



Perencanaan dan penghitungan pengolahan limbah tahu di Pabrik Tahu Banggle, Jombang

MUHAMMAD RAYNALDI REZA PALEVI¹, EKO NOERHAYATI^{1*}, ANITA RAHMAWATI¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang; Malang, Jawa Timur, 65411, Indonesia

*Korespondensi: eko.noerhayati@unisma.ac.id

Diterima: 20 Desember 2023

Direvisi akhir: 31 Januari 2024

Disetujui: 19 Februari 2024

ABSTRAK

Latar Belakang: Industri pengolahan kedelai menjadi tahu berdampak terhadap lingkungan. Industri tersebut menghasilkan sisa berupa air limbah, yang jika dibuang tanpa dikelola terlebih dahulu akan menimbulkan kerusakan dan pencemaran bagi lingkungan. Salah satunya adalah pabrik tahu Banggle di Jombang. Penelitian ini bertujuan untuk membuat rencana dan penghitungan instalasi pengolahan air limbah di pabrik tersebut. **Metode:** Metode penelitian ini adalah pengujian laboratorium untuk mengetahui kuantitas air limbah dan pengamatan langsung untuk mengetahui kondisi lapangan sehingga dapat menentukan rencana yang sesuai dengan kondisi lapangan. **Temuan:** Penelitian ini menemukan bahwa debit air limbah terbesar yaitu 18.000 L/hari atau 18 m³/hari. Maka dari itu, pipa ditanam di bawah tanah untuk menghindari kebocoran. Adapun penelitian ini menghasilkan ukuran yang harus dipenuhi oleh bak pengolahan limbah sebagai hasil perhitungan. **Kesimpulan:** Ukuran-ukuran tersebut perlu diperhatikan dalam pemasangan instalasi pengolahan limbah.

KATA KUNCI: limbah; penghitungan; perencanaan.

ABSTRACT

Background: The soybean processing industry into tofu has environmental impacts. This industry generates waste in the form of wastewater, which if discharged without prior management will cause damage and pollution to the environment. One of them is the Banggle tofu factory in Jombang. This study aims to create a plan and calculation of wastewater treatment installations at the factory. **Methods:** The research method is laboratory testing to determine the quantity of wastewater and direct observation to determine field conditions so that appropriate plans can be made according to the field conditions. **Finding:** This study found that the largest wastewater discharge is 18,000 L/day or 18 m³/day. Therefore, pipes are buried underground to avoid leakage. This research also produces the sizes that must be met by the wastewater treatment tank as a result of calculations. **Conclusion:** These sizes need to be considered in the installation of wastewater treatment facilities.

KEYWORDS: waste; calculation; planning.

1. Pendahuluan

Karena kedelai mengandung banyak gizi bagi kesehatan, tidak mengherankan apabila kedelai dikonversi menjadi berbagai produk: tahu, salah satunya. Dalam hal ini, sentra atau industri pembuatan tahu, salah satunya, terdapat di Genukwatu, Ngoro, Jombang, yakni pabrik tahu Banggle. Pabrik yang berdiri sejak 2011 ini memiliki lahan produksi seluas 15 x 30 meter. Sayangnya, berdirinya pabrik ini tentu diikuti dengan keluaran (*output*) berupa limbah sebagai hasil industri (Ummah & Hidayah, 2018). Memang benar bahwa industri di

Cara Pengutipan:

Palevi, M. R. R., Noerhayati, E., & Rahmawati, A. (2024). Perencanaan dan penghitungan pengolahan limbah tahu di Pabrik Tahu Banggle, Jombang. *JIPAGI: Jurnal Inovasi Pangan dan Gizi*, 1(1), 34-48. <https://doi.org/10.61511/jipagi.v1i1.742>.

Copyright: © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



mana saja dan setia saat berimplikasi terhadap lingkungan karena limbah yang dikeluarkannya secara kimiawi mengandung zat-zat yang destruktif bagi lingkungan.

Persoalannya adalah limbah itu dikelola atau tidak. Tanpa pengelolaan, akan timbul masalah di sekitar lingkungan, yang pada gilirannya berdampak terhadap kesehatan masyarakat lokal (Rahmanto & Purnomo, 2020). Industri tahu, dalam hal ini, menghasilkan limbah cair. Limbah cair adalah limbah yang berupa cairan sebagai hasil proses industri atau berbagai kegiatan manusia yang lain. Pembuangan limbah ini tanpa pengelolaan lebih lanjut akan berdampak terhadap berbagai makhluk hidup di perairan, termasuk kondisi kimiawi dan fisis air, seperti suhu, warna, bau, tingkat kekeruhan, dan rasa. Maka dari itu, dibutuhkan strategi untuk mengatasi limbah cair ini sekaligus upaya untuk menjaga kelestarian lingkungan, khususnya sumber daya air. Salah satu solusi yang dapat diberlakukan adalah pemasangan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) (Almufid, 2020).

