

Evaluasi dan Perencanaan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Pembekuan Ikan PT. X Kabupaten Sidoarjo

Qurrotu A'yunin¹⁾; Ro'du Dhuha Afrianisa^{1*)}

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia

*Korespondensi: rodu@itats.ac.id

Abstrak

Sektor perikanan merupakan salah satu sektor perekonomian utama di Kabupaten Sidoarjo. PT. X merupakan industri yang menghasilkan produk ikan beku. PT. X sudah memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah, namun effluen IPAL yang dihasilkan belum memenuhi baku mutu. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan evaluasi IPAL, kemudian dilakukan perencanaan ulang IPAL agar effluen yang dihasilkan memenuhi baku mutu. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis sampel air limbah dari tiap unit IPAL, mengukur dimensi dari tiap unit IPAL, dan membandingkan parameter waktu detensi dengan kriteria desain. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kondisi eksisting IPAL tidak memenuhi kriteria desain dan hasil effluent IPAL eksisting belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013. Rekomendasi dari hasil evaluasi yaitu perencanaan ulang IPAL menggunakan sistem Anaerobik-Aerobik filter. Unit yang digunakan yaitu screen, bak ekualisasi, bak pengendap awal, bak anaerobik filter, bak aerobik filter, dan bak pengendap akhir. IPAL direncanakan untuk mengolah air limbah dengan debit 3 m³/hari dan karakteristik air limbah yaitu TSS 179 mg/L; BOD 239 mg/L; COD 586 mg/L; dan Ammonia 29 mg/L. Dimensi IPAL yang didapatkan yaitu 6m x 1m x 1,5m.

Kata kunci: Anaerobik Aerobik Filter, Desain Ulang, Evaluasi IPAL, Limbah Cair Pembekuan Ikan

Abstract

Fisheries have become one of the main economic sectors in Sidoarjo Regency. X Ltd., an industry producing frozen fish, already has a Wastewater Treatment Plant, but the WWTP effluent produced does not meet quality standards. Based on these problems, it is necessary to evaluate the WWTP and then re-plan the WWTP so that the effluent results meet quality standards. The evaluation method was carried out by analyzing samples of wastewater from each WWTP unit, measuring the dimensions of each WWTP unit, and comparing the detention time parameters with the design criteria. The evaluation results showed that the existing WWTP conditions did not meet the design criteria, and the existing WWTP effluent results did not meet the quality standards of East Java Governor Regulation No. 72 of 2013. The recommendation from the evaluation results is to re-plan the WWTP using an Anaerobic-Aerobic filter system. The units used are screens, equalization tanks, initial settling tanks, anaerobic filter tanks, aerobic filter tanks, and final settling tanks. The WWTP plans to treat wastewater with a discharge of 3 m³/day and characteristics of the wastewater, i.e., TSS 179 mg/L, BOD 239 mg/L, COD 586 mg/L, and Ammonia 29 mg/L. The WWT dimension is 6m x 1m x 1.5 m.

Keywords: Anaerobic Aerobic Filter, Redesign, WWTP Evaluation, Fish Freezing Liquid Waste

1. PENDAHULUAN

Industri perikanan menjadi salah satu sektor perekonomian utama di Kabupaten Sidoarjo. Hal tersebut sejalan dengan berkembangnya berbagai industri perikanan di wilayah Kabupaten Sidoarjo. Kegiatan industri perikanan tentu akan menghasilkan limbah dalam bentuk limbah cair. Proses pengolahan ikan membutuhkan air rata-rata sebesar 20 m³/ton ikan mentah. Setelah proses pengolahan ikan, 80% dari air tersebut akan terbuang dan menjadi air limbah. Air limbah industri pembekuan ikan berasal dari proses produksi seperti proses pencucian ikan dan air rendaman ikan. Limbah yang dihasilkan juga berasal dari pencucian lantai dan peralatan serta

sisanya dari proses pengolahan lainnya (Setiadi et al., 2019). Air limbah industri pembekuan ikan mengandung bahan organik yang tinggi seperti protein. Bahan organik dalam air limbah bersumber dari darah ikan, sari-sari ikan, serta isi perut dan sirip ikan yang terbawa ke dalam air limbah (Setiadi et al., 2019).

Kandungan bahan organik menyebabkan nilai BOD, COD, dan TKN dalam air limbah meningkat (Ibrahim et al., 2009). Disamping itu, kandungan protein dalam limbah tersebut akan mengalami dekomposisi dan menghasilkan asam sulfida, gugus thiol, dan ammonia. Kandungan bahan organik seperti lemak dan protein yang tinggi merupakan sumber nutrisi untuk pertumbuhan mikroorganisme dalam perairan dan menyebabkan terjadinya eutrofikasi. Kondisi ini dapat mengakibatkan terjadinya kematian biota air (Athirafitri et al., 2021). Air limbah industri pembekuan ikan menjadi pencemar di lingkungan apabila tidak diolah dengan baik sebelum dibuang menuju saluran air penerima.

Salah satu industri pembekuan ikan adalah PT. X yang berada di wilayah Kecamatan Buduran, Kabupaten Sidoarjo. Industri tersebut merupakan perusahaan yang menghasilkan produk yaitu ikan beku. PT. X menghasilkan produk rata-rata sebesar 3-9 ton/bulan. PT. X sudah mempunyai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Permasalahan yang terjadi adalah IPAL tersebut belum efektif untuk mengolah limbahnya. Hal ini didukung dengan hasil pengujian di laboratorium bahwa *outlet* IPAL PT.X memiliki karakteristik yaitu TSS 140 mg/L; pH 6,78; BOD 281 mg/L; COD 696 mg/L; NH₃-N 29,7 mg/L; Cl₂ 0,02 mg/L; serta minyak-lemak 1,70 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas *outlet* IPAL belum memenuhi baku mutu berdasarkan (Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, n.d.), pada parameter TSS, BOD, COD, dan NH₃-N.

Berdasarkan hasil survei lapangan, kondisi IPAL yang dimiliki industri tersebut tidak dilakukan perawatan dengan baik. Kondisi bak pengumpul yang permanen dan tidak dilengkapi dengan lubang kontrol menyulitkan proses *maintenance* sehingga tidak adanya *maintenance* yang dilakukan pada unit tersebut. Kondisi pada bak pengendap juga tidak pernah dilakukan pengurasan lumpur secara rutin. Pihak industri juga tidak melakukan pengecekan rutin terhadap kualitas *outlet* IPAL tersebut sehingga tidak mengetahui efektivitas kinerja IPAL yang beroperasi.

Berdasarkan data-data tersebut, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap IPAL PT. X. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengevaluasi kinerja IPAL eksisting industri pembekuan ikan PT. X untuk mengetahui efektivitas kinerja IPAL eksisting serta mengetahui permasalahan yang

terjadi pada IPAL eksisting. Hasil evaluasi IPAL eksisting ini menjadi acuan pada perencanaan redesain IPAL eksisting industri pembekuan ikan PT. X.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai proses pengolahan air limbah yang telah dilakukan, tata letak IPAL eksisting, data teknis IPAL seperti dimensi tiap unit bangunan IPAL eksisting, titik sampling pada tiap unit IPAL eksisting, serta luas lahan yang tersedia untuk IPAL.

