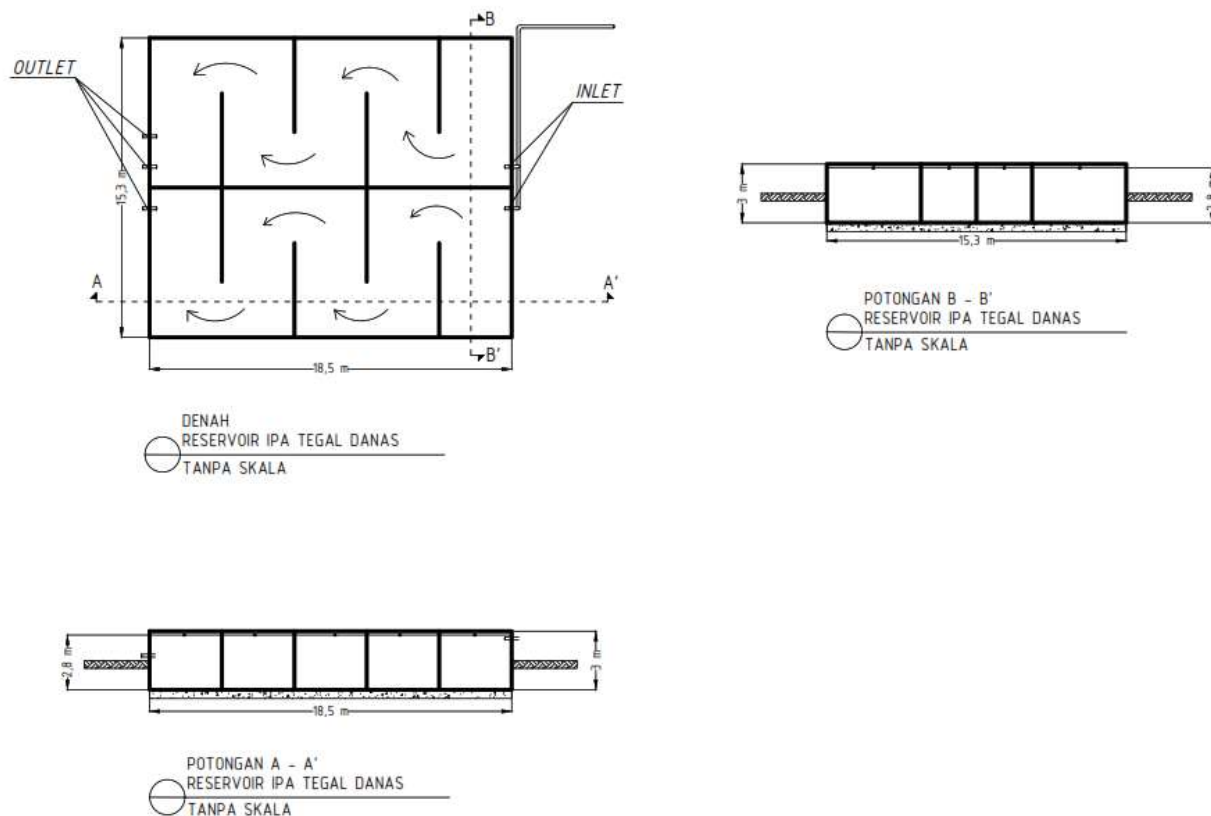
Gambar 7. Unit Filtrasi IPA X

3.9 Evaluasi Reservoir

Air hasil filtrasi dialirkan menuju dua unit *ground storage reservoir* yang masing-masing memiliki kapasitas 396,27 m³. Reservoir berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara sebelum air didistribusikan ke pelanggan sekaligus sebagai lokasi proses desinfeksi menggunakan kaporit. Hasil

evaluasi menunjukkan waktu detensi reservoir sebesar 5,94 jam, lebih besar dari kriteria minimum 1 jam [30].