2. Metode

Penelitian ini mengandalkan pemerolehan data primer secara langsung dengan cara melakukan pengamatan atau observasi di lapangan. Lapangan yang dimaksud tentu saja adalah pabrik tahu Banggle di Jombang. Observasi dilakukan untuk mendapatkan data empiris, foto, gambar, dan keterangan lainnya. Selain itu, metode ini didukung pula dengan wawancara. Melalui pengamatan ini, penulis mendapatkan data, seperti karakteristik pH, TSS, BOD, dan COD air untuk diteliti di laboratorium. Hasil pengujian di laboratorium, selanjutnya, akan menjadi dasar dalam menentukan perencanaan IPAL.

IPAL merupakan sentralisasi pengolahan air limbah atas bangunan yang digunakan untuk mengolah limbah cair lokal, yang dioperasikan secara baik, agar air limbah yang dibuang ke lingkungan sesuai dengan baku mutu lingkungan. Sistem ini didirikan untuk mencegah dan mengatasi polusi air dari limbah cair, yang dapat diinstalasi pada berbagai industri yang berpotensi menimbulkan limbah (Almufid, 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum menyusun perencanaan, kuantitas limbah cair harus dipahami terlebih dahulu. Dalam industri pembuatan tahu, debit limbah air diukur dari tahap pencucian, penggilingan, hingga perendaman tahu. Penulis mewawancarai pengelola industri untuk mengetahui debit kebutuhan air dalam sehari dengan mengasumsikan bahwa air bersih secara keseluruhan menjadi limbah. Dengan demikian, penulis mendapatkan data mengenai debit limbah cair. Hal itu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan air dan debit air limbah Pabrik Tahu Banggle

Proses	Jumlah kedelai rata-rata kg/hari	Kebutuhan air liter/hari	Debit air limbah liter/hari
Pencucian dan perendaman kedelai, Penggilingan, pemasakan, penyaringan dan penggumpalan Perendaman tahu	1.200	22.500	18.000

(Hasil wawancara di Pabrik Tahu Banggle, 2023)

Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik pabrik tahu didapatkan data pada Tabel 1, hasil penggunaan air bersih dari Pabrik Tahu Banggle Jombang adalah 22.500 L/hari atau 22,5 m³ /hari. Dengan debit air limbah terbesar yaitu 18.000 L/hari atau 18 m³/hari.

3.1. Perencanaan pipa limbah cair

3.1.1 Debit air limbah

Perencana pertama-tama harus menghitung debit puncak air untuk memperkirakan dimensi pipa air limbah dan debit maksimal air per hari dalam proses pembuatan bak equalisasi. Debit tersebut dihitung dengan cara sebagai berikut.

a. Debit limbah harian (Qab)

Debit rata-rata air limbah diperkirakan sekitar 80% dari debit rerata air bersih (Lumonon, 2021).

$$\begin{aligned} Q_{ab} &= 80\% \times \text{Debit rata - rata air bersih} \\ &= 80\% \times 22.500 \text{ L/Hari} \\ &= 80\% \times 0,26041667 \text{ L/detik} \\ &= 0,208333336 \text{ L/detik} \\ &= 18000 \text{ L/Hari} = 18 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

b. Debit air limbah rata-rata

Untuk mengetahui debit harian rata-rata dengan cara mengkonversi debit dalam satuan m³/hari ke m³/jam dengan jam kerja 13 jam/hari.

$$\begin{aligned} Q_{ave} &= \frac{18 \text{ m}}{13 \text{ jam}} \\ &= 1,38 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

c. Debit Peak

$$\begin{aligned} Q_{peak} &= Q_{ave} \times \text{factor peak} \\ &= 1,38 \times 2 \\ &= 2,76 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 46 \text{ L/menit} \\ &= 0,76 \text{ L/detik} \\ &= 0,00076 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

3.1.2 Perencanaan dimensi pipa

$$\begin{aligned} \text{Elevasi tanah hulu} &= 98 \text{ m} \\ \text{Elevasi tanah hilir} &= 97,8 \text{ m} \\ \text{Panjang saluran} &= 6 \text{ m} \\ \text{Kemiringan tanah (S)} &= \frac{98-97,8}{6} \\ &= 0,03 = 3\% \text{ kemiringan tanah (memenuhi)} \end{aligned}$$

Ditentukan pipa jenis *polyvinyl chloride* (PVC) dengan diameter 110 mm (4") sesuai dengan *Buku Saku Panduan Sanitasi*. PVC sering dipakai karena memberikan berbagai keuntungan, seperti kemudahan dalam penyambungan, tahan terhadap korosi dan asam, memiliki fleksibilitas, ringan, dan memiliki karakteristik aliran yang sangat baik. Dengan menggunakan pipa PVC, maka didapatkan sebagai berikut.

