

Perencanaan Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu di Kecamatan Tambun Selatan Kabupaten Bekasi

Design Planning of a Wastewater Treatment Plant (WWTP) for the Tofu Industry in Tambun Selatan District, Bekasi Regency

Adinda Sholihah¹, Reni Masrida^{1*}, Wahyu Kartika¹

¹Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Kota Bekasi, Indonesia

*Penulis korespondensi: reni.masrida@ubharajaya.ac.id

Abstrak

Industri tahu merupakan salah satu industri pangan yang berkembang pesat di Indonesia, namun sering menghasilkan limbah cair dengan kadar BOD, COD, TSS, dan pH yang melebihi baku mutu. Salah satu industri tahu di Kecamatan Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi, hingga saat ini belum memiliki IPAL. Industri ini memiliki kapasitas produksi kedelai 300 kg/hari dengan total volume air limbah 4,79 m³/hari. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas dan debit limbah cair serta merancang IPAL agar air limbah memenuhi baku mutu sesuai PermenLHK No. 5 Tahun 2014. Metode penelitian bersifat eksperimen dengan pendekatan kuantitatif deskriptif. Karakteristik limbah cair industri tahu sebelum pengolahan berdasarkan PermenLHK No. 5 Tahun 2014, menunjukkan bahwa semua parameter masih belum memenuhi baku mutu dengan nilai BOD sebesar 3.374 mg/L, COD sebesar 5.532 mg/L, TSS sebesar 486 mg/L, dan pH sebesar 4,63. Diperlukan pengolahan limbah yang tepat untuk mengatasi permasalahan yang ada. IPAL yang direncanakan meliputi bak ekualisasi, netralisasi, sedimentasi awal, biofilter anaerobik, dan bak reservoir. Setelah pengolahan kualitas limbah cair menurun dengan nilai BOD menjadi 141,71 mg/L, COD 281,22 mg/L, TSS 38,06 mg/L, dan pH meningkat menjadi 7, sehingga seluruh parameter telah memenuhi baku mutu.

Kata kunci: industri tahu, instalasi pengolahan air limbah, limbah cair

Abstract

The tofu industry is one of the rapidly growing food industries in Indonesia; however, it often generates wastewater with BOD, COD, TSS, and pH levels that exceed the environmental quality standards. One of the tofu industries located in South Tambun Subdistrict, Bekasi Regency, currently does not have a wastewater treatment plant (WWTP). This industry has a soybean production capacity of 300 kg/day with a total wastewater volume of 4.79 m³/day. This study aims to analyze the quality and flow rate of the wastewater and to design a WWTP so that the wastewater complies with the quality standards set by the Ministry of Environment and Forestry Regulation (PermenLHK) No. 5 of 2014. The research method used is experimental with a descriptive quantitative approach. The characteristics of the tofu industry's wastewater before treatment, based on PermenLHK No. 5 of 2014, indicate that all parameters did not meet the quality standards, with BOD at 3,374 mg/L, COD at 5,532 mg/L, TSS at 486 mg/L, and pH at 4.63. Proper wastewater treatment is required to address this issue. The proposed WWTP includes an equalization tank, neutralization tank, primary sedimentation tank, anaerobic biofilter, and a reservoir tank. After treatment, the wastewater quality improved, with BOD reduced to 141.71 mg/L, COD to 281.22 mg/L, TSS to 38.06 mg/L, and pH increased to 7, thus all parameters complied with the quality standards.

Keywords: tofu industry, wastewater, wastewater_treatment_plant

1. Pendahuluan

Industri tahu merupakan bagian dari sektor pangan di Indonesia yang berkontribusi besar bagi perekonomian lokal, terutama di daerah dengan tradisi kuliner berbasis kedelai. Sebagian besar industri tahu di Indonesia masih berskala rumah tangga dan umumnya belum mengelola limbah cair secara memadai karena keterbatasan biaya dan pengetahuan teknologi. Terdapat sekitar 84.000 industri tahu yang setiap tahunnya mengolah 2,56 juta ton kedelai dan menghasilkan sekitar 20 juta m³ limbah cair (Faisal et al., 2016). Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), air limbah yang dihasilkan oleh industri tahu umumnya dibuang ke perairan tanpa didahului dengan proses pengolahan yang tepat, hal ini mengakibatkan penurunan kualitas air di sungai dan sumber air lainnya

yang berdampak negatif pada kehidupan masyarakat yang mengandalkan sumber air tersebut (Kementerian LHK, 2021).