Hasil observasi menunjukkan bahwa manhole reservoir tidak dapat ditutup rapat karena adanya pipa injeksi kaporit yang melintasi bukaan. Kondisi tersebut berpotensi menjadi jalur masuknya debu, serangga, air hujan, maupun kontaminan lain dari lingkungan sekitar ke dalam reservoir. Selain itu, masuknya cahaya matahari melalui celah manhole dapat mempercepat penguraian klorin bebas sehingga konsentrasi klorin sisa menurun. Penurunan kadar klorin sisa dapat mengurangi efektivitas desinfeksi dan meningkatkan risiko pertumbuhan kembali mikroorganisme selama penyimpanan maupun distribusi air. Oleh karena itu, perbaikan sistem penutup manhole serta penyesuaian posisi pipa injeksi kaporit perlu dilakukan untuk meminimalkan potensi kontaminasi dan menjaga efektivitas proses desinfeksi. Gambar unit reservoir dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Unit Reservoir IPA X

3.10 Unit Pengolahan Lumpur

Pengolahan lumpur hasil proses produksi pada IPA X menggunakan *Sludge Drying Bed* (SDB), yaitu metode pengeringan lumpur yang memanfaatkan proses drainase dan evaporasi secara alami untuk menurunkan kadar air lumpur sebelum dibuang atau dimanfaatkan lebih lanjut. Teknologi ini banyak diterapkan pada instalasi pengolahan air karena memiliki konstruksi yang sederhana, biaya operasi dan pemeliharaan yang relatif rendah, serta efektif untuk mengurangi volume lumpur [14]. Namun, kinerja SDB sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim, terutama intensitas curah hujan, suhu udara, kelembapan, dan penyinaran matahari yang menentukan laju pengeringan lumpur [17].

Hasil observasi menunjukkan bahwa air buangan hasil *backwash* dari unit filtrasi dialirkan ke *sludge drying bed* (SDB) bersama lumpur hasil sedimentasi. Kondisi tersebut meningkatkan beban hidraulik SDB sehingga proses pemisahan air dan pengeringan lumpur menjadi lebih lambat. Akibatnya, kapasitas efektif SDB berkurang dan waktu yang diperlukan sebelum lumpur dapat diangkut menjadi lebih panjang. Apabila kondisi ini terus berlangsung, kapasitas unit pengolahan lumpur berpotensi tidak mencukupi sehingga menyebabkan penumpukan lumpur dan mengganggu kontinuitas pengurasan lumpur dari unit sedimentasi. Oleh karena itu, pengelolaan air *backwash* perlu dioptimalkan, misalnya melalui pembangunan bak penampung atau bak pengendap awal sebelum dialirkan ke SDB.

3.11 Kualitas Air Produksi

Air hasil produksi IPA X diuji setiap bulan dan dibandingkan dengan baku mutu air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hampir seluruh parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi telah memenuhi baku mutu. Namun, pada bulan November masih ditemukan kadar kromium heksavalen (Cr(VI)) sebesar <0,02 mg/L yang melebihi batas maksimum sebesar 0,01 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses pengolahan secara umum telah berjalan dengan baik, tetapi masih terdapat potensi kontaminasi logam berat yang perlu mendapat perhatian.

Cr(VI) merupakan logam berat yang bersifat toksik dan karsinogenik sehingga keberadaannya dalam air minum perlu dikendalikan melalui pemantauan kualitas air secara berkala serta evaluasi terhadap sumber kontaminasi dan kondisi jaringan distribusi [19] [9]. Oleh karena itu, keberadaan Cr(VI) dalam air minum harus dikendalikan agar tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Korosi pada komponen perpipaan berbahan logam yang mengandung kromium serta kondisi oksidatif akibat keberadaan sisa klor diduga berkontribusi terhadap pembentukan Cr(VI) [4].

Selain potensi keberadaan Cr(VI), efektivitas proses desinfeksi juga perlu diperhatikan melalui pemantauan kadar sisa klor pada air hasil produksi. Hasil pengukuran sisa klor pada Reservoir menunjukkan konsentrasi berkisar antara 0,1-0,2 mg/L, masih berada di bawah batas maksimum 1,5 mg/L [18]. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sisa klor masih tersedia pada reservoir, namun konsentrasinya berpotensi menurun selama proses distribusi. Oleh karena itu, pemantauan sisa klor pada beberapa titik jaringan distribusi perlu dilakukan untuk memastikan efektivitas desinfeksi hingga ke konsumen. Apabila konsentrasi sisa klor tidak memenuhi kisaran yang dipersyaratkan pada jaringan distribusi, dosis klor perlu dievaluasi dan disesuaikan dengan karakteristik air serta kondisi distribusi.