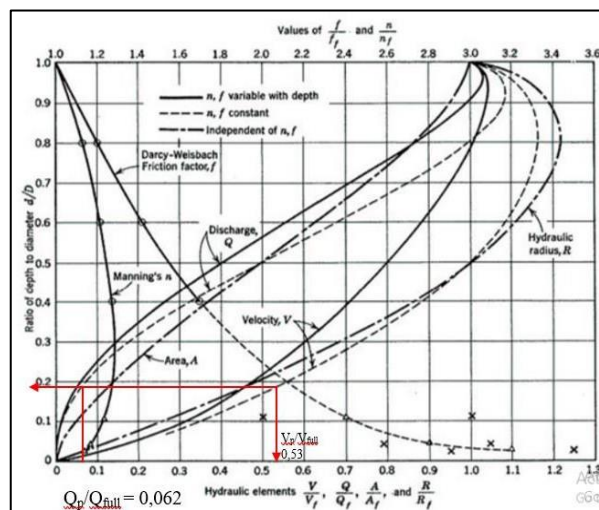
$$\begin{aligned} \text{Kekasaran manning (n)} &= 0,012 \\ \text{Debit rencana (Qpeak)} &= 0,00076 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Kemiringan saluran} &= 0,03 = 3\% \\ \text{Koefisien kekasaran manning} &= 0,012 \end{aligned}$$

Nilai Q_{vull} = 1,3 m/detik

Setelah mengetahui nilai V_{full} kemudian dicari nilai Q_{full} , setelah itu cari nilai Q_p / Q_{full} dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{full} &= V_{full} \times A \\
 &= 1,3 \text{ m/detik} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2\right) \\
 &= 1,3 \text{ m/detik} \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 3,14 \times 0,11^2\right) \\
 &= 0,01235 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 Q_p / Q_{full} &= 0,00076 / 0,01235 \\
 &= 0,06153 \\
 &= 0,062 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Kemudian mencari nilai V/V_{full} , nilai V/V_{full} dapat diketahui dengan melihat pada grafik elemen hidrolika pada Gambar 1 berikut. Diketahui nilai Q_p/Q_f



Gambar 1. Grafik elemen hidrolika

Dari grafik diatas diketahui nilai V/V_{full} sebesar 0,53 sehingga diketahui nilai V_{peak} adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_{peak} &= \frac{V_{peak}}{V_{full}} \times V_{full} \\
 &= 0,53 \times 1,3 \\
 &= 0,689 = 0,7 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

3.1.2 Perencanaan penanaman pipa

Untuk perencanaan penanaman pipa influent dibutuhkan data sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi tanah hulu} &= 98 \text{ m} \\
 \text{Elevasi tanah hilir} &= 97,8 \text{ m, Direncanakan:} \\
 \text{Panjang pipa} &= 6 \text{ m} \\
 \text{Slope pipa} &= 0,03 \\
 \text{Headloss} &= \text{slope pipa} \times \text{panjang pipa} \\
 &= 0,03 \times 6 \text{ m} \\
 &= 0,18 = 0,2 \text{ m} \\
 \text{Elevasi rencana hilir} &= \text{elevasi rencana hulu} - \text{headloss}
 \end{aligned}$$

$$= 98 \text{ m} - 0,2 \text{ m}$$

$$= 97,8 \text{ m}$$

Maka didapat kedalaman tanah sebagai berikut.