Limbah cair industri tahu mengandung *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan derajat keasaman (pH) yang tinggi karena kandungan organiknya cukup besar, terutama protein dan asam amino (Haslinah, 2020). Sebagian besar limbah berupa air dadih, yaitu cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu. Air dadih mengandung kadar protein tinggi dan dapat terdegradasi dengan cepat (Herdhiansyah et al., 2022). Sumber limbah cair lainnya berasal dari pencucian kedelai, perendaman, pemasakan, dan pembersihan lantai. Upaya pencegahan pencemaran akibat limbah industri tahu diatur dalam PermenLHK No. 5 Tahun 2014 tentang Standar Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai. Peraturan ini menetapkan bahwa air limbah harus memenuhi baku mutu dengan BOD maksimal 150 mg/L, COD 300 mg/L, TSS 200 mg/L, dan pH 6-9 sebelum dibuang ke badan air.

Salah satu industri tahu skala menengah di Kecamatan Tambun Selatan, Kabupaten Bekasi telah beroperasi sekitar 9 tahun. Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik, industri ini menggunakan sekitar 350 kg kacang kedelai setiap harinya, namun pabrik tersebut mengalami penurunan kapasitas produksi menjadi 300 kg per harinya, serta menghasilkan limbah cair sekitar 4.790 liter setiap harinya. Industri ini belum memiliki IPAL akibat keterbatasan biaya, sehingga limbah cair dari proses produksi tahu dibuang langsung ke badan air tanpa melalui tahap pengolahan, yang menyebabkan timbulnya bau tidak sedap di lingkungan sekitar. Hal ini dapat berpotensi mencemari lingkungan dan membahayakan ekosistem sekitar. Perencanaan IPAL yang efektif sangat diperlukan untuk meminimalkan dampak negatif dari limbah industri tahu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas limbah cair industri tahu, mengetahui debit limbah cair proses produksi tahu, dan merekomendasikan desain IPAL yang sesuai dengan aspek teknis.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif deskriptif. Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung di lokasi industri tahu di Tambun Selatan, wawancara dengan pemilik, serta pengambilan sampel limbah cair yang diuji di Laboratorium DLH Kota Bekasi untuk mengetahui parameter pH, BOD, COD, dan TSS. Data sekunder diperoleh melalui studi literatur, jurnal, dan peraturan terkait, termasuk PermenLHK No. 5 Tahun 2014. Pengolahan data mencakup perhitungan debit limbah, analisis kualitas air limbah sebelum dan sesudah pengolahan, serta perancangan dimensi unit IPAL yang meliputi bak ekualisasi, netralisasi, sedimentasi awal, biofilter anaerobik, dan bak reservoir.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kualitas limbah cair dilakukan dengan mengambil tiga sampel. Seluruh sampel dianalisis di Laboratorium DLH Kota Bekasi, dengan Sampel A dan B diuji duplo untuk memastikan akurasi. Parameter yang diuji meliputi pH, BOD, COD, dan TSS sesuai SNI, lalu dibandingkan dengan baku mutu PermenLHK No. 5 Tahun 2014. Hasil pengujian kualitas air limbah industri tahu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kualitas Air Limbah Industri Tahu

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji					Baku Mutu	Metode Pengujian
			Sampel A		Sampel B		Sampel C		
			Uji 1	Uji 2	Uji 1	Uji 2	Uji 1		
1.	pH	-	5,38	5,26	4,65	4,77	4,63	6-9	SNI 6989.11:2019 metode pH meter
2.	BOD	mg/L	87,15	81,15	94,35	97,95	1,62	150	SNI 6989.72:2009 metode dilusi
3.	COD	mg/L	174,4	177,6	187,2	185,6	318,72	300	SNI 6989.73:2019 metode titrimetri

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji					Baku Mutu	Metode Pengujian
			Sampel A		Sampel B		Sampel C		
			Uji 1	Uji 2	Uji 1	Uji 2	Uji 1		
4.	TSS	mg/L	474	486	318	332	232	200	SNI 6989.3:2019 metode gravimetri