2.2. Pengukuran Kuantitas Dan Kualitas Air Limbah

Perhitungan debit air limbah dilakukan dengan menghitung waktu yang dibutuhkan untuk gelas ukur 1-liter bervolume 1-liter penuh air limbah. Pengukuran dilakukan menggunakan gelas ukur dan *stopwatch* setiap 1 jam, selama kegiatan produksi antara pukul 08.00-17.00 WIB. Perhitungan debit air limbah dilakukan selama 6 hari berturut-turut. Rumus yang dipakai untuk menghitung debit air limbah:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1.1)$$

Q: debit air (L/s)

V: volume air (L)

t: waktu (s)

Pengambilan sampel untuk mengetahui kualitas air limbah diambil pada 3 lokasi, yaitu *inlet* bak pengumpul, *outlet* bak pengumpul, dan *outlet* bak pengendap. Pengambilan sampel air limbah dilakukan dengan metode *grab sampling* sesuai dengan SNI 8990:2021 tentang metode pengambilan contoh uji air limbah untuk pengujian fisika dan kimia. Air limbah diambil sebanyak 5L, kemudian dimasukkan kedalam jerigen plastik HDPE 5L dan ditutup rapat (SNI 8990:2021). Sampel kemudian di uji di laboratorium pada hari yang sama. Terdapat 7 parameter yang diuji yaitu pH, BOD, COD, TSS, chlor bebas, NH₃-N, serta minyak dan lemak yang mengacu pada baku mutu air limbah industri *cold storage* berdasarkan Pergub Jatim No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya.

2.3. Perhitungan Efisiensi Unit Bangunan Ipal

Untuk mengetahui seberapa baik kinerja unit pengolahan IPAL, perhitungan efisiensi unit pengolahan IPAL diperlukan. Hasil yang didapatkan akan dibandingkan dengan kriteria desain

untuk menentukan apakah unit-unit bangunan IPAL berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi berdasarkan pada rumus (Spellman, 2013) :

$$\% \text{ removal} = \frac{\text{nilai kualitas di inlet} - \text{nilai kualitas di outlet}}{\text{nilai kualitas di inlet}} \times 100 \quad (1.2)$$

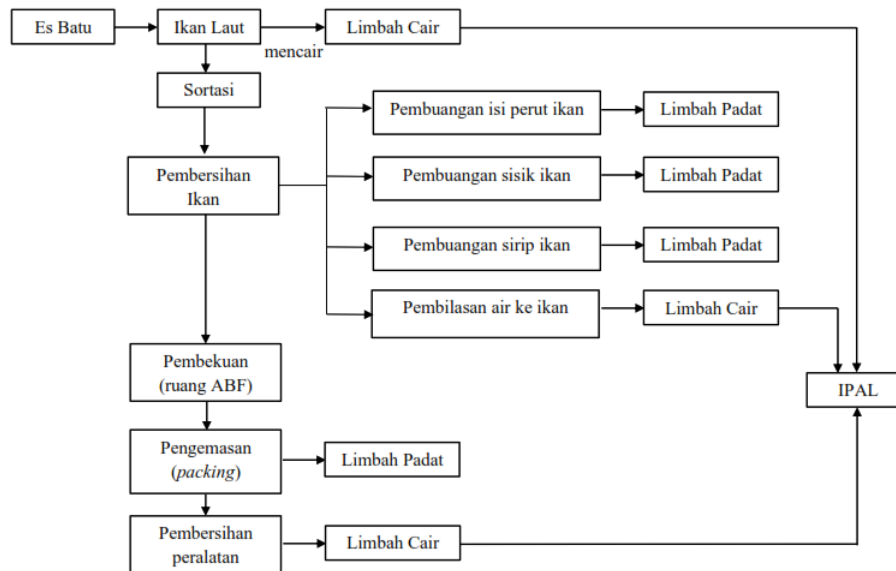
2.4. Pemilihan Teknologi Ipal

Metode matriks kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif pengolahan digunakan sebagai acuan dalam menetapkan metode pengolahan yang digunakan dan disesuaikan dengan permasalahan yang dihadapi. Kriteria penilaian untuk penentuan teknologi IPAL yang akan diaplikasikan mengacu pada beberapa aspek, antara lain aspek lingkungan, aspek teknologi, aspek ekonomi, serta aspek sosial. Setiap kriteria pada alternatif pengolahan akan diberikan skor. Setiap teknologi pengolahan akan diberikan skor sebagai berikut: Skor 1: kurang memadai, skor 2: cukup memadai, skor 3: sangat memadai (Indiari, 2019). Pemberian skor pada setiap kriteria mengacu kepada kajian pustaka. Selanjutnya nilai setiap kriteria akan dijumlahkan. Skor paling tinggi menunjukkan bahwa alternatif pengolahan tersebut dapat diaplikasikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Eksisting Industri Pembekuan Ikan PT. X

Perencanaan IPAL berada di sebuah industri pembekuan ikan yang berada di wilayah Kecamatan Buduran, Kabupaten Sidoarjo. Industri pembekuan ikan PT. X berdiri pada sebidang tanah dengan luas 690 m² dengan luas lahan yang tersedia untuk IPAL sebesar 66 m². PT. X memproduksi ikan beku rata-rata sebesar 3-9 ton/bulan. Air limbah industri pembekuan ikan dihasilkan dari proses penerimaan bahan baku, perendaman ikan, pencucian ikan, pembersihan isi perut ikan, darah ikan, serta proses pembersihan lantai dan peralatan. Air limbah yang dihasilkan oleh PT. X memiliki karakteristik fisik keruh, berwarna kecokelatan, dan berbau amis. Industri pembekuan ikan PT. X sudah memiliki IPAL untuk mengolah air limbah hasil kegiatan pembekuan. IPAL yang dimiliki PT. X meliputi 1-unit bak pengumpul dan 1-unit bak pengendap. IPAL tersebut digunakan untuk mengolah air limbah dari kegiatan produksi serta pembersihan lantai dan peralatan.

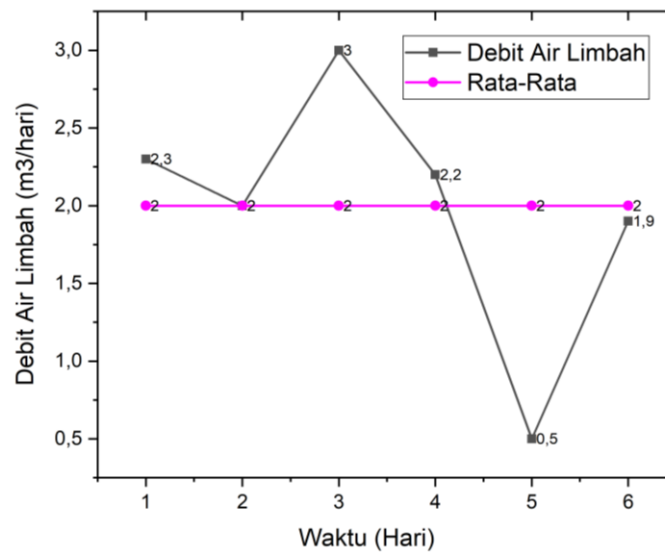


Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembekuan Ikan di PT. X

3.2. Kuantitas Dan Kualitas Air Limbah PT. X

3.2.1. Kuantitas Air Limbah PT. X

Perhitungan debit air limbah dilakukan selama 6 hari berturut-turut setiap 1 jam selama proses produksi berlangsung untuk mengetahui jumlah air limbah yang dihasilkan dalam 1 hari. Data perhitungan debit air limbah disajikan dalam Gambar 2. dibawah ini. Air limbah yang berasal dari kegiatan pembekuan ikan bergantung pada kapasitas produksi serta bahan baku yang digunakan. Berdasarkan data pada Gambar 2. debit air limbah terbesar dihasilkan pada pengukuran hari ke 3 yaitu sebesar 3 m³/hari. Hal tersebut terjadi karena pada hari itu jumlah ikan yang diproses lebih besar dibandingkan hari-hari lainnya, sehingga air limbah yang dihasilkan juga semakin besar. Debit air limbah terkecil dihasilkan pada pengukuran hari ke 5 yaitu sebesar 0,5 m³/hari. Hal tersebut terjadi karena pada hari itu tidak ada proses produksi dan hanya ada proses *packing* yang sangat minim menghasilkan air limbah.