a. Kedalaman galian tanah hulu bagian atas

$$= \text{Elevasi tanah hulu} - \text{Elevasi rencana hulu}$$

$$= 98 \text{ m} - 98 \text{ m}$$

$$= 0 \text{ m}$$

b. Kedalaman galian tanah hulu bagian bawah

$$= \text{Kedalaman galian tanah hulu bagian atas} + \text{diameter pipa luar}$$

$$= 0 \text{ m} + 0,11 \text{ m}$$

$$= 0,11 \text{ m}$$

c. Kedalaman galian tanah hilir bagian atas

$$= \text{elevasi tanah hilir} - \text{elevasi rencana hilir}$$

$$= 97,8 \text{ m} - 97,8 \text{ m}$$

$$= 0 \text{ m}$$

d. Kedalaman galian tanah hilir bagian bawah

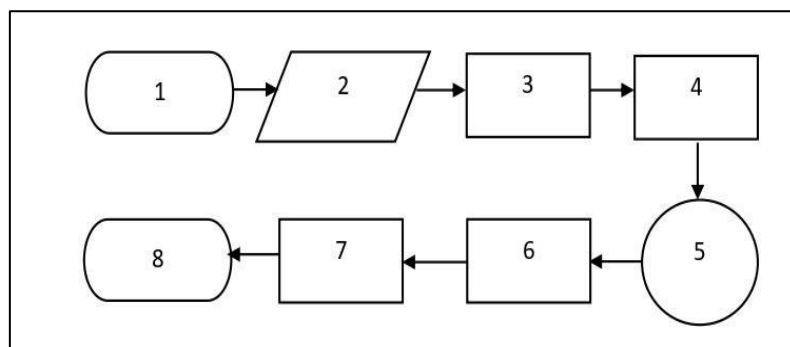
$$= \text{Kedalaman galian tanah hilir bagian atas} + \text{diameter pipa luar}$$

$$= 0 \text{ m} + 0,11 \text{ m}$$

$$= 0,11 \text{ m}$$

Pemasangan pipa air limbah dengan cara ditanam kemudian diletakkan di bawah permukaan tanah. Pipa air limbah dipasang di bawah dengan pertimbangan untuk meminimalisasi risiko kebocoran pada pipa tersebut. Pipa ditanam pada kedalaman 0,11 m atau 11 cm dari permukaan tanah.

3.2. Perhitungan dimensi IPAL



Gambar 2. Flowchart umum IPAL

Keterangan :

1. Proses mulai
2. Air limbah yang masuk
3. Bak ekualisasi (tahap awal – sedimen)
4. Biodigester
5. ABR (sekunder setelah di bak)
6. Biofilter (tingkat kebersihan air sekitar 90%)
7. Kolam saniter (menurunkan karakteristik air limbah untuk kebutuhan irigasi)
8. Selesai

3.2.1 Bak ekualisasi

Bak ekualisasi adalah tahap awal untuk menampung air limbah sementara dan mengelola debit air ke IPAL. Bak ini dilengkapi dengan layar bar untuk memfilter limbah padat (ampas tahu) yang boleh jadi ikut hanyut ke dalam saluran pembuangan air limbah.

$$\begin{aligned}\text{Debit limbah cair} &= 18 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,75 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Waktu produksi limbah rata-rata} &= 13 \text{ jam}\end{aligned}$$

a. Influent

Debit harian maksimum digunakan sebagai debit limbah, di mana debit limbah sebesar $18 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan jam kerja selama 13 jam.

$$\begin{aligned}\text{Flow rate} &= \frac{\text{debit limbah cair}}{\text{waktu produksi limbah}} \\ &= \frac{18}{13} \\ &= 1,384 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 23,07 \text{ L/menit}\end{aligned}$$

b. Perhitungan dimensi

$$\begin{aligned}\text{Volume bak yang diperlukan} & \\ \text{Waktu tinggal direncanakan selama} & 4 \text{ jam} \\ \text{Volume bak} &= \text{Flow rate} \times 4 \text{ jam} \\ &= 1,384 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \text{ jam} \\ &= 5,536 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Perencanaan dimensi bak} & \\ \text{Lebar bak} &= \frac{\text{volume}}{\text{panjang} \times \text{tinggi}} \\ &= \frac{5,536}{3 \text{ m} \times 2 \text{ m}} \\ &= 0,922 \\ &= 1 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka dimensi yang ditetapkan} & \\ \text{Dimensi} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\ &= 3 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Ruang bebas rencananya memiliki tinggi 0,5 m, sehingga bak memiliki kedalaman 2,5 m.

Spesifikasi pompa

$$\begin{aligned}\text{Flow rate} &= \frac{\text{debit limbah cair}}{\text{waktu produksi limbah}} \\ &= \frac{18}{13} \\ &= 1,384 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 23,07 \text{ L/menit}\end{aligned}$$

Nilai debit air limbah yang dipompa tiap hari menjadi tolok ukur untuk menentukan pompa yang diperlukan. Mengingat debit air sebesar 23,07 L/menit, maka diperlukan pompa dengan tipe celup, berkapasitas 30—100 L/menit, bertotal *head* 2—7 meter, dan

daya listrik sebesar 300 watt. Yang direkomendasikan adalah Submersible Water Pump QX15-18-1.5.