Sumber: Pengujian Laboratorium, (PermenLHK, 2014)

Hasil uji laboratorium terhadap Sampel A, B, dan C menunjukkan nilai BOD dan COD yang tidak wajar, sehingga tidak dapat dijadikan dasar perencanaan IPAL. Salah satunya nilai BOD pada Sampel C sangat rendah (1,62 mg/L) dan COD menunjukkan lonjakan tidak konsisten. Untuk desain IPAL yang lebih representatif dan aman terhadap fluktuasi beban pencemar digunakan dari dari penelitian (Pamungkas & Slamet, 2017) sebagai acuan. Tabel 2 berikut menunjukkan karakteristik limbah tahu yang digunakan sebagai dasar perencanaan IPAL.

Tabel 2. Nilai Karakteristik Limbah Tahu sebagai Dasar Perencanaan IPAL

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Sumber
1.	pH	-	4,63	Pengujian Laboratorium
2.	BOD	mg/L	3.374 mg/L	(Pamungkas & Slamet, 2017)
3.	COD	mg/L	5.532 mg/L	(Pamungkas & Slamet, 2017)
4.	TSS	mg/L	486 mg/L	Pengujian Laboratorium

Sumber: Pengujian Laboratorium, dan (Pamungkas & Slamet, 2017)

Data kuantitas air limbah diperoleh dari survei langsung di pabrik tahu, dengan pengukuran debit dilakukan di saluran pembuangan utama selama jam operasional pukul 06.00–14.00 WIB. Pengambilan data diulang lima kali dalam lima hari untuk mendapatkan rata-rata debit yang akurat. Perhitungan debit air limbah di sajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Debit Air Limbah

Hari ke-	Pengambilan ke (lt/dt)					Debit Rerata Perhari (m ³ /hr)
	1	2	3	4	5	
1	0,125	0,095	0,105	0,176	0,127	3,62
2	0,065	0,23	0,104	0,143	0,12	3,81
3	0,176	0,115	0,104	0,127	0,15	3,87
4	0,21	0,151	0,2	0,13	0,12	4,67
5	0,133	0,18	0,17	0,2	0,15	4,79
Debit Rerata						4,15

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah memperoleh data kualitas dan kuantitas limbah cair industri tahu, maka dapat dilakukan perhitungan untuk merancang desain bak IPAL yang sesuai. Bak IPAL meliputi bak ekualisasi, bak netralisasi, bak sedimentasi awal, bak biofilter anaerobik, dan bak reservoir.

Bak ekualisasi dirancang sebagai tempat penampungan sementara seluruh limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tahu yang berlangsung selama 8 jam per hari. Seluruh limbah tersebut dikumpulkan terlebih dahulu di dalam bak ini, kemudian dialirkan secara bertahap dan terkontrol menuju unit pengolahan berikutnya dengan laju yang konstan selama 24 jam. Bak ekualisasi dapat menyisihkan kadar BOD berkisar antara 10-30% (Setiadji et al., 2023), dan TSS sebesar 13% (Alfiah & Pertiwi, 2024). Perhitungan bak ini sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Debit (Q)} = 4,79 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kapasitas pengolahan (koef cadangan 1,2) = $5,76 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 0,72 \text{ m}^3/\text{jam}$

Waktu tinggal (T_d) = 4-8 (Metcalf & Eddy, 2003)
= ditentukan 8 jam

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= Q \times T_d \\ &= 0,72 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam} \\ &= 5,76 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (1)$$

Dimensi bak:

Panjang = 2,8 m

Lebar = 1,4 m

Kedalaman = 1,5 m

Ruang bebas = 0,5 m

$$\begin{aligned} \text{Cek waktu tinggal} &= \frac{\text{Volume total}}{Q} \\ &= \frac{2,8 \times 1,4 \times 1,5}{0,72} = 8,2 \text{ jam} \end{aligned} \quad (2)$$

Penurunan kualitas effluent:

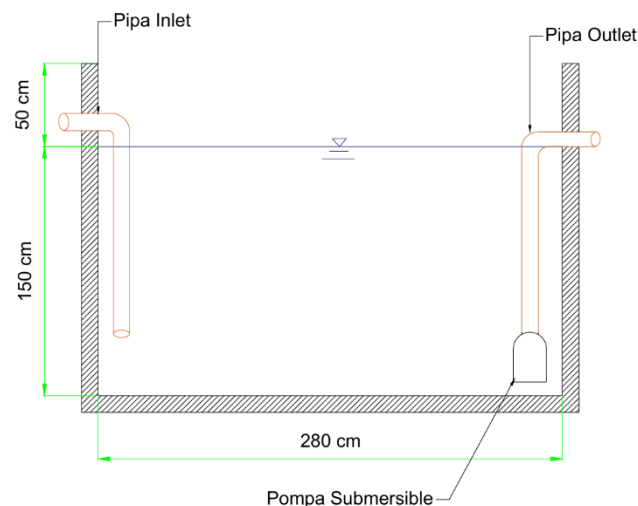
BOD = $3.374 \text{ mg/L} \times 30\% = 1.012,2 \text{ mg/L}$

BOD_{tersisa} = $3.374 \text{ mg/L} - 1.012,2 \text{ mg/L} = 2.361,8 \text{ mg/L}$

TSS = $486 \text{ mg/L} \times 13\% = 63,18 \text{ mg/L}$

TSS_{tersisa} = $486 \text{ mg/L} - 63,18 \text{ mg/L} = 422,82 \text{ mg/L}$

Berikut Gambar 1 merupakan desain bak ekualisasi.



Gambar 1. Bak Ekualisasi

Bak netralisasi digunakan untuk menyeimbangkan kadar asam atau basa yang berlebihan dengan menggunakan bahan kimia yang bersifat berlawanan (Metcalf & Eddy, 2003). Berikut merupakan perhitungan dimensi bak netralisasi dan bak pembubuh.

Diketahui:

Debit (Q) = $5,76 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 0,24 \text{ m}^3/\text{jam} \approx 0,004 \text{ m}^3/\text{menit}$

pH awal = 4,63 (asam), target pH 7 (netral)

Waktu detensi = 20 menit (Reynolds et al., 1996)

Dimensi bak netralisasi:

$$\begin{aligned} \text{Volume bak netralisasi} &= Q \times T_d \\ &= 0,004 \text{ m}^3/\text{menit} \times 20 \text{ menit} \\ &= 0,08 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (3)$$

Diameter = 0,45 m

Kedalaman = 0,5 m

Ruang bebas = 0,3 m

Pengadukan bak netralisasi:

$$\begin{aligned} \text{Daya (P)} &= G^2 \times \mu \times V & (4) \\ &= (700/s)^2 \times 0,8363 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 \times 0,08 \text{ m}^3 \\ &= 32,8 \text{ N.m/s} = 32,8 \text{ watt} \end{aligned}$$

Diameter impeller = 0,2 m

$$\begin{aligned} \text{Cek Reynolds (Nre)} &= \frac{n \times Di^2 \times \rho}{\mu} & (5) \\ &= \frac{6,67 \text{ rps} \times 0,2^2 \times 996,26 \text{ kg/m}^3}{0,8363 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2} \\ &= 317.831 \text{ (memenuhi } Nre > 10.000) \end{aligned}$$

Bak pembubuh:

Dosis NaOH = 2,304 kg

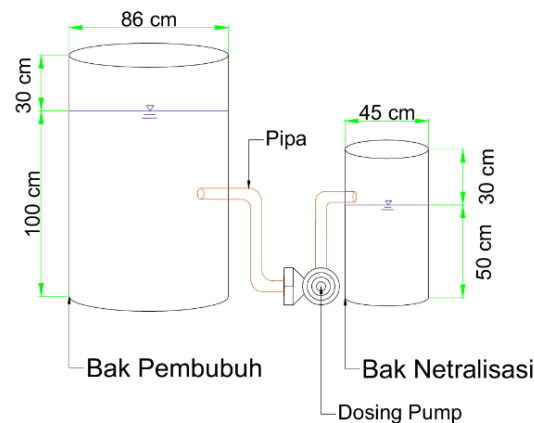
Volume bak pembubuh = 576 L NaOH 0,1 N

Diameter = 0,86 m

Kedalaman = 1 m

Ruang bebas = 0,3 m

Berikut Gambar 2 merupakan desain bak pembubuh dan bak netralisasi.



