

Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Kimia PT X

Yalka Sabilla*, Eka Wardhani

Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional, Bandung

*Koresponden email: yalkasabilla849@gmail.com

Diterima: 21 Desember 2025

Disetujui: 14 Januari 2026

Abstract

The wastewater treatment plant of PT X, a chemical polymer industry, was evaluated to assess its performance in treating wastewater to meet industrial environmental quality standards. This evaluation includes an analysis of effluent quality based on BOD, COD, TSS, TDS, pH, and temperature parameters. Secondary data from PT X's laboratory testing showed non-compliance with standards based on the Minister of Environment Regulation Number 05 of 2014, particularly for COD and BOD parameters. The efficiency of the wastewater treatment plant in reducing parameters was COD 97.7%, BOD 97.7%, TSS 99%, and a TDS value of -289.3%. The design evaluation showed that several treatment units, such as the coagulation-flocculation tank, were located in the same unit and had the same speed. Additionally, the coagulation detention time exceeded the design criteria by 11,833.2 seconds. This causes wastewater treatment to not function optimally. To improve the performance of the WWTP, it is recommended to adjust the volume of some treatment units, optimize operational parameters, and conduct regular monitoring to ensure the system continues to operate optimally.

Keywords: *wastewater treatment, industrial waste, chemical oxygen demand, total dissolved solid*

Abstrak

Instalasi pengolahan air limbah industri kimia polimer PT X dievaluasi untuk menilai kinerjanya dalam mengolah air limbah agar dapat memenuhi baku mutu lingkungan industri. Evaluasi ini mencakup analisis kualitas effluen berdasarkan parameter BOD, COD, TSS, TDS, pH dan temperatur. Data sekunder dari pengujian laboratorium PT X menunjukkan ketidaksesuaian parameter berdasarkan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 khususnya parameter COD dan BOD. Efisiensi IPAL dalam menurunkan parameter yaitu COD 97,7%, BOD 97,7%, TSS 99% dan nilai TDS sebesar -289,3%. Evaluasi desain menunjukkan bahwa beberapa unit pengolahan seperti bak koagulasi-flokulasi berada pada unit yang sama serta memiliki kecepatan yang sama. Selain itu, waktu detensi koagulasi yang melebihi kriteria desain sebesar 11.833,2 detik. Hal ini menyebabkan pengolahan air limbah tidak berjalan optimal. Untuk meningkatkan kinerja IPAL direkomendasikan penyesuaian volume beberapa unit pengolahan, optimalisasi parameter operasional, serta pemantauan berkala agar sistem tetap berjalan optimal.

Kata Kunci: *pengolahan air limbah, limbah industri, chemical oxygen demand, total dissolved solid*

1. Pendahuluan

Industri kimia polimer merupakan salah satu industri yang berkembang di Asia Pasifik termasuk Indonesia dan memiliki peran penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia modern. Salah satu industri yang berhubungan dengan industri kimia polimer yaitu industri PT.X yang memproduksi bahan dasar baku untuk bahan pelapis dan perekat kedap air yaitu *styrene acrylic polymer* berwarna putih susu. *Styrene Acrylic Polymer* adalah tipe kopolimer dengan kombinasi stirena dan *acrylic monomer* [1]. Polimer ini banyak diaplikasikan seperti pada pengaplikasian untuk cat lateks dan perekat [2]. Adanya industri kimia polimer dikarenakan permintaan akan produk seperti bahan kimia anti air terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan perkembangan industri di Asia Pasifik serta pembangunan infrastruktur yang signifikan menyebabkan kebutuhan untuk melindungi bangunan, jembatan atau struktur lain dari efek infiltrasi air yang merugikan meningkat [3].

Karakteristik limbah cair kimia PT X umumnya memiliki kadar parameter COD, BOD yang tinggi [4]. Tidak hanya itu, limbah polimer industri mengandung sisa polimer dalam air dan memiliki tingkat padatan tersuspensi bahan organik yang lebih tinggi [5]. Limbah ini biasanya berwarna seperti susu yang mengandung partikel padatan yang terdispersi halus. Limbah cair industri polimer yang dibuang hasil dari proses pembuatan poli-asam akrilat mengandung monomer asam akrilat (AA) yang tidak bereaksi sehingga menyebabkan air limbah bersifat asam [6]. Air limbah milik PT X diolah secara

fisika kimia, pengolahan ini bertujuan untuk menurunkan kadar parameter pencemar sehingga effluen memenuhi baku mutu. Pengolahan yang dilakukan salah satunya koagulasi dan flokulasi. Koagulasi dan flokulasi merupakan salah satu proses pengolahan limbah cair konvensional yang banyak digunakan dalam pengolahan primer limbah industri karena menurut [7] metode ini mudah diaplikasikan, mampu mengolah limbah hingga memenuhi baku mutu dan memiliki proses yang sederhana. Pengolahan limbah cair koagulasi dan flokulasi pada PT X belum terdapat dosis optimum dalam penambahan koagulan dan flokulan. Tidak hanya itu, proses pengolahan selain koagulasi flokulasi pada IPAL PT X dapat berpengaruh terhadap kandungan parameter. Limbah cair kimia polimer dapat mencemari lingkungan serta organisme akuatik lainnya toksik jika tidak diolah dengan benar sebelum dibuang ke lingkungan karena beberapa monomer bersifat toksik seperti asam akrilat maka limbah cair perlu diolah sesuai dengan standar lingkungan yang berlaku [6] Selain itu, berbagai jenis hasil produk dari proses pengolahan bahan baku kimia yang dapat digunakan di berbagai sektor diproduksi oleh industri kimia polimer menggunakan *additives, binder* yang dapat mencemari lingkungan [8].