3.2.2 Biodigester anaerob

a. Influent

Debit limbah yang masuk pada bak anaerob biofilter sebesar sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit limbah cair} &= 18 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,75 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Waktu produksi limbah rata-rata} &= 13 \text{ jam} \\
 \text{Flow rate} &= \frac{18}{13} \\
 &= 1,384 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 23,07 \text{ L/menit}
 \end{aligned}$$

Kadar senyawa organik yang masuk ke bak pengendap awal ialah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{TSS}_{\text{influent}} &= 211,2 \text{ mg/L} = 211,2 \text{ g/m}^3 \\
 \text{BOD}_{\text{influent}} &= 8180 \text{ mg/L} = 8180 \text{ g/m}^3 \\
 \text{COD}_{\text{influent}} &= 2610 \text{ mg/L} = 2610 \text{ g/m}^3
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan dimensi

Dalam hal suhu dan waktu tinggal *reactor digester anaerobic*, Metcalf & Eddy (2003) mengemukakan bahwa jika temperatur dalam reaktor diputuskan sebesar 350°C, direncanakan waktu tinggalnya adalah 10 hari. Kadar TSS dengan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{TSS} &= \text{Efisiensi digester} \times \text{TSS}_{\text{influent}} \\
 &= 40\% \times 211,2 \text{ g/m}^3 \\
 &= 84,48 \text{ g/m}^3 \\
 &= 0,084 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Debit limbah harian pada biodigester anaerob dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{limbah}} &= \frac{\text{TSS} \times Q}{pw \times Sd \times Ps} \\
 &= \frac{0,084 \times 18}{1000 \times 1,02 \times 0,05} \\
 &= 0,029 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Volume yang dibutuhkan di dalam reaktor dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{reaktor}} &= Q_{\text{limbah}} \times t_d \\
 &= 0,029 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10 \text{ hari} \\
 &= 0,29 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi pada biodigester anaerobik dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter} &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{Tinggi silinder} &= 2 \text{ m tinggi kubah} \\
 &= 1,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Effluent

Penetapan efisiensi penyisihan BOD, COD dan TSS secara berurutan adalah 85%, 85% dan 40% (Hidayati, 2017) sehingga kadar senyawa *effluent* limbah cair ialah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{TSS}_{\text{effluent}} &= 60\% \times \text{TSS}_{\text{influent}} \\ &= 60\% \times 211,2 \text{ mg/L} \\ &= 126,72 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{effluent}} &= 15\% \times \text{BOD}_{\text{influent}} \\ &= 15\% \times 8180 \text{ mg/L} \\ &= 1227 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{effluent}} &= 15\% \times \text{COD}_{\text{influent}} \\ &= 15\% \times 2610 \text{ mg/L} \\ &= 391,5 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Maka kadar senyawa yang tersisihkan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{TSS}_{\text{tersisihkan}} &= \text{TSS}_{\text{influent}} - \text{TSS}_{\text{effluent}} \\ &= 211,2 \text{ mg/L} - 126,72 \text{ mg/L} \\ &= 84,48 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{BOD}_{\text{influent}} - \text{BOD}_{\text{effluent}} \\ &= 8180 \text{ mg/L} - 1227 \text{ mg/L} \\ &= 6953 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{COD}_{\text{influent}} - \text{COD}_{\text{effluent}} \\ &= 2610 \text{ mg/L} - 391,5 \text{ mg/L} \\ &= 2218,5 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

d. Net mass of cell tissue produced per day

$$\begin{aligned} S_0 &= 1,6 \times 2610 \text{ mg/L} = 4176 \text{ mg/L} = 4,176 \text{ kg/m}^3 \\ S &= 4,176 \text{ kg/m}^3 (1-0,75) \\ &= 1,044 \text{ kg/m}^3 \\ P_x &= \frac{0,04 \cdot 18 (4,176 - 1,044)}{1 + 0,02 (5)} \\ &= 0,205 \text{ kg/d} \end{aligned}$$

e. Volume gas metana yang dihasilkan

$$\begin{aligned} \text{VCH}_4 &= 0,4 [(\text{S}_0 - \text{S}) \cdot Q] - 1,42 \cdot P_x \\ &= 0,4 [(4,176 - 1,044) \cdot 18] - 1,42 \times 0,205 \\ &= 23 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