Gambar 2. Bak Pembubuh dan Bak Netralisasi

Proses sedimentasi bertujuan untuk memisahkan padatan tersuspensi dari cairan dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Menurut (Metcalf & Eddy, 2003), sedimentasi awal dapat menurunkan kadar TSS sebesar 50%-70%, BOD sebesar 25%-40%, dan COD sebesar 37%-49% (Riisgaard-Jensen et al., 2023). Berikut merupakan perhitungan dimensi bak sedimentasi awal.

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Debit(Q)} &= 5,76 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 0,24 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Waktu detensi (td)} &= 1,5-2,5 \text{ jam (Metcalf \& Eddy, 2003)} \\ \text{Beban permukaan (OR)} &= 30 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \\ \text{Volume} &= Q \times td & (6) \\ &= 0,24 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2,5 \text{ jam} \\ &= 0,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi bak:

Panjang = 1 m

Lebar = 0,5 m

Kedalaman = 1,2 m

Ruang bebas = 0,5 m

$$\text{Sehingga, volume efektif} = P \times L \times H & (7)$$

$$= 1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 0,6 \text{ m}^3$$

Penurunan kualitas effluent:

$$\text{BOD} = 2.361,8 \text{ mg/L} \times 40\% = 944,72 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD}_{\text{tersisa}} = 2.361,8 \text{ mg/L} - 944,72 \text{ mg/L} = 1.417,1 \text{ mg/L}$$

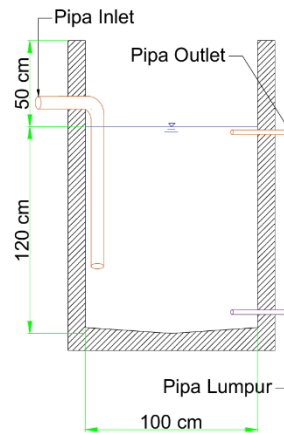
$$\text{COD} = 5.532 \text{ mg/L} \times 49\% = 2.719,68 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{tersisa}} = 5.532 \text{ mg/L} - 2.719,68 \text{ mg/L} = 2.812,32 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS} = 422,82 \text{ mg/L} \times 70\% = 295,97 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{tersisa}} = 422,82 \text{ mg/L} - 295,97 \text{ mg/L} = 126,85 \text{ mg/L}$$

Berikut Gambar 3 merupakan desain bak sedimentasi awal.



Gambar 3. Bak Sedimentasi Awal

Bak biofilter anaerobik merupakan metode pengolahan limbah cair yang menggunakan peran mikroorganisme dalam menguraikan senyawa organik maupun anorganik melalui proses oksidasi tanpa memerlukan oksigen. Biofilter anaerobik dapat menghilangkan kadar BOD sebesar 65-90% (Kemenkes, 2011), COD 70-90% (Aristiana & Purnomo, 2020), dan TSS sebesar 70% (Hidayati, 2017). Berikut merupakan perhitungan bak biofilter anaerobik.

Diketahui:

$$\text{Debit}(Q) = 5,76 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 0,24 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{BOD}_{\text{influent}} = 1.417,1 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{influent}} = 2.812,32 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{influent}} = 126,85 \text{ mg/L}$$

Beban BOD dan COD di dalam air limbah:

$$\text{BOD} = 8,2 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD} = 16,2 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Volume media biofilter} = \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Standar beban BOD}} = \frac{8,2 \text{ kg/hari}}{4 \text{ kg/m}^3/\text{hari}} = 2,05 \text{ m}^3 \quad (8)$$

$$\text{Volume reaktor} = \frac{100}{60} \times 2,05 \text{ m}^3 = 3,42 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{eaktor}} \text{ tiap ruang} = 3,42 : 2 = 1,71 \text{ m}^3$$

Dimensi bak anaerobik:

$$\text{Panjang} = 1,84 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0,92 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Ruang bebas} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga, volume efektif} = P \times L \times H = 1,84 \text{ m} \times 0,92 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 3,4 \text{ m}^3 \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Cek waktu tinggal} &= \frac{\text{volume total}}{Q} \\ &= \frac{1,84 \times 0,92 \times 2}{0,24} = 14,2 \text{ jam} \end{aligned} \quad (10)$$

Volume media biofilter dibagi menjadi 2 bagian, dengan 40% digunakan untuk ruang pertama dan 60% digunakan untuk ruang kedua (Kemenkes, 2011), sehingga volume media yang diperlukan sebesar:

Ruang pertama:

$$\begin{aligned} \text{Volume media} &= 40\% \times V_{\text{media diperlukan}} \\ &= 40\% \times 2,05 \text{ m}^3 = 0,82 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah media} &= \frac{\text{Volume media}}{\text{Volume satu buah media}} \\ &= \frac{0,82}{0,36} = 2,27 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned} \quad (12)$$

Ruang kedua:

$$\begin{aligned} \text{Volume media} &= 60\% \times V_{\text{media diperlukan}} \\ &= 60\% \times 2,05 \text{ m}^3 = 1,23 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah media} &= \frac{\text{Volume media}}{\text{Volume satu buah media}} \\ &= \frac{1,23}{0,36} = 3,42 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned} \quad (14)$$

Dimensi ruang biofilter:

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan volume} &= \text{ruang 1: ruang 2} \\ &= 40\% : 60\% = 2 : 3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang ruang pertama} &= \frac{2}{5} \times \text{Panjang bak anaerobik} \\ &= \frac{2}{5} \times 1,84 = 0,74 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang ruang kedua} &= \frac{3}{5} \times \text{Panjang bak anaerobik} \\ &= \frac{3}{5} \times 1,84 = 1,1 \text{ m} \end{aligned}$$

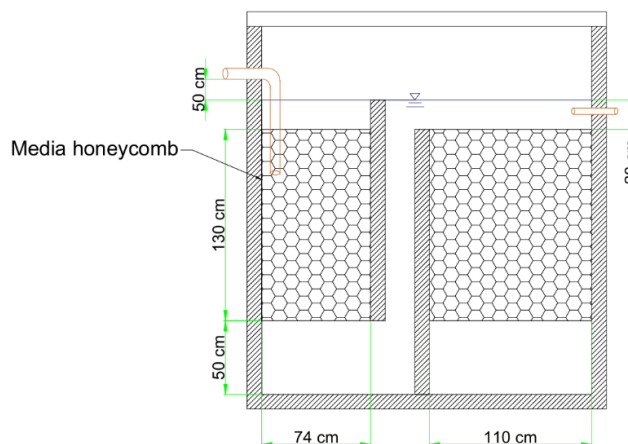
Penurunan kualitas effluent:

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= 1.417,1 \text{ mg/L} \times 90\% = 1.275,39 \text{ mg/L} \\ \text{BOD}_{\text{tersisa}} &= 1.417,1 \text{ mg/L} - 1.275,39 \text{ mg/L} = 141,71 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= 2.812,32 \text{ mg/L} \times 90\% = 2.531,1 \text{ mg/L} \\ \text{COD}_{\text{tersisa}} &= 2.812,32 \text{ mg/L} - 2.531,1 \text{ mg/L} = 281,22 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= 126,85 \text{ mg/L} \times 70\% = 88,79 \text{ mg/L} \\ \text{TSS}_{\text{tersisa}} &= 126,85 \text{ mg/L} - 88,79 \text{ mg/L} = 38,06 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Berikut Gambar 4 merupakan desain bak biofilter anaerobik.



Gambar 4. Bak Biofilter Anaerobik

Bak reservoir merupakan bangunan atau tangki yang berfungsi untuk menampung dan menyimpan air hasil pengolahan (Harmiyati, 2018). Berikut merupakan perhitungan bak reservoir

Diketahui:

$$\text{Debit (Q)} = 5,76 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,24 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,004 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 20 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= Q \times t_d \\ &= 0,004 \text{ m}^3/\text{menit} \times 20 \text{ menit} \\ &= 0,08 \text{ m}^3 \approx 0,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi bak:

$$\text{Panjang} = 0,64 \text{ m}$$

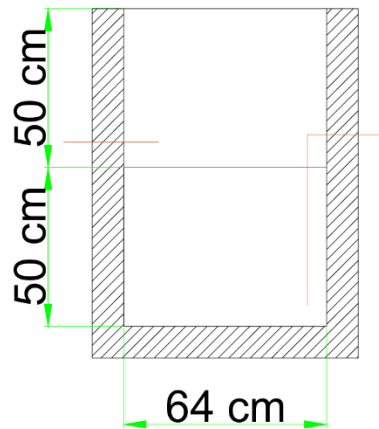
$$\text{Lebar} = 0,32 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Ruang bebas} = 0,5 \text{ m}$$