Tabel 7. Rekapitulasi Kualitas Air Produksi IPA X

Parameter	Baku Mutu	Hasil Evaluasi
<i>Escherichia coli</i>	0 CFU/100 mL	Memenuhi
Total coliform	0 CFU/100 mL	Memenuhi
Parameter fisik (suhu, TDS, kekeruhan, warna, bau)	Permenkes No. 2 Tahun 2023	Memenuhi
pH	6,5-8,5	Memenuhi
Nitrat	20 mg/L	Memenuhi
Nitrit	3 mg/L	Memenuhi
Besi (Fe)	0,2 mg/L	Memenuhi
Mangan (Mn)	0,1 mg/L	Memenuhi
Kromium heksavalen (Cr(VI))	0,01 mg/L	Tidak memenuhi pada bulan November (<0,02 mg/L)
Aluminium	0,2 mg/L	Memenuhi

Sumber: IPA X Kabupaten Bekasi, 2023.

4. Kesimpulan

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kualitas air baku Sungai Kalimalang masih berfluktuasi dan beberapa parameter, yaitu BOD, COD, nitrit, dan mangan, melebihi baku mutu PP Nomor 22 Tahun 2021. Berdasarkan evaluasi terhadap kriteria desain, unit intake, bak pengumpul, filtrasi, dan reservoir telah memenuhi sebagian besar persyaratan. Namun, unit koagulasi belum memenuhi kriteria gradien kecepatan (G), unit flokulasi belum memenuhi kriteria gradien kecepatan (G) dan bilangan Camp (Gt), sedangkan unit sedimentasi belum memenuhi rasio panjang terhadap lebar bak. Hasil pengujian kualitas air produksi menunjukkan bahwa hampir seluruh parameter telah memenuhi baku mutu air minum berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, kecuali kromium heksavalen (Cr(VI)) yang melebihi ambang batas pada salah satu periode pengujian. Secara umum, IPA X telah beroperasi dengan baik, namun masih diperlukan perbaikan pada beberapa unit pengolahan dan aspek operasional untuk meningkatkan efisiensi proses serta menjamin kualitas air hasil produksi.

Perbaikan disarankan difokuskan pada optimalisasi unit koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi agar memenuhi kriteria desain. Selain itu, pemeliharaan rutin terhadap intake, bak pengumpul, unit filtrasi, reservoir, serta jaringan distribusi perlu ditingkatkan untuk mencegah penurunan kinerja instalasi dan menjaga kualitas air hasil produksi secara berkelanjutan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Ariyansah, R., Rahardja, I. B., and Gamayel, A. (2020). Analisis desain static mixer pipe untuk meningkatkan proses koagulasi di external water treatment plant (Wtp). *Jurnal asimetrik: jurnal ilmiah rekayasa & inovasi*, 95–106.
- [2] Association, A. W. W. (1996). Management of Water Treatment Plant Residuals: Technology Transfer Handbook. ASCE Publications.
- [3] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bekasi (2023). Kabupaten Bekasi Dalam Angka .
- [4] Brandhuber, P. (2005). Low-Level Hexavalent Chromium Treatment Options. American Water Works Association.
- [5] Davis, M. L. (2010). Water and Wastewater Engineering. McGraw-Hill, Inc.
- [6] Droste, R. L. and Gehr, R. L. (2018). Theory and practice of water and wastewater treatment. John Wiley & Sons.
- [7] Effendi, H. (2003). Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan sumber daya dan perairan. PT Kanisius.
- [8] Hendrawati, H., Sumarni, S., and Nurhasni, N. (2016). Penggunaan kitosan sebagai koagulan alami dalam perbaikan Kualitas air danau. *Jurnal Kimia VALENSI*, 1, (1), 1–11.
- [9] Jadaa, W. and Mohammed, H. (2023). Heavy metals—definition, natural and anthropogenic sources of releasing into ecosystems, toxicity, and removal methods—an overview study. *Journal of Ecological Engineering*, 24, (6), 249–271.
- [10] Jarvis, P., Jefferson, B., Gregory, J., and Parsons, S. A. (2005). A review of floc strength and breakage. *Water research*, 39, (14), 3121–3137.
- [11] Juliandhika, R. M. S. (2015). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air (IPA) Penet. *Denpasar: Universitas Udayana*.
- [12] Keeney, D. R. and Nelson, D. W. (1982). Nitrogen inorganic forms. *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 643–698.
- [13] Mastiadi Tamjidillah; Herry Irawansyah (2020). Model for Mixing Process Improvement at Water Treatment Plant by Integrating Lean Manufacturing and Parameter Design. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 55, (5).
- [14] Metcalf & Eddy, A. (2014). Wastewater engineering treatment and resource recovery. McGraw-Hill Education.
- [15] Napitupulu, R. T. and Putra, M. H. S. (2024). Pengaruh bod, cod dan do terhadap lingkungan dalam penentuan kualitas air bersih di sungai pesanggrahan. *Civeng: jurnal teknik sipil dan lingkungan*, 5, (2), 79–82.
- [16] Nasional, B. S. (2008). SNI 6774: 2008 Tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. *Bandung: BSN*.
- [17] Nugraha, R. P. (2020). Evaluasi Unit Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Betoयोगuci Di Kabupaten Gresik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [18] Organization, W. H. (2017). Principles and practices of drinking-water chlorination: a guide to strengthening chlorination practices in small-to medium sized water supplies.
- [19] Organization, W. H. (2022). Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda. World Health Organization.
- [20] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. .
- [21] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. .
- [22] Qasim, S. R., Motley, E. M., and Zhu, G. (2000). Water works engineering: planning, design, and operation. Prentice Hall.
- [23] Rarasari, D. M. G., Restu, I. W., and Ernawati, N. M. (2018). Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar, Bali. *J. Mar. Aquat. Sci*, 5, (2), 153.
- [24] Rayhan, N. N., Samudra, S. R., and Sarasati, W. (2024). Analisis Kadar BOD dan COD di Perairan Waduk Panglima Besar Soedirman, Banjarnegara, Jawa Tengah. *MAIYAH*, 3, (2), 75–84.
- [25] Sari, S. P. C., Kusumadewi, R. A., and Winarni, W. (2023). The Use of A Static Mixer for The Coagulation Unit in The Duren Seribu II Water Treatment Plant. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 7, (1), 11–16.
- [26] Sawyer, C. N., McCarty, P. L., and Parkin, G. F. (2003). Chemistry for environmental engineering and science. McGraw-Hill New York.

- [27] Stumm, W. and Morgan, J. J. (2013). Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters. John Wiley & Sons.
- [28] Suryani, A. S. (2016). Persepsi masyarakat dalam pemanfaatan air bersih (Studi kasus masyarakat pinggir sungai di Palembang). *Aspirasi: Jurnal Masalah-masalah Sosial*, 7, (1), 33–48.
- [29] Widiyono, M. G. and Hariyanto, B. (2016). Analisis neraca air metode thornthwaite mather kaitannya dalam pemenuhan kebutuhan air domestik di daerah potensi rawan kekeringan di Kecamatan Trowulan Kabupaten Mojokerto. *Swara Bhumi*, 1, (01), 10–17.
- [30] Witjaksono, R. F. and Sururi, M. R. (2023). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Babakan Pada Perumdam TKR Kabupaten Tangerang. *J. Serambi Eng*, 8, (1), 4445–4453.
- [31] Yohannes, B. Y., Utomo, S. W., and Agustina, H. (2019). Kajian Kualitas Air Sungai dan Upaya Pengendalian Pencemaran Air: Studi di Sungai Krukut, Jakarta Selatan. *IJEEM-Indonesian Journal of Environmental Education and Management*, 4, (2), 136–155.