3.2.3 Biodigester anaerob

a. Influent

Debit limbah yang masuk pada bak anaerob biofilter sebesar sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah cair} &= 18 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,75 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu produksi limbah rata-rata} &= 13 \text{ jam} \\
 \text{Flow rate} &= \frac{18}{13} \\
 &= 1,384 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 23,07 \text{ L/menit}
 \end{aligned}$$

Kadar senyawa organik yang masuk ke bak pengendap awal ialah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{TSS}_{\text{influent}} &= 126,72 \text{ mg/L} = 126,72 \text{ g/m}^3 \\
 \text{BOD}_{\text{influent}} &= 1227 \text{ mg/L} = 1227 \text{ g/m}^3 \\
 \text{COD}_{\text{influent}} &= 391,5 \text{ mg/L} = 391,5 \text{ g/m}^3
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan dimensi

Beban BOD dan COD di dalam limbah cair (kg/hari)

$$\begin{aligned}
 \text{BOD} &= Q \times \text{Kadar BOD} \\
 &= 18 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1227 \text{ g/m}^3 \\
 &= 22086 \text{ g/hari} \\
 &= 22,1 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD} &= Q \times \text{kadar COD} \\
 &= 18 \text{ m}^3/\text{hari} \times 391,5 \text{ g/m}^3 \\
 &= 7047 \text{ g/hari} \\
 &= 7,1 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Besar BOD dan COD yang dihilangkan dalam bak anaerobik

$$\begin{aligned}
 \text{BOD} &= \text{efisiensi bak anaerobik} \times \text{beban BOD (kg/hari)} \\
 &= 70\% \times 22,1 \text{ kg/hari} \\
 &= 15,47 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD} &= \text{efisiensi bak anaerobik} \times \text{beban COD (kg/hari)} \\
 &= 70\% \times 7,1 \text{ kg/hari} \\
 &= 4,97 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Standar beban BOD

$$\begin{aligned}
 V_{\text{media biofilter}} &= \frac{\text{beban BOD}}{\text{Standar beban BOD}} \\
 &= \frac{21}{3} \\
 &= 7,36 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume media biofilter

$$\begin{aligned}
 V_{\text{reaktor biofilter}} &= \frac{100}{60} \times V_{\text{media biofilter}} \\
 &= \frac{100}{60} \times 7,36 \\
 &= 12,26 \text{ m}^3 \\
 &= 12,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Direncanakan terdapat 2 ruang sehingga $V_{\text{reaktor biofilter}} = 12,3 : 2 = 6,15 \text{ m}^3$. Waktu tinggal di dalam reaktor atau bak anaerobik $t_d = V_{\text{reaktor}} \text{ diperlukan } \frac{6,15}{18} \times 24 = 8,2 \text{ jam}$. Adapun dimensi bak anaerobik yang dibutuhkan ialah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah bak} &= 2 \text{ bak} \\
 \text{Lebar} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= \frac{\text{volume}}{\text{lebar} \times \text{panjang}} \\
 &= \frac{6,15}{1 \times 1} \\
 &= 6,15 = 6,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka dimensi yang ditetapkan :

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\
 &= 6,2 \times 1 \times 1 \\
 &= 6,2 \text{ m}^3 \geq 6,15 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tinggi jagaan direncanakan 0,2 m sehingga total kedalaman bak sebesar 1,2 m.

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\
 &= 6,2 \times 1 \times 1,2 \\
 &= 7,44 \text{ m}^3 \\
 \text{Total dimensi keseluruhan} &= 7,44 \text{ m}^3 + 7,44 \text{ m}^3 \\
 &= 14,88 \text{ m}^3 \geq 12,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

c. Media biofilter

Anaerobik yang ditetapkan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 6,2 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman} &= \frac{\text{volume media biofilter/ruang}}{\text{panjang} \times \text{lebar}} \\
 &= \frac{7,36/2}{6,2 \times 1} \\
 &= 0,59 = 0,6
 \end{aligned}$$

Maka dimensi media biofilter yang dihasilkan tiap ruang adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\
 &= 6,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \\
 &= 3,72 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

d. Effluent

Material plastik berupa sarang tawon digunakan sebagai media penyaringan. Adapun penetapan efisiensi penyisihan TSS, BOD, dan COD secara berurutan adalah 70%, 90%, dan 70% sehingga kadar senyawa *effluent* limbah cair ialah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{TSS}_{\text{effluent}} &= 30\% \times \text{TSS}_{\text{influent}} \\
 &= 30\% \times 126,72 \text{ mg/L} \\
 &= 38 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_{\text{effluent}} &= 10\% \times \text{BOD}_{\text{influent}} \\
 &= 30\% \times 1227 \text{ mg/L} \\
 &= 122,7 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\text{COD}_{\text{effluent}} = 30\% \times \text{COD}_{\text{influent}}$$