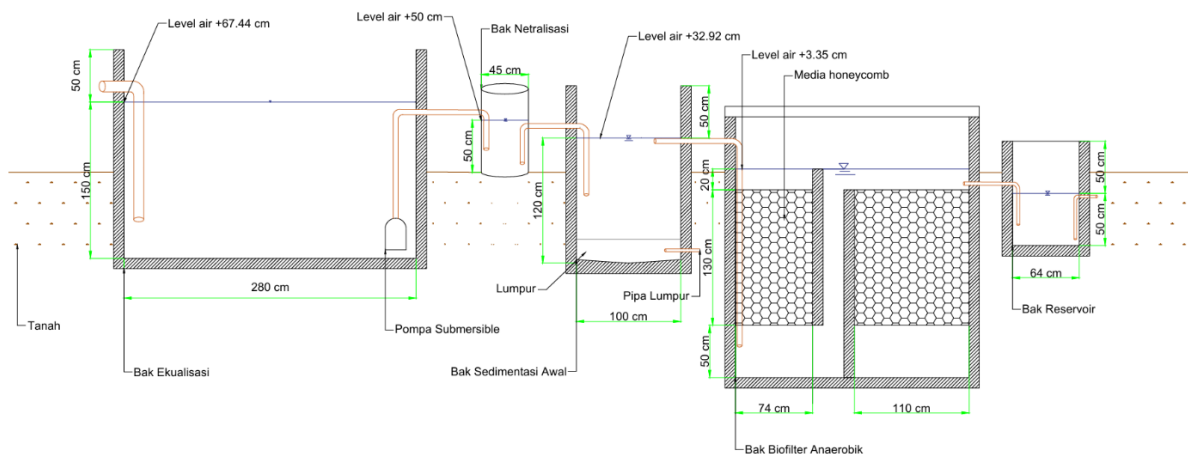
$$\text{Volumen efektif} = P \times L \times H = 0,64 \text{ m} \times 0,32 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,1 \text{ m}^3$$

Berikut Gambar 5 merupakan desain bak reservoir.



Gambar 5. Bak Reservoir

Berikut Gambar 6 merupakan desain skema perencanaan IPAL.



Gambar 6. Skema Perencanaan IPAL

Dari kualitas *effluent* yang diperoleh dari hasil pengolahan ini akan dibandingkan dengan standar baku mutu limbah cair industri tahu. Standar ini merujuk pada parameter utama, yaitu BOD, COD, TSS dan

pH, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 5 Tahun 2014. Perbandingan ini bertujuan untuk mengevaluasi apakah *effluent* hasil olahan telah memenuhi persyaratan lingkungan sebelum dibuang ke badan air penerima. Hasil perbandingan antara kualitas *effluent* dan nilai baku mutu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Kualitas Effluent dengan Baku Mutu

Parameter	Satuan	<i>Influent</i> Limbah Cair	<i>Effluent</i> Limbah Cair	Baku Mutu	Keterangan
				PermenLHK No. 5 Thn 2014	
pH	-	4,63	7	6-9	Memenuhi
BOD	mg/L	3.374	141,71	150	Memenuhi
COD	mg/L	5.532	281,22	300	Memenuhi
TSS	mg/L	486	38,06	200	Memenuhi

4. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa karakteristik limbah cair industri tahu sebelum pengolahan berdasarkan PermenLHK No. 5 Tahun 2014, menunjukkan bahwa semua parameter masih belum memenuhi baku mutu dengan nilai BOD sebesar 3.374 mg/L, COD sebesar 5.532 mg/L, TSS sebesar 486 mg/L, dan pH sebesar 4,63. Setelah dilakukan perencanaan IPAL, kualitas limbah cair industri tahu mengalami penurunan dengan nilai BOD menjadi 141,71 mg/L, COD menjadi 281,22 mg/L, TSS menjadi 38,06 mg/L, dan pH meningkat menjadi 7. Air limbah tahu berasal dari perendaman dan pencucian kedelai, pemadatan, pencetakan, dan pencucian peralatan. Hasil pengukuran debit limbah cair industri tahu yang diperoleh dari outlet sebesar 0,00016 m³/detik untuk debit harian maksimum dan 0,00014 m³/detik untuk debit harian rata-rata dengan waktu operasional 8 jam perhari. Hasil perhitungan berdasarkan dari debit limbah cair tahu dan kualitas limbah cair tahu diperoleh rencana desain IPAL, meliputi bak ekualisasi (2,8 m × 1,4 m × 1,5 m), bak netralisasi ($\varnothing = 0,225$ m, h = 0,5 m), bak sedimentasi awal (1 m × 0,5 m × 1,2 m), bak biofilter anaerobik dengan 2 kompartemen (1,84 m × 0,92 m × 2 m), dan bak reservoir (0,64 m × 0,32 m × 0,5 m).

5. Daftar Pustaka

- Alfiah, T., dan Pertiwi, D. D. (2024). Performance of Dairy Factory Wastewater Treatment Plant (Case Study of Pasuruan Dairy Factory East Java). 8(2), 181–186. <https://doi.org/10.23969/jcbeem.v8i2.17576>
- Aristiana, T., dan Purnomo, Y. S. (2020). Penurunan Kadar COD, TSS, dan Ammonia Total (NH₃-N) Pada Air Limbah Pematangan Puyuh Dengan Menggunakan Biofilter Anaerob-Aerob. *Enviroous*, 1(1), 22–27. <https://doi.org/10.33005/enviroous.v1i1.14>
- Faisal, M., Gani, A., Mulana, F., dan Daimon, H. (2016). Treatment and Utilization of Industrial Tofu Waste in Indonesia. *Asian Journal of Chemistry*, 28(3), 501–507. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2016.19372>
- Harmiyati. (2018). Tinjauan Proses Pengolahan Air Baku (Raw Water) menjadi Air Bersih pada Sarana Penyediaan Air Minum (SPAM) Kecamatan Rangsang Kabupaten Kepulauan Meranti. *Jurnal Saintis*, 18(1), 1–15. [https://doi.org/10.25299/saintis.2005.vol8\(2\).2808](https://doi.org/10.25299/saintis.2005.vol8(2).2808)
- Haslinah, A. (2020). Ukuran Partikel dan Konsentrasi Koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Penurunan Persentase COD dalam Limbah Cair Industri Tahu. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 15(01), 50–53. <https://doi.org/10.47398/iltek.v15i01.510>
- Herdhiansyah, D., Reza, R., Sakir, S., dan Asriani, A. (2022). Kajian Proses Pengolahan Tahu: Studi Kasus Industri Tahu Di Kecamatan Kabangka Kabupaten Muna. *Agritech : Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 24(2), 231–237. <https://doi.org/10.30595/agritech.v24i2.13375>
- Hidayati, S. S. (2017). Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Tahu Fit Malang Dengan Digester Anaerobik dan Biofilter Anaerobik-Aerobik.

- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2011). Seri Sanitasi Lingkungan Pedoman Teknik Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan.
- Kementerian LHK. (2021). Laporan Tahun 2021 DJP (Issue 0251).
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. <https://jdih.maritim.go.id/>, 1–83. <https://jdih.maritim.go.id/en/peraturan-menteri-negara-lingkungan-hidup-no-5-tahun-2014>
- Metcalf, dan Eddy. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. In McGraw Hill Companies, Inc.
- Pamungkas, A. W., dan Slamet, A. (2017). Pengolahan Tipikal Instalasi Pengolahan Air Limbah Tahu di Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 131–136.
- Reynolds, Richard, A. P., dan D, T. (1996). Unit Operations and Process in Enviromental Engineering (2th ed.). PWS Publishing Company.
- Riisgaard-Jensen, M., Dottorini, G., Nierychlo, M., dan Nielsen, P. H. (2023). Primary Settling Changes The Microbial Community of Influent Wastewater to Wastewater Treatment Plants. *Water Research*, 244(2023), 120495. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120495>
- Setiadji, W., Effendi, N. R., Sutrisno, W., Mashadi, A., dan Galuh, D. L. C. (2023). Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Berdasarkan Parameter COD, BOD, TSS, pH (Studi Kasus Industri Tahu di Dusun Janten Ngestiharjo Kasihan Bantul). *Proceedings Series on Physical & Formals Sciences*, 6, 20–28. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v6i.848>