Gambar 2. Grafik Perhitungan Debit Air Limbah Industri Pembekuan Ikan PT. X

3.2.2. Kualitas Air Limbah PT. X

Pengujian kualitas air limbah industri pembekuan ikan kemudian dilakukan untuk mengetahui zat pengotor pada influen dan efluen IPAL, sehingga dapat diketahui apakah efluen IPAL telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Hasil pengujian kualitas air limbah disajikan pada Tabel 1. dibawah ini:

Tabel 1. Kualitas Air Limbah IPAL Eksisting

Parameter	Pengujian				Baku Mutu
	I	II	III	Rata-rata	
pH	7,6	7,2	7,5	7,4	6 - 9
TSS (mg/L)	240	210	86	179	100
BOD (mg/L)	13,4	255	435	234	100
COD (mg/L)	33,7	632	1093	586	200
NH ₃ -N (mg/L)	5,15	80	1,63	29	10
Cl ₂ (mg/L)	0,004	0,05	0,004	0,02	1
Minyak-lemak (mg/L)	2,67	8,60	1,30	4,19	15

*Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya

Hasil pengujian karakteristik air limbah menunjukkan bahwa kualitas air limbah yang dihasilkan sangat bervariasi. Karakteristik air limbah yang dihasilkan bergantung kepada bahan baku yang digunakan serta kapasitas produksinya. Menurut (Ibrahim et al., 2009) kandungan bahan organik seperti protein pada bahan baku ikan akan meningkatkan kandungan BOD, COD, serta TKN dalam air limbah. Semakin besar kandungan protein pada ikan maka semakin besar bahan organik dari sari-sari ikan yang terbawa ke dalam air limbah dan meningkatkan nilai BOD, COD, dan TKN dalam air limbah. Menurut (Oktavia et al., 2012) kandungan protein ikan juga mempengaruhi kandungan ammonia dalam air limbah karena proses dekomposisi protein

akan menghasilkan amonia (NH_3). Menurut hasil pengujian karakteristik air limbah didapatkan air limbah industri pembekuan ikan memiliki nilai BOD, COD, TSS, dan $\text{NH}_3\text{-N}$ yang tinggi. Hasil tersebut sejalan dengan (Setiadi et al., 2019) yang menerangkan jika limbah cair industri perikanan memiliki kandungan BOD dan COD tinggi.

3.3. Evaluasi Ipal Eksisting PT. X

IPAL eksisting industri pembekuan ikan dievaluasi untuk mengetahui efektivitas kinerja dan kesesuaian kondisi eksisting dengan kriteria desain. Unit yang di evaluasi terdiri dari 1 unit bak pengumpul dan 1 unit bak pengendap. Berikut merupakan analisis evaluasi IPAL eksisting industri pembekuan ikan PT. X :

3.3.1. Evaluasi Bak Penampung

Bak penampung eksisting berjumlah 1-unit dan menampung air limbah sebesar $0,5 \text{ m}^3/\text{hari} - 3 \text{ m}^3/\text{hari}$ yang berasal dari kegiatan produksi.

Efisiensi penyisihan bak penampung

Hasil perhitungan efisiensi penyisihan pada bak penampung disajikan pada Tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Efisiensi Penyisihan Parameter Pada Bak Penampung

Parameter (mg/L)	Bak Penampung		
	inlet	outlet	% penyisihan
TSS	179	174	3
BOD	234	376	0
COD	586	940	0
$\text{NH}_3\text{-N}$	29	17,1	41
Cl_2	0,02	0,02	0
Minyak-lemak	4,19	1,11	74

Berdasarkan data Tabel 2. diketahui bahwa bak penampung mampu menurunkan parameter TSS, $\text{NH}_3\text{-N}$, serta minyak & lemak. Bak penampung tidak didesain untuk pengendapan, namun waktu detensi pada bak pengumpul eksisting yang terlalu lama menyebabkan terjadinya proses pengendapan. Proses pengendapan tersebut menyebabkan terjadinya penurunan pada parameter TSS.

Analisis kinerja bak penampung

Unit bak penampung memiliki dimensi sebagai berikut: Panjang bak = 1,5 m; Lebar bak = 1,2 m; Kedalaman bak = 1,3 m; Jumlah unit = 1 bak.

Unit bak pengumpul akan dievaluasi menggunakan kriteria desain berdasarkan (Metcalf & Eddy, 2003). Hasil analisis perbandingan kondisi eksisting dengan kriteria desain disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Kriteria Desain

Parameter	Kriteria Desain	Dimensi Unit Eksisting	Keterangan
Waktu detensi	30 menit	19 jam	Tidak memenuhi
Tinggi bak, (m)	< 4	1,3	memenuhi

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi penyisihan polutan, analisis perbandingan unit eksisting dengan kriteria desain, dan kondisi lapangan bahwa bak penampung bersifat permanen dan tidak dilengkapi *manhole* sehingga sangat menyulitkan untuk proses perawatan, maka direkomendasikan bak penampung diganti dengan unit baru sesuai perhitungan kriteria desain.

3.3.2. Evaluasi Bak Pengendap

Bak pengendap berfungsi untuk mengendap partikel dalam air limbah secara gravitasi.

Efisiensi penyisihan bak pengendap

Hasil perhitungan efisiensi penyisihan pada bak pengendap disajikan pada Tabel 4. berikut ini.

Tabel 4. Efisiensi Penyisihan Parameter Pada Bak Pengendap

Parameter (mg/L)	Bak Pengendap			Baku Mutu*
	inlet	outlet	%	
TSS	174	140	20	100
BOD	376	281	25	100
COD	940	696	26	20
NH ₃ -N	17,1	29,7	0	10
Cl ₂	0,02	0,02	0	1
Minyak-lemak	1,11	1,70	0	15

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

Berdasarkan data Tabel 4. dapat diketahui bahwa bak pengendap mampu menurunkan parameter TSS 20%, BOD 25%, dan COD 26%. Hasil tersebut sesuai dengan (Qasim & Zhu, 2017) yang menerangkan bahwa bak pengendap mampu menurunkan BOD dan COD sebesar 20-40%. Terdapat 4 parameter pada *outlet* bak pengendap (*outlet* IPAL) eksisting yang belum memenuhi baku mutu berdasarkan Pergub Jatim No 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, yaitu parameter BOD, COD, TSS, dan NH₃-N. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan polutan pada tiap unit bangunan IPAL eksisting belum optimal.

Analisis kinerja bak pengendap

Unit bak pengendap memiliki dimensi sebagai berikut: Panjang bak = 1,3 m; Lebar bak = 1,2 m; Kedalaman bak = 1,6 m; Jumlah unit = 1 bak. Unit bak pengendap akan dievaluasi

menggunakan kriteria desain berdasarkan (Qasim & Zhu, 2017). Berikut merupakan hasil analisis perbandingan kondisi eksisting dengan kriteria desain.