$$= 30\% \times 391,5 \text{ mg/L}$$

$$= 117,45 \text{ mg/L}$$

Maka kadar senyawa yang tersisihkan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{TSS}_{\text{tersisihkan}} = \text{TSS}_{\text{influent}} - \text{TSS}_{\text{effluent}}$$

$$= 126,72 \text{ mg/L} - 38 \text{ mg/L}$$

$$= 88,72 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD}_{\text{tersisihkan}} = \text{BOD}_{\text{influent}} - \text{BOD}_{\text{effluent}}$$

$$= 1227 \text{ mg/L} - 122,7 \text{ mg/L}$$

$$= 1104,3 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{tersisihkan}} = \text{COD}_{\text{influent}} - \text{COD}_{\text{effluent}}$$

$$= 391,5 \text{ mg/L} - 117,45 \text{ mg/L}$$

$$= 274,05 \text{ mg/L}$$

3.2.4 Perhitungan kolam saniter (bak pengendap akhir)

a. Influent

Debit harian terbesar digunakan sebagai debit limbah, yaitu 18 m³/hari dengan jam kerja 13 jam.

$$\text{Flow rate} = \frac{18}{17}$$

$$= 1,058 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 17,6 \text{ L/menit}$$

Kadar senyawa parameter organik yang masuk dari proses anaerobik terhitung sebagai berikut.

$$\text{TSS}_{\text{influent}} = 38 \text{ mg/L} = 38 \text{ g/m}^3$$

$$\text{BOD}_{\text{influent}} = 122,7 \text{ mg/L} = 122,7 \text{ g/m}^3$$

$$\text{COD}_{\text{influent}} = 117,45 \text{ mg/L} = 117,45 \text{ g/m}^3$$

b. Perhitungan dimensi

$$\text{Waktu tinggal direncanakan (td)} = 3 \text{ jam}$$

$$\text{Volume bak saniter Volume} = Q \times \text{td}$$

$$= 1,058 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam}$$

$$= 3,174 = 3,2 \text{ m}^3$$

Dimensi bak saniter ditetapkan

$$\text{Lebar} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = \frac{\text{volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}}$$

$$= \frac{3,2}{1,5 \times 1,5}$$

$$= 1,4 \text{ m}$$

Maka dimensi yang ditetapkan

$$\text{Dimensi} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman}$$

$$= 1,4 \times 1,5 \times 1,5$$

$$= 3,15 \text{ m}^3$$

Tinggi jagaan direncanakan 0,2 m sehingga total kedalaman sebesar 1,7m.

$$\begin{aligned}\text{Cek waktu tinggal (td) rata-rata} &= \frac{3,15}{1,058} \\ &= 2,97 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban permukaan rata-rata} &= \frac{Q}{A} \\ V_0 &= \frac{1,058}{1,2 \times 1,5} \\ &= 0,58 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ jam}\end{aligned}$$

c. Spesifikasi pompa

Pompa yang diperlukan memiliki tipe celup, dengan kapasitas 100—150 dan *head* sebesar 2 m. rekomendasinya adalah Grundfos Tipe NS 5-33M.

d. Effluent

Nilai efisiensi penyisihan BOD, COD dan TSS adalah 10%, 10% dan 90% (Hidayati, 2017). Dengan demikian, kadar senyawa *effluent* air limbah ialah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{BOD}_{\text{effluent}} &= 90\% \times \text{BOD}_{\text{influent}} \\ &= 90\% \times 122,7 \text{ mg/L} \\ &= 110,4 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD}_{\text{effluent}} &= 90\% \times \text{COD}_{\text{influent}} \\ &= 90\% \times 117,45 \text{ mg/L} \\ &= 105,7 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{TSS}_{\text{effluent}} &= 10\% \times \text{TSS}_{\text{influent}} \\ &= 10\% \times 38 \text{ mg/L} \\ &= 3,8 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Maka kadar senyawa yang tersisihkan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{TSS}_{\text{tersisihkan}} &= \text{TSS}_{\text{influent}} - \text{TSS}_{\text{effluent}} \\ &= 38 \text{ mg/L} - 3,8 \text{ mg/L} \\ &= 34,2 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{BOD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{BOD}_{\text{influent}} - \text{BOD}_{\text{effluent}} \\ &= 122,7 \text{ mg/L} - 110,4 \text{ mg/L} \\ &= 12,3 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{COD}_{\text{influent}} - \text{COD}_{\text{effluent}} \\ &= 117,45 \text{ mg/L} - 105,7 \text{ mg/L} \\ &= 11,75 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Perhitungan dimensi IPAL disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Total dimensi IPAL