Berdasarkan permasalahan di atas maka perlu dilakukan keseluruhan evaluasi IPAL milik PT X termasuk proses koagulasi dan flokulasi. Beberapa penelitian terkait pengolahan limbah polimer dengan metode koagulasi atau flokulasi diantaranya dilakukan oleh [5] dan [6] menggunakan koagulan *Aluminium Sulfat* ($Al_2(SO_4)_3$) dan anionic *polyacrylamide* sebagai flokulan. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat dalam pengolahan limbah cair industri khususnya limbah cair kimi sejenis.

PT X merupakan industri kimia yang menghasilkan limbah cair berbahaya. Berdasarkan laporan perusahaan terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu yaitu COD dan BOD sehingga harus diketahui faktor penyebab apa saja yang dapat menyebabkan tingginya kadar parameter tersebut. Bagaimana efisiensi pengolahan limbah cair dan faktor penyebab apa saja yang menyebabkan permasalahan pengolahan limbah cair di PT X?

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini yaitu:

1. IPAL dari proses produksi di PT X merupakan industri kimia yang memproduksi *styrene acrylic polymer* sebagai bahan dasar pelapis kedap air dan perekat.
2. Peraturan yang digunakan yaitu PerMenLHK Nomor 05 Tahun 2014 tentang Usaha dan/atau Kegiatan Yang Belum Memiliki Baku Mutu Air Limbah Yang Ditetapkan lampiran XLVII.
3. Parameter yang dikaji pada penelitian yaitu BOD, COD.
4. Data kuantitas air limbah yang digunakan berdasarkan hasil pemantauan di *inlet* dan *outlet* bulan Maret 2023.
5. Data kualitas air limbah yang digunakan berdasarkan hasil analisis laboratorium di *inlet* bulan Maret dan *outlet* selama 1 tahun yaitu Januari 2023 sampai dengan Desember 2023.

Maksud dari penelitian ini yaitu untuk mengevaluasi unit IPAL PT X. Adapun tujuannya sebagai berikut:

- a) Menganalisis efisiensi dan kualitas limbah cair IPAL PT X
- b) Menganalisis penyebab permasalahan pada kualitas air limbah PT.X

2. Metode Penelitian

Studi pustaka merupakan pengkajian teori-teori yang berkaitan dengan topik penelitian. Kajian tersebut digunakan sebagai acuan dan dilakukan dengan mempelajari kondisi proses produksi di PT.X, karakteristik air limbah cair industri, kualitas dan kuantitas limbah cair di PT.X. Teori yang digunakan menunjang dan mendukung keakuratan data yang dihasilkan dan harus mampu menunjang dalam hal evaluasi.

Pada tahap pengumpulan data, data dibedakan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Sumber yang didapatkan untuk data sekunder diperoleh dari base data yang dimiliki oleh PT X. Untuk data primer didapatkan atau diperoleh dengan cara observasi dan pengecekan secara langsung ke lapangan. Tujuan dari data primer adalah untuk mengetahui kondisi eksisting lingkungan PT X dan juga mengetahui serta mengecek kondisi IPAL eksisting PT X.

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari objek yang diteliti. Pengumpulan data primer ini dilakukan dengan melakukan pengecekan kondisi eksisting di IPAL dan lingkungan PT X. Data primer meliputi observasi eksisting meliputi kondisi *inlet* dan *outlet* IPAL eksisting kemudian wawancara dilakukan dengan metode secara langsung kepada supervisor HSE dan staff HSE PT X. Pertanyaan yang diajukan mengenai kendala, operasi pemantauan dan pemeliharaan. Data primer lainnya yaitu 4 buah 2 liter jerigen sampel air limbah untuk mengetahui karakteristik nilai BOD dan COD serta efisiensi unit proses. Pengujian air sampel limbah dilakukan oleh pihak ketiga berakreditasi.

Data sekunder merupakan data pendukung yang digunakan dalam melengkapi informasi di wilayah studi. Data sekunder diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya atau dapat diperoleh dari data base lokasi penelitian. Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu terkait debit air limbah yang diperoleh dan dihasilkan dari IPALPT X, kualitas air limbah yang dihasilkan, dan desain unit IPAL eksisting. Keseluruhan data sekunder diperoleh dari PT X. Rincian data sekunder yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Sekunder

No	Data	Fungsi Data
1.	Kegiatan dan proses produksi	Mengetahui proses produksi dan berkaitan terkait karakteristik limbah
2.	Dimensi unit IPAL	Untuk mengetahui desain unit eksisting dari IPAL PT X dan untuk bahan evaluasi IPAL
3.	Kuantitas air limbah	Untuk mengetahui jumlah debit yang diperoleh maupun yang dihasilkan dari IPAL eksisting, sebagai cara untuk mempermudah proses evaluasi.
4.	Kualitas air limbah	Untuk mengetahui kualitas yang dihasilkan dari IPAL PT X

Pengolahan data mampu diartikan sebagai proses penyusunan data primer dan sekunder yang telah diperoleh dari berbagai teknik pengumpulan data menjadi suatu laporan yang sistematis dan dapat dengan mudah dipahami. Pengolahan data yang dilakukan yaitu dimulai dengan melakukan evaluasi terhadap sistem pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT X.

Pengolahan data awal yang dilakukan yaitu dengan mengevaluasi sistem IPAL PT X. Evaluasi ini mencakup analisis terhadap kualitas dan kuantitas air limbah yang masuk dan keluar pada IPAL, pengevaluasian ini juga mencakup terhadap kinerja unit-unit proses yang ada. Selain itu evaluasi yang dilakukan ini yaitu untuk meningkatkan efisiensi pengolahan yang ada di IPAL PT X dengan debit baru yang akan direncanakan.

Pemeriksaan debit eksisting merupakan evaluasi vital di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) karena debit merupakan parameter kunci. Untuk memahami kinerja IPAL, debit diukur pada *inlet* guna mengetahui volume air masuk dan pada *outlet* guna mengetahui volume air olahan. Pengukuran ini biasanya dilakukan dengan flowmeter yang terpasang di kedua titik tersebut. Hasil evaluasi debit eksisting ini kemudian dibandingkan dengan debit perencanaan baru sebagai salah satu output penting.

Evaluasi kualitas air limbah eksisting juga memiliki tingkat kepentingan yang tinggi. Hal ini dilakukan guna memastikan efektivitas proses pengolahan dalam IPAL serta kemampuan instalasi dalam menghasilkan air limbah yang memenuhi standar keamanan lingkungan. Pemantauan secara teratur akan menjaga kualitas pengolahan dan mengontrol efisiensinya. Lokasi yang biasa digunakan untuk pengecekan kualitas air limbah adalah titik keluar (*outlet*). Landasan peraturan yang digunakan yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 Lampiran 47.

Dalam konteks Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), efisiensi berfungsi sebagai parameter kunci yang mencerminkan keberhasilan proses pemurnian. Terdapat korelasi positif antara tingkat efisiensi IPAL dan jumlah kontaminan yang tereliminasi sebelum limbah dilepas ke lingkungan. Studi ini mengevaluasi efisiensi IPAL eksisting di PT X untuk mengukur capaian reduksi kontaminan yang telah dicapai. Efisiensi tinggi menunjukkan kinerja yang memadai, sementara efisiensi rendah mengisyaratkan adanya ketidaksesuaian dalam proses pengolahan yang perlu dikoreksi. Kemampuan masing-masing unit pengolahan IPAL dalam menyisihkan parameter air limbah dapat dihitung yaitu dengan menghitung efisiensi penyisihan pengolahan air limbah. Terdapat lima kategori efisiensi IPAL sebagai berikut [9]: sangat efisien $\geq 80\%$, efisien $60\%-80\%$, cukup $40\% - \leq 60\%$, kurang $20\% - \leq 40\%$, dan tidak efisien $\leq 20\%$.

Efisiensi penyisihan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Penyisihan (\%)} = \left(\frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \right) \times 100\% \tag{1}$$

Dimana: C_{in} = Hasil pengujian di *inlet* (mg/l) dan C_{out} = Hasil pengujian di *outlet* (mg/l)

Kualitas air limbah di *outlet* dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan [10], Ketidakesuaian dengan baku mutu menandakan adanya masalah pada proses pengolahan kemudian data-data yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan analisis sesuai dengan keperluan dan diolah untuk dilakukan pembahasan terhadap kinerja proses IPAL untuk dapat mengoptimalkan unit IPAL yang belum optimal. Kesimpulan dan saran berisi penjelasan terkait pada tujuan penelitian yang dilakukan sedangkan saran

berisi perbaikan atau rekomendasi terkait evaluasi IPAL di PT.X Industri Kimia Kabupaten Serang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kegiatan utama yang dilakukan oleh PT. X yaitu resin cair atau polymer dispersi dengan kapasitas produksi yaitu 36.000 ton/tahun. Debit air limbah dihitung dengan menggunakan *flow meter* yang terdapat di *inlet* dan *outlet*. Debit yang dihitung berasal dari air limbah produksi. Debit air limbah yang dihasilkan PT. X setiap bulannya pada Bulan Januari sampai dengan Desember Tahun 2023 ditunjukkan dalam **Tabel 2**.

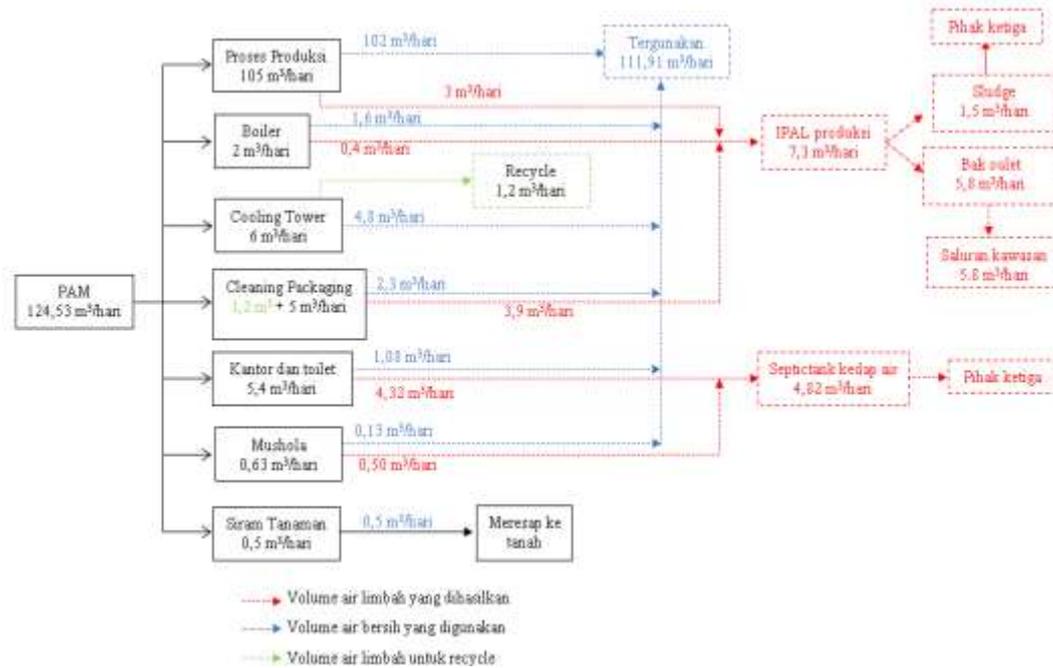
Tabel 2. Debit Air Limbah di *Inlet* dan *Outlet* IPAL PT X

Bulan	Bulan (m ³ /bulan)	
	Inlet	Outlet
Januari	232	186
Februari	214	171
Maret	238	190
April	227	182
Mei	226	181
Juni	198	158
Juli	204	163
Agustus	197	158
September	231	185
Oktober	230	184
November	201	161
Desember	227	182
Rata-rata per bulan (m³/bulan)	218,75	175
Rata-rata per hari (m³/hari)	7,3	5,8

Sumber : PT.X, 2025

Tabel 2 di atas menunjukkan data aliran air pada *inlet* dan *outlet* dalam satuan meter kubik per bulan selama periode satu tahun, dari Januari hingga Desember. Pada *Inlet*, volume air yang masuk bervariasi dari 197 m³/bulan (Agustus) hingga 238 m³/bulan (Maret). Debit air limbah terbesar pada *inlet* terjadi pada Bulan Maret. Secara total, volume air masuk dalam setahun mencapai 2.625 m³ dengan rata-rata 218,8 m³ per bulan sedangkan pada *outlet*, volume air yang keluar juga bervariasi dari 158 m³/bulan (Juni dan Agustus) hingga 190 m³/bulan (Maret). Debit air limbah terbesar pada *inlet* terjadi pada Bulan Maret. Total volume air yang keluar selama satu tahun adalah 2.100 m³ dan rata-rata 175 m³ per bulan

Debit air limbah diukur menggunakan *flow meter*. Debit air limbah dipengaruhi oleh proses produksi. Berdasarkan **Tabel 2**, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang konsisten antara volume air yang masuk dan keluar setiap bulan, dengan nilai *inlet* selalu lebih tinggi dibandingkan *outlet*. Debit *inlet* selalu lebih besar dibandingkan *outlet* dikarenakan adanya proses penyaringan melalui box saringan setelah air melewati *flow meter* di *inlet*. Hal tersebut menyebabkan partikel yang tersaring tidak keluar melalui *outlet*. Selain itu, pembentukan sludge cake pada unit *filter press* dan setiap unit memiliki kapasitas air limbah yang dapat ditampung sehingga masih terdapat air yang tertampung di unit. Kegiatan yang membutuhkan air bersih dan menghasilkan air limbah dibagi menjadi tiga kategori yaitu produksi, kegiatan domestik, dan siram taman. Neraca air PT X ditunjukkan dalam **Gambar 1**.

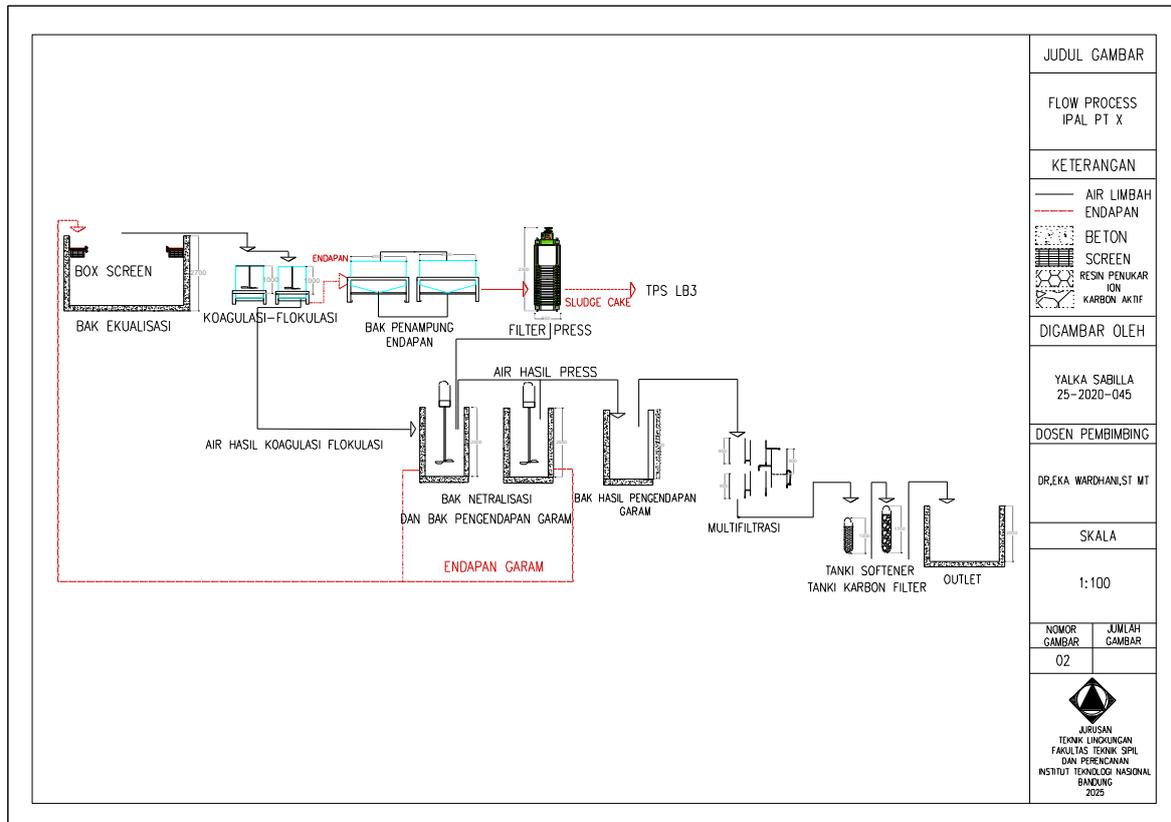


Gambar 1. Neraca Air PT X

Sumber: PT X, 2025

Air limbah yang dihasilkan dari proses produksi PT X kemudian diolah di IPAL. Pengolahan air limbah dilakukan secara fisika dan kimia sebelum air limbah proses produksi dialirkan ke saluran kawasan air limbah. Uraian terkait alur proses IPAL sebagai berikut:

1. Air limbah dari kegiatan proses produksi dan penunjang produksi dialirkan melalui saluran tertutup yang terhubung dengan IPAL. Air limbah masuk melalui *inlet* untuk ditampung pada bak penampung utama air limbah yang dilewatkan terlebih dahulu melalui *screen box* di dalam bak penampung utama.
2. Air limbah yang ditampung di bak penampung utama kemudian dialirkan ke bak koagulasi-flokulasi untuk tahap koagulasi menggunakan koagulan PAC (*Poly Alumunium Chloride*) dan tahap flokulasi menggunakan flokulan *Anionic polymer*.
3. Proses pengolahan air limbah dari bak koagulasi flokulasi menghasilkan 2 fasa, yaitu fasa padat dan fasa cair. Fasa padat yang terbentuk akan terendapkan dikarenakan adanya gaya gravitasi. Fasa padat (endapan) dialirkan dengan bak penampung endapan sedangkan fasa cair disalurkan ke bak netralisasi dan pengendapan garam.
4. Endapan yang berada pada bak sedimentasi kemudian diproses dengan alat *filter press* dikarenakan masih tersedia sisa air yang harus dipisahkan.
5. Proses proses *filter press*, prinsip kerjanya didasarkan pada penyaringan mekanis, dimana cairan dipisahkan dari padatan menggunakan tekanan. Padatan yang terpisah akan membentuk *sludge cake* yang kemudian dibuang ke tempat pembuangan sementara limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun).
6. Air hasil *filter press* kemudian dialirkan ke bak pengendapan garam dan dilakukan netralisasi pH. Pada tahap ini, pH air limbah disesuaikan agar sesuai dengan standar lingkungan.
7. Air yang sudah di netralisasi dialirkan ke bak hasil pengendapan garam.
8. Air hasil pengendapan garam kemudian dialirkan ke unit multifiltrasi, air limbah diproses melalui berbagai jenis filtrasi untuk menghilangkan sisa-sisa partikel dan zat terlarut yang masih ada.
9. Air dari unit multifiltrasi dialirkan menuju ke tangki softener. pada unit ini resin penukar ion menggunakan ion kation *exchange*.
10. Air limbah dari tangki *softener* kemudian dialirkan ke tangki karbon filter. Pada tahap ini, karbon aktif digunakan untuk menyerap bahan kimia organik dan senyawa beracun lainnya dari air limbah, sehingga meningkatkan kualitas air yang telah diolah.
11. Air limbah kemudian dialirkan ke bak *oulet*. Gambar denah dan *flow process* ipal ekisting dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 3. Alur Proses IPAL PT X
Sumber: PT X, 2025

Teknologi sistem pengolahan air limbah yang digunakan oleh PT X memiliki kapasitas sebesar 75,37 m³ dilengkapi dengan teknologi pengolahan secara fisika-kimia. Evaluasi unit IPAL PT X dilakukan dengan menggunakan waktu detensi. Waktu detensi aktual dihitung dengan menggunakan debit rata-rata selama 1 tahun yaitu 7,3 m³/hari. Waktu detensi yang tidak sesuai kriteria desain dapat menyebabkan unit IPAL tidak bekerja secara optimal. Data teknis kondisi IPAL eksisting dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Teknis IPAL Eksisting

Unit	Bentuk	Jumlah Bak/Drum	V Per-Bak/drum (m ³)	Volume Total (m ³)
Screen	Persegi	2	-	-
Bak Ekualisasi	Persegi panjang	1	39,23	39,23
Bak Koagulasi & Flokulasi	Persegi	2	1,00	2,00
Bak Penampung 1	Persegi panjang	2	2,00	4,00
Bak Netralisasi	Persegi panjang	2	6,12	12.236
Bak Hasil Pengendapan Gar Bak Penampung 2	Persegi panjang	2	5,96	11.914
Multifiltrasi	Tabung	6	0,21	1,28
Softener	Tabung	1	0,09	0,0918
Karbon Filter	Tabung	1	0,12	0,12
Bak (Outlet)	Persegi	1	4,50	4,5

Sumber: PT X, 2025

3.2 Karakteristik Air Limbah

Sistem pengolahan air limbah PT X hanya mengolah air limbah dari proses produksi. Kondisi eksisting air limbah PT X memiliki karakteristik berwarna putih susu. Menurut [5] Sher dkk (2013) limbah kimia polimer biasanya berwarna seperti susu yang mengandung partikel padatan yang

terdispersi halus. Tidak hanya itu, limbah polimer industri mengandung sisa polimer dalam air dan memiliki tingkat padatan tersuspensi bahan organik yang lebih. Parameter yang diteliti di *outlet* untuk penelitian sebanyak 6 parameter yaitu temperatur, TDS, TSS, pH, BOD₅ dan COD. Pengukuran karakteristik air limbah dilakukan di *inlet* IPAL oleh pihak ketiga. Akan tetapi, tidak terdapat data kualitas air limbah di *inlet* pada bulan lainnya sedangkan pada bulan Maret terdapat data kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet* sehingga kualitas air limbah di *inlet* IPAL PT X secara keseluruhan diwakili dengan menggunakan data dari bulan Maret. Pengukuran karakteristik air limbah PT. X sebelum adanya pengolahan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Karakteristik Air Limbah di Inlet IPAL Bulan Maret Tahun 2023

No	Parameter	Baku Mutu	Satuan	Hasil Uji Inlet	Keterangan
1	Temperatur	40	°C	28,3	Memenuhi
2	TDS	4.000	mg/L	358	Memenuhi
3	TSS	400	mg/L	36.867	Tidak memenuhi
4	pH	6-9	-	7,57	Memenuhi
5	BOD ₅	150	mg/L	7.887	Tidak memenuhi
6	COD	300	mg/L	39.440	Tidak memenuhi

Sumber: PT.X, 2025

Karakteristik air limbah di *outlet* di IPAL PT. X pada Bulan Januari hingga Desember 2023 ditunjukkan dalam **Tabel 5**.

Tabel 5. Kualitas Air Limbah di Outlet IPAL pada Januari-Desember 2023

Parameter	Baku Mutu	Satuan	Bulan												Keterangan
			Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	
Temperatur	40	°C	27,9	26,9	26,5	27,7	28,2	33,5	29,6	27	29,9	27,8	31,6	28,3	Memenuhi
TDS	4.000	mg/L	415	1.165	1.395	1.038	1.361	1.425	1.252	1.495	1.402	1.319	1.206	1.438	Memenuhi
TSS	400	mg/L	15	16	7,33	1,67	25	29,3	<1	11,7	4,33	2	82,7	18,3	Memenuhi
pH	6-9	-	8	7	7	6,91	6,92	5,93	7,56	6,79	6,47	6,45	6,44	6,69	Memenuhi
BOD ₅	150	mg/L	38,4	108	183	128	146	196	339	355	345	172	180	523	Memenuhi sebagian
COD	300	mg/L	197	543	918	645	733	986	1.698	1.782	1.733	866	904	2.618	Hanya 1 memenuhi

Sumber: PT X, 2025 Keterangan: Warna merah menandakan tidak memenuhi baku mutu

Berdasarkan **Tabel 4** dan **Gambar 5** di atas diketahui karakteristik air limbah PT. X dengan kadar BOD melebihi dari baku mutu golongan II 150 mg/L pada bulan Maret, Juni, Juli, Agustus, September, Oktober, November dan Desember. Sementara itu, konsentrasi COD yang tidak memenuhi baku mutu 300 mg/L terjadi dari Bulan Februari hingga Desember 2023. Data kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet* digunakan untuk menghitung persentase penyisihan parameter. Hal ini agar efektivitas pengolahan di IPAL PT X dapat ditentukan apakah efektif dan sesuai dengan perencanaan atau tidak. Akan tetapi, tidak terdapat data kualitas air limbah di *inlet* pada bulan tertentu sedangkan pada bulan Maret terdapat data kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet* sehingga perhitungan efektivitas penurunan setiap parameter IPAL PT X secara keseluruhan dilakukan dengan menggunakan data dari bulan Maret.

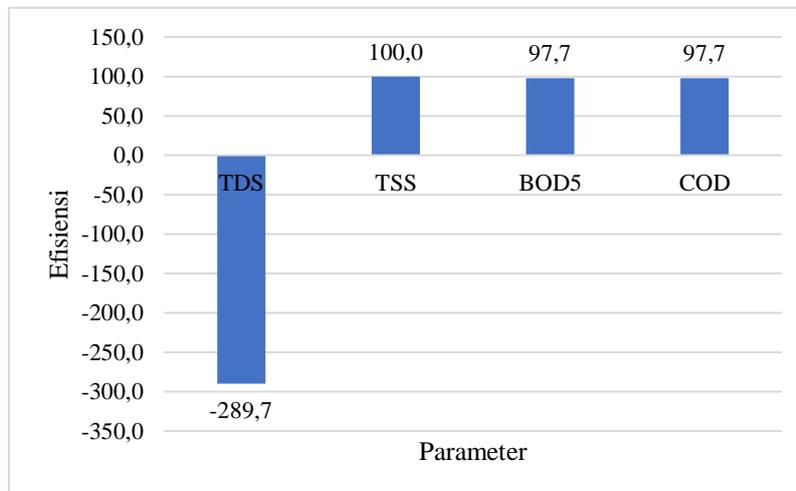
Kemampuan masing-masing unit pengolahan IPAL dalam menyisihkan parameter air limbah dapat dihitung yaitu dengan menghitung efisiensi penyisihan pengolahan air limbah. Data efisiensi pengolahan diperoleh hasil pengukuran kualitas air limbah pada titik masuk (*inlet*) dan titik keluar (*outlet*) yang dilakukan pada bulan Maret 2023 untuk titik inlet dan Januari hingga Desember 2023 pada titik *outlet*. Pemilihan periode pengukuran tersebut didasarkan pada ketersediaan data kualitas air limbah yang terbatas, di mana PT X hanya melakukan pengukuran pada titik inlet sebanyak 1-2 kali dalam setahun. Oleh karena itu analisis evaluasi efisiensi pengolahan air limbah dilakukan berdasarkan data yang tersedia. Hasil perhitungan efisiensi penurunan parameter dari pengolahan IPAL terhadap setiap 6 parameter pada bulan Maret 2023 ditunjukkan dalam **Tabel 6**.

Tabel 6. Kualitas Limbah dan Efisiensi Penurunan Parameter IPAL PT X Maret 2023

No	Parameter	Baku Mutu Golongan II	Satuan	Kualitas Air Limbah		Efisiensi Penurunan (%)	Keterangan
				Hasil Uji Inlet	Hasil Uji Outlet		
1	Temperatur	40	°C	28,3	26,5	-	-
2	TDS	4,000	mg/L	358	1.395	-289,7	Memenuhi
3	TSS	400	mg/L	36.867	7,33	99	Memenuhi
4	pH	6-9	-	7,57	7	-	-
5	BOD ₅	150	mg/L	7.887	183	97,7	Tidak memenuhi
6	COD	300	mg/L	39.440	918	97,7	Tidak memenuhi

Sumber: Analisis, 2025

Berdasarkan **Tabel 6**, efisiensi penyisihan tertinggi yaitu TSS sebesar 99% sedangkan untuk parameter TDS memiliki efisiensi penyisihan paling rendah dengan nilai -289,7%. Sementara itu, persentase penyisihan parameter COD dan BOD memiliki nilai yang sama yaitu 98%. Nilai persentase efisiensi parameter COD di *inlet* sebesar 39.440 mg/L sehingga perlu menyisihkan sebesar 39.140 mg/L agar memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Hasil menunjukkan bahwa pengolahan IPAL PT X menunjukkan konsentrasi COD sebesar 918 mg/L. Hal tersebut artinya parameter COD belum memenuhi baku mutu golongan II sesuai dengan PerMenLHK Nomor 05 Tahun 2014 lampiran 47.



Gambar 4. Hubungan Efisiensi IPAL dengan Parameter Bulan Maret
Sumber: Analisis, 2025

Berdasarkan **Tabel 7** dan **Gambar 4** hubungan efisiensi IPAL terhadap penurunan parameter menunjukkan dua kategori berbeda. Parameter TDS memiliki nilai efisiensi -289,6% berbanding terbalik dengan efisiensi parameter TSS, BOD dan COD memiliki nilai efisiensi pada rentang 97%-99%. Hal ini dikarenakan nilai *inlet* pada parameter TDS memiliki jumlah yang kecil sedangkan pada hasil uji *outlet* kadar TDS meningkat, peningkatan nilai tersebut mengakibatkan nilai efisiensi parameter TDS mengalami penurunan. Standar kualitas limbah cair polimer yang baik dilihat dari parameter COD, BOD yang tinggi dan efisiensi parameter yang baik. Standar kualitas air yang baik dihasilkan melalui proses koagulasi. Koagulan yang digunakan umumnya koagulan PAC. Menurut [11] dalam [12] PAC lebih sering digunakan daripada tawas karena menghasilkan ukuran flok yang lebih besar dan kecepatan pengendapan yang lebih tinggi. Berdasarkan wawancara penambahan koagulan PAC dan flokulan anionik polimer tidak menggunakan metode *jar test*, hal tersebut dapat meningkatkan kadar TDS pada *outlet* IPAL PT X.

Menurut [13] kondisi penambahan koagulan dan flokulan secara berlebihan dapat mengakibatkan pelepasan kation melebihi kebutuhan partikel koloid bermuatan negatif dalam air untuk pembentukan flok, sehingga terjadi penyerapan kation berlebih. Fenomena tersebut berpotensi menimbulkan gaya tolak-menolak antar partikel atau restabilisasi. Penambahan koagulan melebihi dosis optimum akan membuat partikel mengalami pembalikan muatan sebagai proses restabilisasi. Pembalikan muatan yang

terjadi membuat gaya tolak antar partikel semakin besar kembali, sehingga menurunkan efisiensi pemisahan [14]. Penambahan HCL setelah penambahan koagulan dan flokulan juga dapat meningkatkan kadar TDS dalam air limbah dikarenakan pada proses koagulasi flokulasi terjadi pelepasan ion Cl^- [14]. Adanya ion Cl^- ada air limbah dan penambahan injeksi NaOH dapat menambah nilai TDS pada air limbah. selain itu tidak adanya penentuan dosis *jar test* dalam penambahan koagulan dan flokulan dapat menyebabkan *overdosis* dimana restabilisasi partikel atau tambahan kadar COD dari Al^{3+} terlarut yang tidak terendapkan dalam air dimana Al^{3+} bersifat reaktif terhadap oksidator seperti dikromat dalam uji COD [15].

Berdasarkan pandangan [13] sesuai dengan kondisi eksisting dimana penambahan koagulan PAC 5% dan flokulan anionik polimer 0,05% tidak menggunakan *jar test* kemudian pada proses netralisasi IPAL PT X berdasarkan wawancara dilakukan penambahan NaOH 48% ke bak netralisasi I dan bak neralisasi II secara manual untuk menetralkan pH. Penambahan NaOH dilakukan ketika bak netralisasi I sudah terisi air hasil koagulasi dan flokulasi. tersebut dapat menghasilkan ion Na^+ . Ion-ion tersebut dapat larut dan meningkatkan kadar TDS di *outlet* IPAL PT X. Sementara itu, nilai *inlet* parameter TSS sebesar 36.867 mg/L, BOD 7.887 mg/L, dan COD 39.440 mg/L sedangkan untuk nilai *outlet* nya memiliki nilai masing-masing yaitu 7,33 mg/L, 183 mg/L dan 918 mg/L.

Data efisiensi pengolahan pada **Tabel 6** diperoleh hasil pengukuran kualitas air limbah pada titik masuk (*inlet*) dan titik keluar (*outlet*) yang dilakukan pada bulan Maret 2023 untuk titik inlet dan Januari hingga Desember 2023 pada titik *outlet*. Pemilihan periode pengukuran tersebut didasarkan pada ketersediaan data kualitas air limbah yang terbatas, di mana PT X hanya melakukan pengukuran pada titik inlet sebanyak 1-2 kali dalam setahun. Oleh karena itu, diperlukan pengujian sampel air limbah untuk menganalisis efisiensi pengolahan air limbah per unit proses.

Pengukuran pada titik masuk dan keluar dari setiap unit pengolahan di IPAL PT X bertujuan untuk mengevaluasi kinerja masing-masing unit dalam mengurangi beban pencemaran. Data hasil pengukuran ini kemudian digunakan untuk menghitung efisiensi pengolahan setiap unit. Dengan demikian dapat diketahui sejauh mana setiap unit berkontribusi dalam mencapai tujuan pengolahan untuk menghasilkan efluen yang memenuhi baku mutu. Data efisiensi pengolahan air limbah PT X dapat dilihat **Tabel 7**.

Tabel 7. Data Efisiensi Pengolahan Air Limbah Per Unit Proses PT X Bulan Agustus 2025

No	Unit Proses	Parameter	Baku Mutu	Hasil Uji	Efisiensi Pengurangan (%)
1.	Inlet	BOD	150	643,47	-
		COD	300	4446,67	-
2.	Setelah Koagulasi-Flokulasi	BOD	150	550	14,52
		COD	300	3.800	14,54
3.	Setelah Bak Pengendapan	BOD	150	500	9,09
		COD	300	3.000	21,05
4.	Setelah Multifiltrasi	BOD	150	100	80
		COD	300	950	68,33

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Efisiensi pengolahan limbah PT X yang dapat dilihat pada **Tabel 7**, nilai BOD (643,47 mg/L) dan COD (4446,67 mg/L) di inlet sangat tinggi, menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan dari PT X mengandung beban pencemar organik yang sangat besar. Rasio BOD/COD = 0,14 dari data pada **Tabel 7** mengonfirmasi bahwa limbah ini sangat sulit diuraikan secara biologis. Sebagian besar polutannya adalah senyawa organik kompleks (monomer/polimer) yang tidak bisa dimakan oleh mikroba. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan pengolahan fisik-kimia yang dipilih sudah tepat.

Efisiensi pada proses setelah unit proses koagulasi-flokulasi menunjukkan COD turun 14,54% dan BOD turun 14,52%. Efisiensi yang relatif rendah pada unit ini adalah indikator yang kuat bahwa prosesnya tidak berjalan secara optimal kemudian terjadi penurunan pada proses setelah bak pengendapan garam terjadi tambahan penurunan sebesar 21,05% untuk COD dan 9,09% untuk BOD dari titik sebelumnya. Unit ini bekerja cukup efektif, terutama dalam menyisihkan COD. Penurunan ini berasal dari pengendapan flok-flok yang terbentuk di unit koagulasi-flokulasi serta pengendapan garam tertentu. Efisiensi penyisihan BOD yang lebih rendah dapat terjadi karena BOD lebih banyak berasal dari materi terlarut yang tidak mudah diendapkan. Setelah unit multifiltrasi, terjadi penyisihan sebesar menyisihkan 68,33% COD dan 80% BOD dari titik sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa unit ini bekerja dengan cukup baik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT X, dapat disimpulkan bahwa: Kinerja IPAL secara umum belum optimal, terutama pada parameter BOD dan COD yang secara konsisten tidak memenuhi baku mutu berdasarkan PerMenLHK Nomor 05 Tahun 2014. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan fisika-kimia yang diterapkan belum mampu menyisihkan beban organik secara maksimal. Efisiensi penyisihan antar parameter menunjukkan variasi yang signifikan. TSS memiliki efisiensi tertinggi (99%), sedangkan TDS memiliki efisiensi negatif (-289,7%) akibat peningkatan konsentrasi di outlet.

Peningkatan TDS berkaitan dengan penambahan PAC, flokulan, serta NaOH yang dilakukan tanpa jar-test dan tanpa kontrol dosis, sehingga menyebabkan restabilisasi dan peningkatan ion terlarut. Unit koagulasi-flokulasi tidak bekerja optimal, dibuktikan dengan efisiensi penyisihan COD dan BOD yang hanya sekitar 14%. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan, waktu detensi, dan dosis bahan kimia tidak sesuai kriteria desain. Evaluasi desain menunjukkan adanya ketidaksesuaian waktu detensi pada beberapa unit, khususnya bak koagulasi yang memiliki waktu detensi jauh lebih panjang dari standar. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kapasitas IPAL terlalu besar untuk debit aktual 7,3 m³/hari, sehingga proses tidak berjalan pada zona operasi optimal.

Pengukuran per unit proses menunjukkan bahwa unit multifiltrasi memberikan kontribusi penyisihan paling signifikan terhadap parameter BOD dan COD (80% dan 68,33%), sehingga unit ini berperan besar dalam menurunkan beban pencemar yang tersisa. Secara keseluruhan, IPAL PT X masih memerlukan optimalisasi desain, operasi, dan pengendalian bahan kimia agar kualitas efluen dapat memenuhi baku mutu secara konsisten.

5. Daftar Pustaka

- [1] R. J. Fried, *Polymer Science and Technology*, 3rd ed. USA: Pearson Education Inc., 2014.
- [2] S. Fakirov, *Fundamentals of Polymer Science for Engineer*. Jerman: Wiley, 2017.
- [3] Challener, Cynthia. "Construction Chemicals: Demand Continues to Rise." *CoatingsTech* 13.9 (2016).
- [4] Wang, Qing, and Zhiming Yang. "Industrial water pollution, water environment treatment, and health risks in China." *Environmental pollution* 218 (2016): 358-365.
- [5] F. Sher, A. Malik, and H. Liu, "Industrial polymer effluent treatment by chemical coagulation and flocculation," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 1, pp. 684-689, 2013.
- [6] J. Sitompul, J. S. Lee, Y. S. Dewi, and T. A. Zahra, "Removal of acrylic acid-containing industrial wastewater by coagulation, flocculation, and adsorption in a mini pilot scale," in *Int. Seminar Chem. Eng. Soehadi Reksowardojo*, 2024.
- [7] Andiwijaya, Ahmad Fatih. "Alternatif koagulan alami sebagai pengganti atau pembantu aluminium sulfat pada proses pengolahan air minum." *Journal of Water Resource and Protection* 8 (2016): 1-6.
- [8] Ö. Y. Balik and S. Aydin, "Coagulation/flocculation optimization and sludge production for pre-treatment of paint industry wastewater," *Desalin. Water Treat.*, vol. 57, no. 27, pp. 12692-12699, 2016, doi: 10.1080/19443994.2015.1051125.
- [9] G. N. Tahiyah, "Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT Indolakto Pandaan, Pasuruan Jawa Timur," *Skripsi*, pp. 1-14, 2017.
- [10] *Peraturan Pemerintah Nomor 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*, Indonesia, 2014.
- [11] Margaretha *et al.*, "Pengaruh Kualitas Air Baku terhadap Dosis dan Biaya Koagulan Aluminium Sulfat dan Poly Aluminium Chloride," *J. Tek. Kim. Fak. Tek. Univ. Sriwijaya*, vol. 18, no. 4, 2012.
- [12] S. Widiawati *et al.*, "Perbandingan Tawas Dan Poly Aluminium Chloride (PAC) Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2024.
- [13] D. P. Utaminigrum and S. Fani, "Pengolahan Limbah Laundry untuk Menurunkan COD dengan Metode Koagulasi-Flokulasi," Universitas Brawijaya, Malang, 2018.
- [14] J. Bratby, *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment*, 3rd ed. USA: IWA Publishing, 2016.
- [15] Droste, Ronald L., and Ronald L. Gehr. *Theory and practice of water and wastewater treatment*. John Wiley & Sons, 2018.