Tabel 5. Analisis Perbandingan Kondisi Eksisting Dengan Kriteria Desain

Parameter	Kriteria Desain	Dimensi Unit Eksisting	Keterangan
<i>Overflow rate</i> (OR), m ³ /m ² .hari	30-50	2	Tidak memenuhi
Waktu detensi, jam	1 - 2	20	Tidak memenuhi
Rasio p: l, m	1-7,5: 1	1,1: 1	memenuhi

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

3.4 Analisis Swot

Analisis SWOT bertujuan untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan tantangan pada pengelolaan air limbah di industri pembekuan ikan PT. X. Analisis SWOT dapat membantu untuk merencanakan strategi pengelolaan air limbah di industri pembekuan ikan PT. X. Hasil analisis SWOT pengelolaan air limbah industri pembekuan ikan PT. X disajikan dalam Tabel 6. dibawah ini.

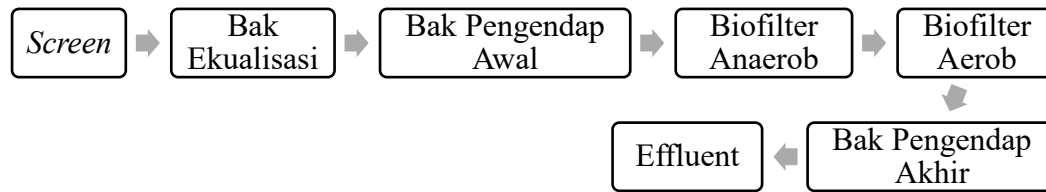
Tabel 6. Analisis SWOT Pengelolaan Air Limbah PT X

Kekuatan (<i>Strengths</i>)	Kelemahan (<i>Weakneasses</i>)
1. Ketersediaan prasarana pengolahan air limbah 2. Ketersediaan anggaran untuk investasi, pemeliharaan, dan operasional IPAL. 3. Ketersediaan SDM untuk mengelola IPAL 4. Peraturan pengelolaan lingkungan hidup yang berlaku	1. Pengetahuan SDM terhadap pengelolaan IPAL yang rendah 2. Tidak ada <i>job description</i> yang jelas untuk SDM sebagai pengelola IPAL 3. Industri pembekuan ikan PT. X belum memiliki Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah
Peluang (<i>Opportunities</i>)	Tantangan (<i>Threats</i>)
1. Kesediaan industri pembekuan ikan PT. X mengelola air limbah yang dihasilkan 2. Pelatihan untuk meningkatkan pengetahuan SDM sebagai pengelola IPAL	1. Penurunan kualitas lingkungan akibat air limbah yang dihasilkan belum memenuhi baku mutu lingkungan 2. Kurangnya pemahaman SDM dalam mengelola IPAL sehingga berpotensi menyebabkan penurunan kinerja IPAL

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

3.5. Redesain Ipal Eksisting PT. X

Metode anaerobik-aerobik filter adalah alternatif yang paling sesuai untuk pengolahan air limbah industri pembekuan ikan PT. X. Hal ini disebabkan anaerobik-aerobik filter tidak membutuhkan lahan yang luas, penyisihan zat organik tinggi, pemeliharaannya mudah, biaya operasional murah, serta tidak membutuhkan tenaga ahli dalam pengoperasiannya. Berikut merupakan alur proses pengolahan menggunakan metode terpilih:



Gambar 3. Diagram Alir Unit Pengolahan

Efisiensi penyisihan dari diagram alir terpilih disajikan pada Tabel 7. dibawah ini.

Tabel 7. Efisiensi Penyisihan Teknologi IPAL Terpilih

Unit	Influen (mg/L)	Efisiensi	Efluen (mg/L)
Screen	TSS = 179	-	TSS = 179
	BOD = 234		BOD = 234
	COD = 586		COD = 586
Bak ekualisasi	TSS = 179	-	TSS = 179
	BOD = 234		BOD = 234
	COD = 586		COD = 586
Bak pengendap awal	TSS = 179	TSS = 50%	TSS = 90
	BOD = 234	BOD = 25%	BOD = 176
	COD = 586	COD = 25%	COD = 440
Bak Anaerobik Filter	TSS = 90	TSS = 70%	TSS = 27
	BOD = 176	BOD = 84%	BOD = 28
	COD = 440	COD = 75%	COD = 110
Bak Aerobik Filter	TSS = 27	TSS = 70%	TSS = 8
	BOD = 28	BOD = 85%	BOD = 4
	COD = 110	COD = 85%	COD = 16,5
	NH ₃ -N = 29	NH ₃ -N = 80%	NH ₃ -N = 6
Bak Pengendap Akhir	TSS = 8	TSS = 50%	TSS = 4
	BOD = 4	BOD = 25%	BOD = 3
	COD = 16,5	COD = 25%	COD = 10
Efluen IPAL	TSS = 4 mg/L BOD = 3 mg/L COD = 10 mg/L NH ₃ -N = 6 mg/L Cl ₂ = 0,02 mg/L Minyak-lemak = 4,19 mg/L		

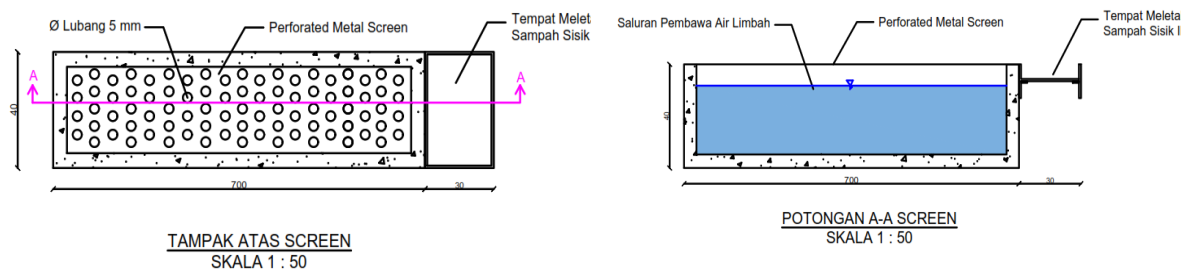
Sumber: (Ikbal, 2016);(Mahatyanta & Razif, 2016);(Setiadi et al., 2019); (Qasim & Zhu, 2017)

3.5.1. Detail Engineering Design (DED) IPAL

Unit pengolahan air limbah yang direncanakan terdiri dari *screen*, bak ekualisasi, bak pengendap awal, bak anaerobik filter, bak aerobik filter, dan bak pengendap akhir.

Screen

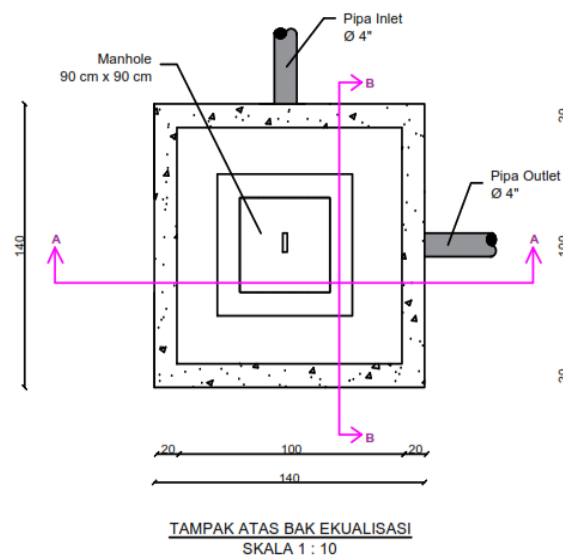
Screen yang digunakan pada perencanaan ini adalah *perforated metal screen* yang akan dipasang pada bagian atas saluran pembawa air limbah. *Perforated metal screen* dipilih agar sisik ikan tidak terbawa kedalam air limbah. *Perforated metal screen* yang direncanakan memiliki spesifikasi: diameter lubang: 5 mm; ketebalan *screen*: 1,2 mm; lebar *screen*: 0,4 m; panjang *screen*: 7 m. Desain *perforated metal screen* disajikan pada Gambar 4. dibawah ini.



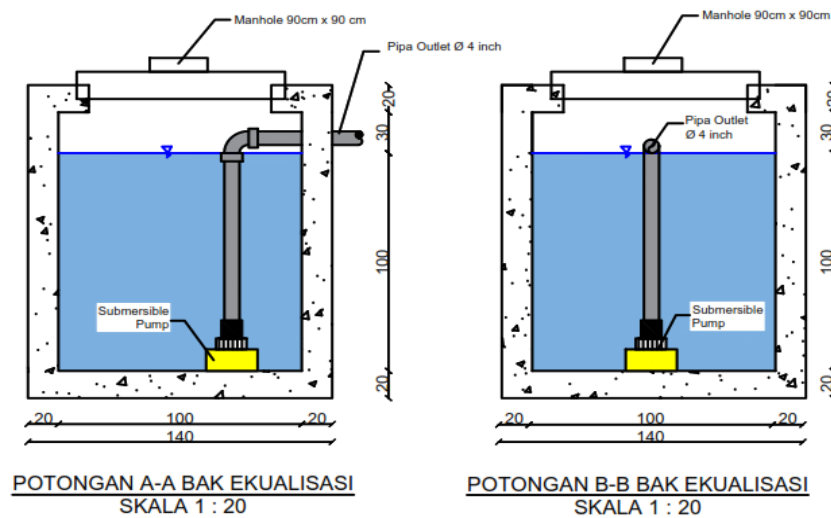
Gambar 4. Desain *Perforated Metal Screen*

Unit Ekualisasi

Unit ekualisasi berfungsi untuk menstabilkan debit dan kualitas air limbah untuk menghindari adanya *shock loading*. Unit ekualisasi berjumlah 1-unit dengan dimensi: Panjang: 1 m; lebar: 1 m; tinggi (tinggi air+*freeboard*): 1,3 m. Untuk mengalirkan air limbah dari bak ekualisasi ke unit selanjutnya yaitu bak pengendap, maka bak ekualisasi dilengkapi dengan pompa *submersible*. Desain bak ekualisasi disajikan pada Gambar 5. dibawah ini.



(a)



(b)

(c)

Gambar 5. Desain Bak Ekualisasi : (a) tampak atas, (b) potongan A-A, (c) potongan B-B**Unit Pengendap Awal**

Unit pengendap awal berfungsi untuk mengendapkan polutan tersuspensi didalam air limbah secara gravitasi dengan memperlambat aliran.

Tabel 8. Kriteria Desain Unit Pengendap Awal

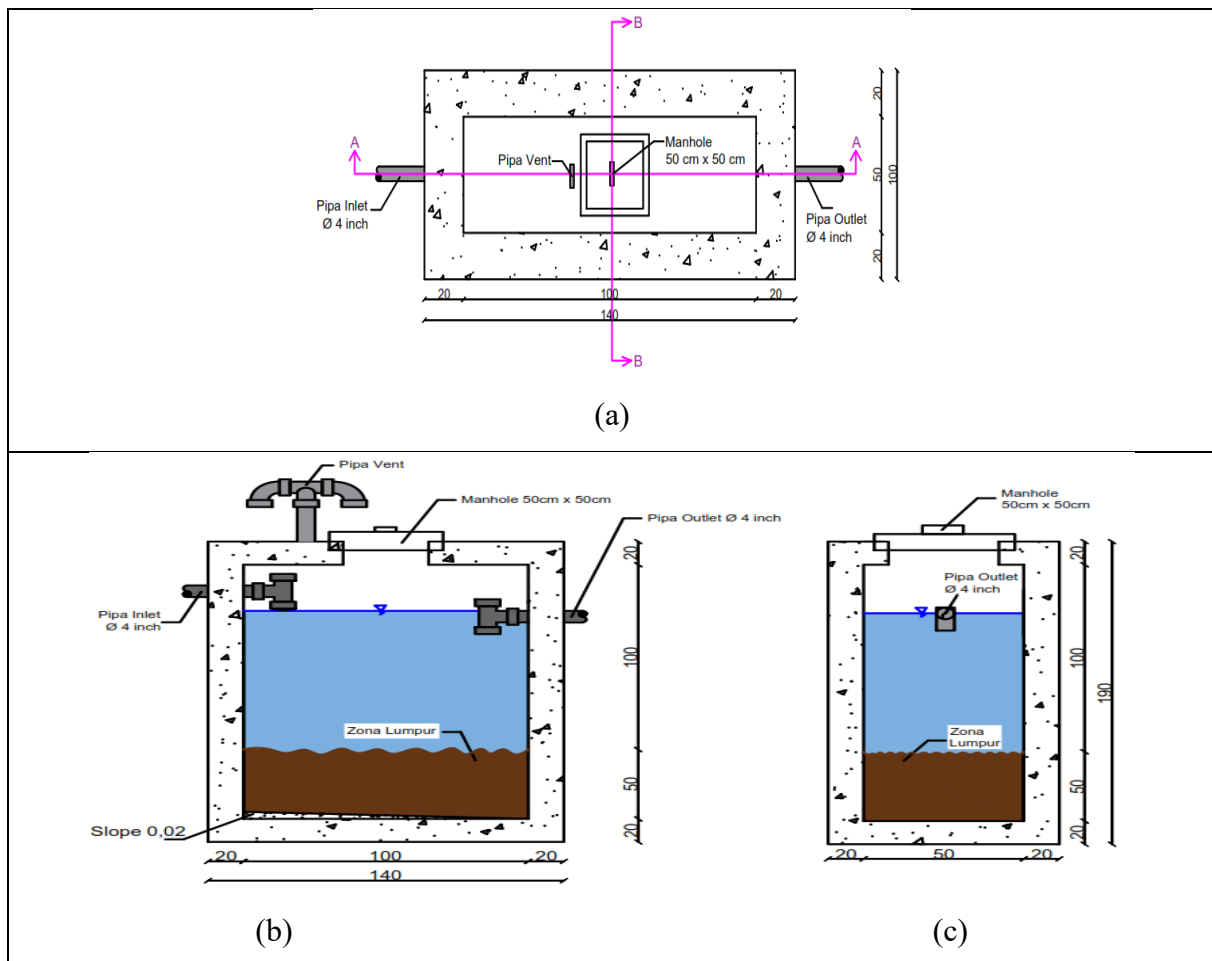
Parameter	Satuan	Nilai	Sumber
Waktu detensi (td)	jam	2-5	(Kementerian PUPR, 2018)
Kedalaman pengendap	m	1,5-4	
Kedalaman ruang lumpur (t)	m	1/3 H	(Metcalf & Eddy, 2003)
Beban permukaan, SLR	m ³ /m ² .hari	30-50	

Hasil perhitungan desain unit pengendap awal disajikan pada Tabel 10. dibawah ini.

Tabel 9. Hasil Desain Unit Pengendap Awal

Data	Hasil	Satuan
Jumlah unit	1	unit
Lebar	0,5	m
Panjang	1	m
Kedalaman (Hair+freeboard)	1,5	m
Kedalaman ruang lumpur	1/3 H = 0,5	m
Waktu detensi (td)	5	jam
Beban permukaan, SLR	4	m ³ /m ² .hari

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)



Gambar 6. Desain Unit Pengendap Awal: (a) tampak atas, (b) potongan A-A, (c) potongan B-B

Unit Anerobik Filter

Unit anaerobik filter berfungsi untuk menguraikan polutan organik dengan memanfaatkan mikroorganisme anerob. Kriteria desain yang digunakan dalam perencanaan Unit anaerobik filter disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 10. Kriteria Desain Unit Anaerobik Filter

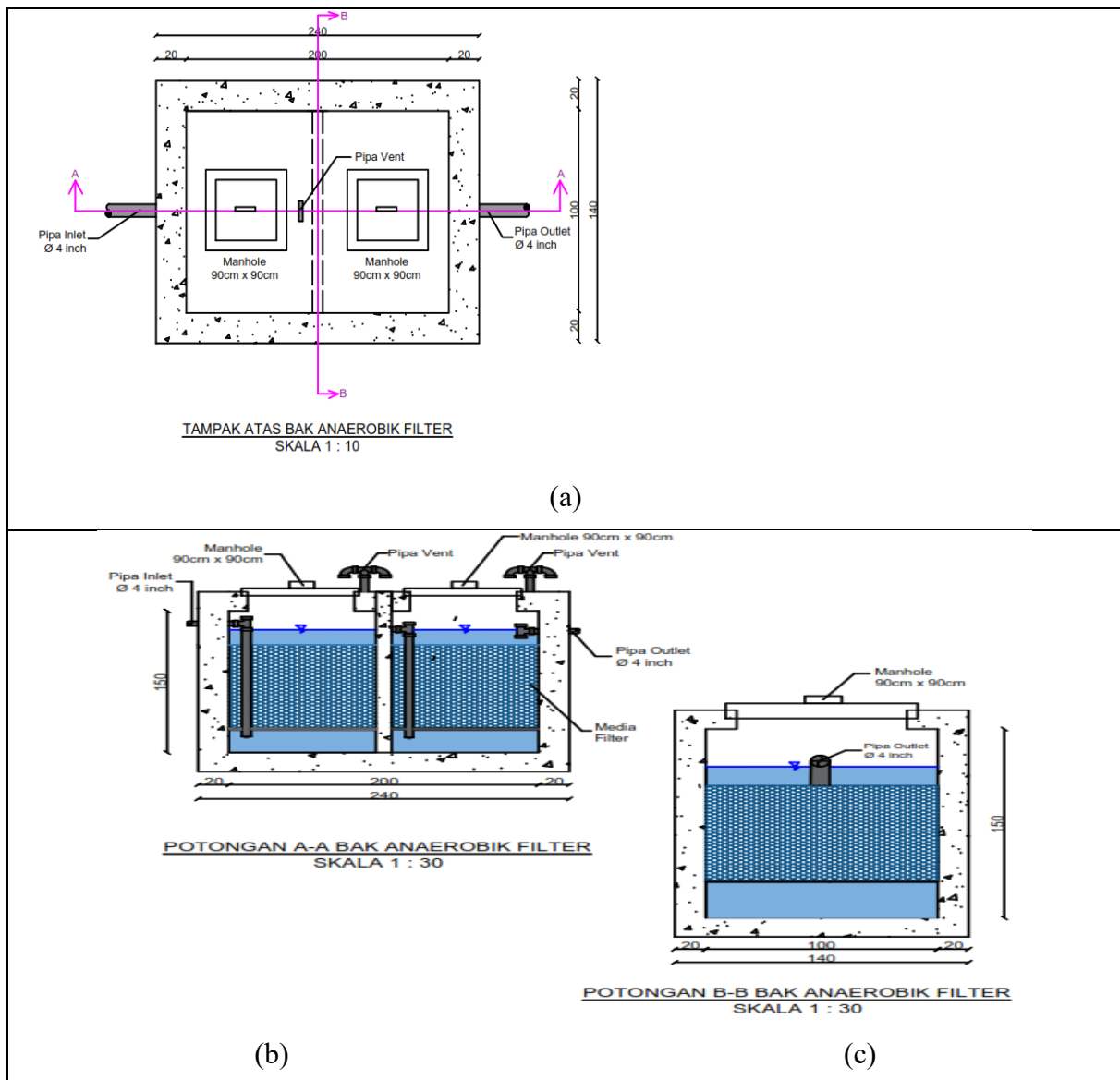
Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
HRT dalam filter	0,5-4	hari	(Kementerian PUPR, 2018)
Luas spesifik media filter	90-300	m ² /m ³ media	
Beban organik, OLR	< 4,5	Kg COD/m ³ .hari	(Sasse, 2009)
Rasio SS/COD	0,35-0,45		
BOD removal	70-90	%	(Sasse, 2009)

Hasil perhitungan desain unit anaerobik filter disajikan pada **Tabel 11.** dibawah ini.

Tabel 11. Kriteria Desain Unit Anaerobik Filter

Data	Hasil	Satuan
Jumlah kompartemen	2	kompartemen
Lebar tiap kompartemen	1	m
Panjang	1	m
Kedalaman media filter tipe sarang tawon	0,9	m
Kedalaman kompartemen	1,5	m
Volume efektif media filter tipe sarang tawon	1,8	m ³
HRT dalam filter	0,6	hari
Beban organik, OLR	0,7	kgCOD/m ³ .hari
Vup	0,13	m/jam

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

**Gambar 7.** Desain Unit Anaerobik Filter : (a) tampak atas, (b) potongan A-A, (c) potongan

B-B

Unit Anaerobik Filter

Aerobik filter merupakan proses lanjutan setelah proses anaerobik filter yang memanfaatkan mikroorganisme aerob untuk menguraikan polutan organik yang tersisa seperti ammonia. Unit aerobik filter memiliki 2 ruangan yaitu ruang aerasi dan ruang media filter. Kriteria desain bak aerobik filter disajikan pada table dibawah ini.

Tabel 12. Kriteria Desain Unit Aerobik Filter

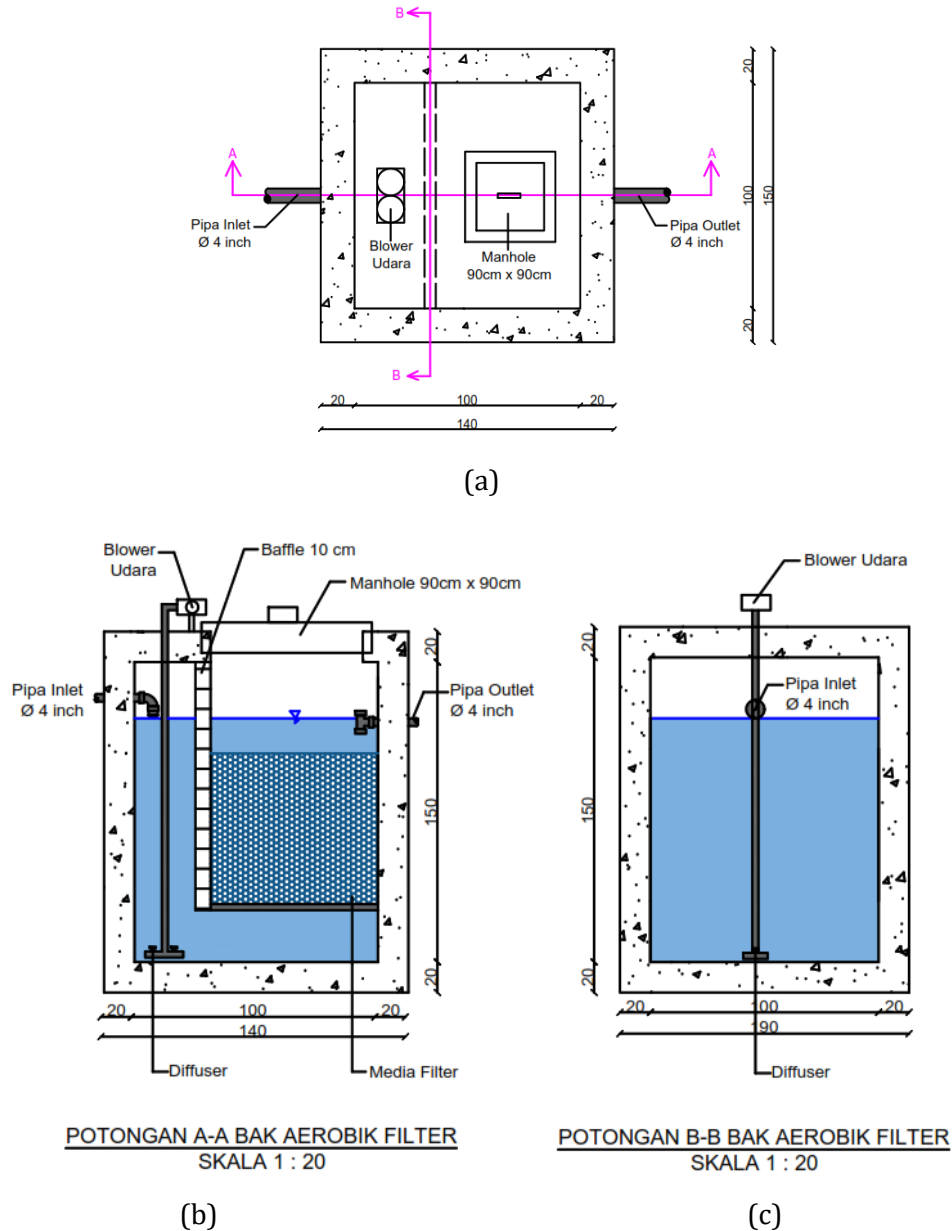
Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
HRT	6-8	jam	(Said & Widayat, 2018)
Tinggi ruang lumpur	0,5	m	
Vup	< 2	m/jam	
Beban BOD persatuan permukaan media filter	0,5-4	kgBOD/m ³ .hari	

Hasil perhitungan desain unit aerobik filter disajikan pada Tabel 13. dibawah ini.

Tabel 13. Hasil Desain Unit Aerobik Filter

Data	Hasil	Satuan
Jumlah kompartemen	2	kompartemen
Volume ruang aerasi (PxLxH)	0,5x1x1,5=0,75	m ³
Volume ruang filter (PxLxH)	0,5x1x1,5=0,75	m ³
Kedalaman media filter tipe sarang tawon	0,9	m
Volume efektif media filter tipe sarang tawon	0,1	m ³
HRT dalam filter	6	jam
Beban organik, OLR	1	kgBOD/m ³ .hari
Vup	0,125	m/jam
Total kebutuhan udara	25	L/menit
Kebutuhan diffuser (diameter 8 inch)	2	buah

Pada proses aerasi, jumlah oksigen harus sama dengan jumlah BOD yang akan disisihkan. Direncanakan efisiensi removal BOD aerobik filter adalah 85% (Von Sperling & Chernicharo, 2005). Berdasarkan perhitungan didapatkan kebutuhan udara aktual sebesar 17 L/hari, kemudian kebutuhan udara aktual dikalikan dengan 150% sehingga total kebutuhan udara sebesar 25 L/menit. Direncanakan proses aerasi menggunakan sistem fine bubble air diffuser menggunakan diffuser diameter 8-inch dengan flow rate tipikal 60 L/menit (Said & Widayat, 2018).



Gambar 8. Desain Unit Aerobik Filter : (a) tampak atas, (b) potongan A-A, (c) potongan B-B

Unit Pengendap Akhir

Unit pengendap akhir berfungsi untuk mengendapkan polutan tersuspensi yang masih tersisa dalam air limbah sebelum disalurkan menuju badan air penerima.

Tabel 14. Kriteria Desain Unit Pengendap Akhir

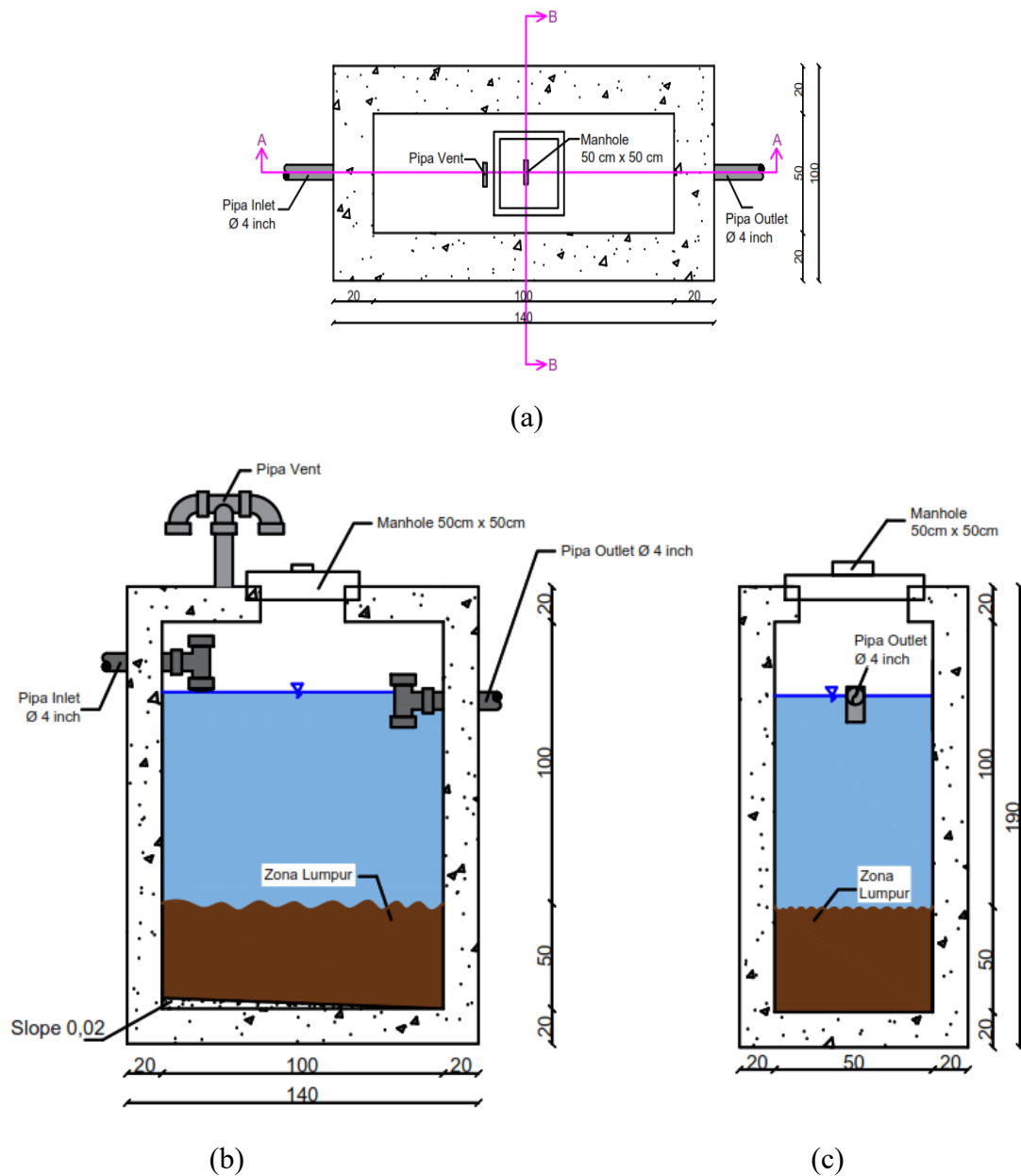
Parameter	Satuan	Nilai	Sumber
Waktu detensi (td)	jam	2-5	(Kementerian PUPR, 2018)
Kedalaman pengendap	m	1,5-4	
Kedalaman ruang lumpur (t)	m	1/3 H	
Beban permukaan, SLR	m ³ /m ² .hari	30-50	(Metcalf & Eddy, 2003)

Hasil perhitungan desain unit pengendap akhir disajikan pada Tabel 16. Dibawah ini.

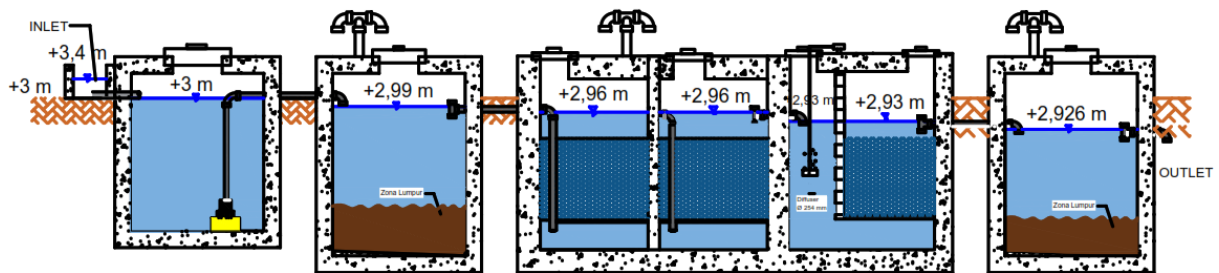
Tabel 15. Hasil Desain Unit Pengendap Akhir

Data	Hasil	Satuan
Jumlah unit	1	unit
Lebar	0,5	m
Panjang	1	m
Kedalaman (Hair+freeboard)	1,5	m
Kedalaman ruang lumpur	$1/3 H = 0,5$	m
Waktu detensi (td)	5	jam
Beban permukaan, SLR	4	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)



Gambar 9. Desain Unit Pengendap Akhir: (a) tampak atas, (b) potongan A-A, (c) potongan B-B



Gambar 10. Tampak Samping IPAL Perencanaan

Perencanaan IPAL industri pembekuan ikan menghasilkan dimensi perencanaan. Tabel dibawah ini menunjukkan rekapitulasi dimensi IPAL.

Tabel 16. Rekapitulasi Dimensi IPAL

No	Unit IPAL	P (m)	L (m)	T (m)
1.	Bak Ekualisasi	1	1	1,3
2.	Bak Pengendap Awal	1	0,5	1,5
3.	Bak Anerobik Filter	2	1	1,5
4.	Bak Aerobik Filter	1	1	1,5
5.	Bak Pengendap Akhir	1	0,5	1,5
Total		6	1	1,5

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2023)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan industri pembekuan ikan PT. X menghasilkan air limbah dari kegiatan industri sebesar 3 m³/hari dengan karakteristik air limbah yang dihasilkan melebihii baku mutu Pergub Jatim No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, pada parameter TSS 179 mg/L; BOD 239 mg/L; COD 586 mg/L; dan NH₃-N 29 mg/L. Berdasarkan hasil evaluasi, didapatkan bahwa unit IPAL eksisting tidak sesuai dengan kriteria. Rekomendasi dari hasil evaluasi adalah desain ulang IPAL eksisting. Perencanaan ulang IPAL industri pembekuan ikan PT. X direncanakan menggunakan sistem biofilter anaerob-aerob. Rangkaian unit yang digunakan meliputi screen, bak ekualisasi, bak pengendap awal, bak anaerobik-aerobik filter, dan bak pengendapi akhir. Berdasarkan perhitungan engineering design, didapatkan dimensi IPAL yaitu 6m x 1m x 1,5m.

DAFTAR PUSTAKA

- Athirafitri, N., Indrasti, N. S., & Ismayana, A. (2021). Analisis Dampak Pengolahan Hasil Perikanan Menggunakan Metode Life Cycle Assesment (LCA): Studi Literatur. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(3), 274–282. <https://doi.org/https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.3.274>
- Firmansyah, Y. R., & Razif, M. (2016). Perbandingan Desain Ipal Anaerobic Biofilter dengan Rotating Biological Contactor untuk Limbah Cair Tekstil di Surabaya. *JURNAL TEKNIK ITS*, 5(2), 166–171.
- Ibrahim, B., Suptijah, P., & Prantommy. (2009). Pemanfaatan Kitosan Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Perikanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan*, 12(2), 154–166.
- Ikbal. (2016). Peningkatan Kinerja Ipal Lumpur Aktif Dengan Penambahan Unit Biofilter (Studi Kasus Ipal Pasaraya Blok M, Kapasitas 420 M3/Hari). *Jurnal Air Indonesia*, 9(1). <https://doi.org/10.29122/jai.v9i1.2471>
- Indiari, T. J. (2019). *Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Limbah Untuk Air Cuci Ikan UKM dan Domestik di Kelurahan Tambakwedi, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya* [Undergraduate Theses]. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Kementerian PUPR. (2018). *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengeloaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Kementrian Kesehatan RI. (2011). *Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Kementrian Kesehatan RI: Jakarta.
- Mahatyanta, A., & Razif, M. (2016). Alternative Design of Wastewater Treatment Plant with Anaerobic Baffled Reactor and Anaerobic Filter for Romokalisari Flats Surabaya. *International Journal of ChemTech Research*, 9(11), 195–200.
- Metcalf & Eddy, I. (2003a). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (Fourth Edition)*. New York: Mc Graw Hill Company.
- Metcalf & Eddy, I. (2003b). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (Fourth Edition)*. New York: Mc Graw Hill Company.
- Oktavia, D. A., Mangunwidjaja, D., Wibowo, S., & Sunarti, T. C. (2012). Pengolahan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsium Mikroba Indegenous Proteolitik dan Lipolitik. *Agrointek*, 6(2), 65–71.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya.

- Putri, R. D. (2019). Aplikasi Teknologi Rotating Biological Contactor Pada Pengolahan Air Limbah. *Environmental Engineering and Management Journal*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.31227/osf.io/8k3yd>
- Qasim, S. R., & Zhu, G. (2017a). *Wastewater treatment and reuse Theory and design examples Volume 1: Principles and Basic Treatment*. New York: CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/b22368>
- Qasim, S. R., & Zhu, G. (2017b). *Wastewater treatment and reuse Theory and design examples Volume 1: Principles and Basic Treatment*. New York: CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/b22368>
- Said, N. I., & Widayat, W. (2018). *Perencanaan dan Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob*. Sleman: Gosyen Publishing.
- Sasse, L. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*. the Water, Engineering and Development Centre (WEDC): UK.
- Setiadi, T., Ismail, G. A., Yamaguchi, T., Sutani, D., & Watari, T. (2019). *Pedoman Pengolahan Air Limbah Industri Pengolahan Ikan di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia.
- SNI 8990:2021 Metode Pengambilan Contoh Uji Air Limbah Untuk Pengujian Fisika Dan Kimia, 11 (2021).
- Spellman, F. R. (2013). *Water and Wastewater Treatment Plant Operations (Third Edition)*. USA: CRC Press.
- Von Sperling, M., & Chernicharo, C. A. D. L. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions (Volume One)*. London: IWA Publishing.
<http://choicereviews.org/review/10.5860/CHOICE.45-2633>
- Wei, X. M., Lin, C., Duan, N., Peng, Y. X., & Ye, Z. Y. (2010). Application of Aerobic Biological Filter for Treating Swine Farms Wastewater. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 1651–1665. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.10.169>