Proses	Panjang	Lebar	Diameter (m)	Tinggi			Luas m ³
				Atas	Bawah	Total	
Bak ekualisasi	3	1				2,5	6,5

Biodigester anaerob		2,5	1,25	2	3,25	9
Biofilter anaerob	6,2	1			1,2	7,44
Bak pengendap akhir	1,4	1,5			1,7	4,6

Diestimasikan bahwa pada tiap bak pengolahan, ada efisiensi yang akan mengurangi substansi organik pada limbah cair. Perkiraan tersebut bisa dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perkiraan kualitas *effluent*

Tahapan	Parameter			pH
	COD	BOD	TSS	
		mg/L		
<i>Influent</i>	2610	8180	211,2	7,24
Bak ekualisasi	0%	0%	0%	
	2610	8180	211,2	
Biodigester anaerob	15%	15%	60%	
	391,5	1227	126,72	
Biofilter anaerob	30%	10%	30%	
	117,45	122,7	38	
Bak pengendap akhir	90%	90%	10%	
	105,7	110,4	3,8	
<i>Effluent</i>	105,7	110,4	3,8	7,24

Hasil estimasi kualitas *effluent* melalui pengolahan IPAL selanjutnya dikomparasikan dengan standar baku mutu air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Nomor 72 Tahun 2013. Hal ini bertujuan untuk menemukan bahwa seluruh parameter telah sejalan dengan standar tersebut. Adapun komparasi tersebut tampak pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perbandingan *effluent* dengan baku mutu air limbah

Parameter	Baku Mutu	Effluent	Keterangan
COD (mg/L)	300	105,7	Memenuhi
BOD (mg/L)	150	110,4	Memenuhi
TSS (mg/L)	100	3,8	Memenuhi
Ph (mg/L)	6 – 9	7,24	Memenuhi

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penghitungan desain IPAL, bak ekualisasi bervolume 3 m x 1 m x 2,5 m; biodigester anaerob bervolume 2,5 m dan 3,25 m; bak biofilter anaerob yang terdiri dari dua orang bervolume 6,2 m x 1 m x 1,2 m; bak pengendap air akhir bervolume 1,4 m x 1,5 m x 1,7 m.

Kontribusi Penulis

Penulis berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

Pendanaan

Penelitian ini tidak menggunakan pendanaan eksternal.

Pernyataan Dewan Peninjau Etis

Tidak berlaku.

Pernyataan *Informed Consent*

Tidak berlaku.

Pernyataan Ketersediaan Data

Tidak berlaku.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Akses Terbuka

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media atau format apa pun. selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan lain dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat salinan lisensi ini, kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daftar Pustaka

- Almufid, A. (2020). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Studi Kasus Proyek Ipal PT. Sumber Masanda Jaya Di Kabupaten Brebes Provinsi Jawa Tengah Kapasitas 250 m²/Hari. *Jurnal Teknik*, 9(1), 92-100. <http://dx.doi.org/10.31000/jt.v9i1.2868>.
- Hidayati, S. S. (2017). *Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Tahu FIT Malang dengan Digester Anaerobik dan Biofilter Anaerobik-Aerobik* (Disertasi, Universitas Brawijaya). <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/1588/>.
- Lumunon, E. I., Riogilang, H., & Supit, C. J. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kiniar Di Kota Tondano. *Tekno*, 19(77), 67-76. <https://doi.org/10.35793/jts.v19i77.34282>.
- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill
- Rahmanto, A. D. & Purnomo, P. T. (2020). Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Berbasis Masyarakat (Studi Kasus Desa Karanganyar Kec. Kalianget Kab. Sumenep). *Narotama Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 11-20. <https://doi.org/10.31090/njts.v4i2.1262>.
- Ummah, M. & Hidayah, H. A. N. (2018). Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Gula PT. X di Kabupaten Kediri Jawa Timur. *Window of Health: Jurnal Kesehatan*, 1(3), 260-268. <https://jurnal.fkmumi.ac.id/index.php/woh/article/view/735/207>.

Biografi Penulis

MUHAMMAD RAYNALDI REZA PALEVI, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang.

- Email: raynaldireza36@gmail.com
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

EKO NOERHAYATI, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang.

- Email: eko.noerhayati@unisma.ac.id
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8610-9255>
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: 57202853349
- Homepage: -

ANITA RAHMAWATI, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang.

- Email: -
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -