

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PADA INDUSTRI TAHU (Studi Kasus Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan)

Mohammad Debby Rizani, Ikhwanudin, Khilya Milkhatul Iffah, Gilar Maynalda Prayogi

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

E-mail: dbyrizani@gmail.com, khilyamil@gmail.com, maynalda3@gmail.com

Abstrak

Dalam proses produksinya, industri tahu menghasilkan limbah padat dan cair. Limbah tersebut mengandung bahan organik dengan kadar BOD, COD, dan TSS yang cukup tinggi dan tidak memenuhi baku mutu. Apabila limbah tersebut langsung dibuang ke lingkungan, akan menurunkan daya dukung lingkungan. Penelitian ini dilakukan di Pabrik Tahu WD Lamper Lor, dengan tujuan untuk merencanakan desain serta RAB pelaksanaan konstruksi instalasi pengolahan air limbah pada Pabrik Tahu tersebut. Penelitian ini menggunakan metode analisa kuantitatif yang disajikan dalam bentuk angka – angka yang kemudian dijelaskan dan diinterpretasikan dalam bentuk uraian. Kualitas BOD, COD, TSS, serta pH berturut – turut sebesar 144 mg/L; 380 mg/L; 98 mg/L; dan 4,34. Berdasarkan baku mutu, air limbah tersebut tersebut belum memenuhi syarat maka diperlukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah. Peneliti merencanakan tahapan pengolahannya yaitu Bak Penampung, Bak Ekualisasi, Digester Anaerobik, Penampung Gas, Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, serta Bak Pengendapan Akhir. Perkiraan effluent hasil pengolahan BOD, COD, dan TSS berturut – turut sebesar 2,916 mg/L; 7,695 mg/L; 2,116 mg/L. Selain mengolah menjadi air yang layak pakai kembali, desain instalasi pengolahan air limbah ini menghasilkan gas metana yang dapat digunakan untuk proses pembuatan tahu tersebut atau dapat dimanfaatkan pada skala rumah tangga. Total rencana anggaran biaya perencanaan Instalasi Pengeolahan Air Limbah pada Pabrik Tahu WD adalah senilai Rp31.106.117,05.

Kata kunci: digester anaerobik, penampung gas, biofilter anaerobik

Abstract

In the production process, the tofu industry produces solid and liquid waste. The waste contains organic matter with high levels of BOD, COD, and TSS and does not meet quality standards. If the waste is directly discharged into the environment, it will reduce the carrying capacity of the environment. This research was conducted at the WD Lamper Lor Tofu Factory, with the aim of planning the design and RAB for the construction of the wastewater treatment plant at the Tofu Factory. This research uses quantitative analysis methods which are presented in the form of numbers which are then explained and interpreted in the form of descriptions. The quality of BOD, COD, TSS, and pH were 144 mg/L, respectively; 380 mg/L; 98 mg/L; and 4.34. Based on the quality standards, the wastewater does not meet the requirements, so it is necessary to plan a wastewater treatment plant. Researchers plan the processing stages, namely Reservoir, Equalization, Anaerobic Digester, Gas Storage, Presettlement Tub, Anaerobic Biofilter, and Final Sedimentation Tub. The estimated effluent from the processing of BOD, COD, and TSS is 2,916 mg/L, respectively; 7.695 mg/L; 2.116 mg/L. In addition to processing it into water that is fit for reuse, the design of this wastewater treatment plant produces methane gas that can be used for the tofu-making process or can be used on a household scale. The total budget plan for the planning of the Wastewater Treatment Plant at the WD Tofu Factory is 31,106,117.05.

Keywords: anaerobic digester, gas reservoir, anaerobic biofilter

I. PENDAHULUAN

Masalah pembuangan limbah ataupun sampah adalah salah satu masalah yang ada di

setiap kota di Indonesia. Pembuangan limbah yang tidak dilakukan berdasarkan aturan atau undang –

undang yang telah ditetapkan pemerintah akan mengakibatkan tercemarnya lingkungan serta merusak ekosistem.

Limbah adalah bahan/barang sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya, kecuali yang dapat dimakan oleh manusia dan hewan. (Memperindag RI, 1997). Menurut Abdurrahman (2006), berdasarkan wujud limbah yang dihasilkan, limbah terbagi menjadi 3 (tiga) diantaranya adalah: Limbah padat, limbah cair, dan limbah gas.

Salah satu limbah yang mencemari lingkungan adalah limbah dari pengolahan tahu. Limbah cair tahu dapat mencemari air karena mengandung polutan organik berupa BOD, COD, TSS.

Di daerah Lamper Lor kecamatan Semarang Selatan terdapat beberapa *home industry* tahu. Salah satunya adalah Pabrik Tahu WD yang beralamat di Lamper Krajan 02/02 No 37A. Pembuangan limbah cair pengolahan tahu langsung dibuang ke aliran sungai yang berada tepat di depan lokasi pabrik tersebut. Setiap harinya membuang kurang lebih 10 drum air limbah, perdrum memiliki kapasitas 200 liter. Hal itu menyebabkan pencemaran pada air sungai tersebut karena tidak adanya proses pengolahan yang baik terlebih dahulu. Oleh karena itu diperlukan suatu instalasi pengolahan air limbah (IPAL).

Rumusan masalah merupakan pengkajian / peninjauan terhadap inti permasalahan yang harus diatasi, selanjutnya dicari inti dari permasalahan

tersebut yang kemudian akan didapatkan solusi dari permasalahan – permasalahan yang timbul. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana kualitas dan kuantitas limbah yang dihasilkan oleh Pabrik Tahu WD di Lamper Lor Kecamatan Semarang Selatan?
- b. Bagaimana perencanaan konstruksi instalasi pengolahan air limbah menjadi biogas pada Pabrik Tahu WD di Lamper Lor Kecamatan Semarang Selatan?
- c. Berapa biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan konstruksi instalasi pengolahan air limbah dari proses pembuatan tahu?

Dalam penelitian ini terdapat beberapa Batasan masalah sebagai berikut:

- a. Tempat studi kasus penelitian yaitu di Pabrik Tahu WD Lamper Lor, kecamatan Semarang Selatan.
- b. Air limbah yang diolah adalah *grey water*/limbah cair industri tahu.
- c. Aspek yang dinilai yaitu aspek teknis, meliputi penyisihan parameter dan konstruksi IPAL, dan aspek biaya meliputi rencana anggaran biaya.
- d. Parameter yang digunakan adalah BOD, COD, TSS, serta pH.
- e. Tidak menggunakan analisa pada konstruksi IPAL.
- f. Metode yang digunakan pada RAB adalah metode analisa peraturan Dinas PU Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah, 2022.

Manfaat yang dapat diambil dari penyusunan skripsi perencanaan ini meliputi :

- a. Menambah pengetahuan dalam bidang perencanaan struktur, khususnya mengenai Instalasi Perencanaan Air Limbah skala terpusat.
- b. Mampu merencanakan konstruksi pengolahan air limbah menjadi biogas.
- c. Dapat menghitung biaya yang dibutuhkan untuk konstruksi IPAL.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik limbah cair industri tahu, adalah sebagai berikut:

1. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*
Biochemical oxygen demand (BOD) merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut (Metcalf, dan Eddy, 2003).
2. *Chemical Oxygen Demand (COD)*
Chemical oxygen demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator dalam mengoksidasi material organik maupun anorganik (Metcalf, dkk, 2003).
3. *Total Suspended Solid (TSS)*
Total suspended solid (TSS) merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, dan tidak dapat mengendap langsung (Effendi Hefni, 2003).
4. Derajat Keasaman (pH)
 Air limbah industri tahu bersifat asam, sehingga terjadi pelepasan zat-zat yang mudah menguap, dan mengeluarkan bau busuk (Adibroto, T., 1997).

Baku mutu limbah bagi usaha dan pengolahan kedelai telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup (2014) dengan rincian

sebagai berikut:

Tabel 1. Baku mutu air limbah bagi usaha dan kegiatan pengolahan kedelai.

Parameter	Pengolahan Kedelai	
	Tahu	
	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)
BOD	150	3
COD	300	6
TSS	200	4
pH	6-9	
Kualitas air limbah Paling tinggi	10	

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, 2014

Keterangan :

1. *)kecuali untuk pH.
 2. Satuan kualitas air limbah adalah m³ per ton bahan baku.
 3. Satuan beban adalah kg per ton bahan baku
- a. Bak Ekualisasi

Beberapa kriteria desain pada bak ekualisasi sebagai berikut:

Tabel 2. Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Parameter	Satuan	Nilai
Kedalaman Minimum	M	1,5 – 2
Ambang Bebas	m	1
Laju Penompaan Udara	M3/menit	0.01 – 0,015

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Untuk menentukan dimensi bak ekualisasi, ditentukan dahulu volume yang diperlukan dengan rumus:

$$V \text{ diperlukan} = Q \times t_d$$

Dengan:

$$Q \text{ limbah} = \text{debit limbah (m}^3 \text{ /jam)}$$

$$td = \text{waktu tinggal (jam)}$$

Waktu tinggal (td) yang dipersyaratkan rata – rata berkisar 3 – 5 (Kementerian Kesehatan, 2011)

Menentukan dimensi:

Dibutuhkan : Lebar & Kedalaman (ditentukan)

$$\text{Panjang} : \frac{\text{volume}}{(\text{Lebar} \times \text{kedalaman})}$$

Maka dimensi yang di tetapkan

$$\text{Dimensi} : \text{Lebar} \times \text{kedalaman} \times \text{tinggi} : m^3$$

b. Digester anaerobik

Perhitungan volume pada *digester* sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2003):

$$V_{\text{reaktor}} = Q_{\text{limbah}} \times td$$

Dengan:

$$Q_{\text{limbah}} = \text{debit limbah harian (m}^3/\text{hari)}$$

$$td = \text{waktu tinggal (hari)}$$

dengan temperatur dan waktu tinggal (td)

yang digunakan pada desain sebagai berikut:

Tabel 3. Temperatur dan Waktu Tinggal Digester Anaerobik

Operating Temperatur, °C	SRT (minimum)	SRTdes
18	11	28
24	8	20
30	6	14
35	4	10
40	4	10

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

c. Bak pengendapan awal, biofilter anaerobic, dan bak pengendapan akhir

Menentukan dimensi bak pengendapan awal, ditentukan dahulu volume yang diperlukan dengan rumus:

$$V_{\text{diperlukan}} = Q \times td$$

Dengan:

$$V = \text{volume (m}^3\text{)}$$

$$Q_{\text{limbah}} = \text{debit limbah (m}^3/\text{jam)}$$

td = waktu tinggal (jam), dengan waktu tinggal (td) selama 1 – 2 jam.

Menentukan dimensi:

Dibutuhkan: Lebar & Kedalaman (ditentukan)

$$\text{Panjang} : \text{volume}/(\text{Lebar} \times \text{kedalaman})$$

Maka dimensi yang di tetapkan

$$\text{Dimensi} : \text{Lebar} \times \text{kedalaman} \times \text{tinggi} : m^3$$

Penentuan volume media biofilter adalah 60% dari jumlah total volume reaktor (Kementerian Kesehatan, 2011), maka volume reaktor yang diperlukan dengan rumus sebagai berikut:

$$V_{\text{reaktor diperlukan}} = \frac{100}{60} \times V_{\text{media biofilter}}$$

Waktu tinggal dan efisiensi penyisihan beban COD dapat ditetapkan berdasarkan temperatur didalam reaktor yang dapat ditentukan pada tabel berikut (Metcalf & Eddy, 2003):

Tabel 4. Klasifikasi Berdasarkan Air Limbah Pada Anaerobik

Wastewater	Temperature	COD loading kg/m ³ .d	r, h	COD removed, %
Citric acid	35	42	24	70
Starch, whey	35	8,2	105	99
Milk	36	3-5	10-12	71-85
Molasses	37	12-30	3-8	50-95
Glucose	35	10	12	95
Sulfite, pulp	35	3-18	3-62	60-80

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Waktu tinggal (td) yang diperlukan di dalam reaktor didapatkan dari rumus berikut:

$$T_d = \frac{V_{reaktor\ diperlukan}}{Q}$$

Dengan:

t_d = waktu tinggal (jam)

V = Volume reaktor yang diperlukan (m^3)

Q = debit limbah (m^3 /jam)

Menentukan dimensi:

Dibutuhkan: Lebar & Kedalaman
(ditentukan)

Panjang : $\text{volume}/(\text{Lebar} \times \text{kedalaman})$

Maka dimensi yang di tetapkan

Dimensi : Lebar x kedalaman x tinggi
: m^3

Dalam menentukan volume bak pengendapan akhir yang diperlukan, sebagai berikut:

$$V = Q \times t_d$$

Dengan:

Q = debit limbah yang akan masuk (m^3 /jam)

t_d = waktu tinggal (jam)

Waktu tinggal (t_d) dalam bak pengendapan akhir umumnya berkisar 2 - 5 jam (Kementerian Kesehatan, 2011)

Cek waktu tinggal (t_d) rata – rata, sebagai berikut:

$$T_d = \frac{V_{total}}{Q}$$

Dengan:

T_d = waktu tinggal (jam)

V_{total} = Volume total bak pengendapan akhir (m^3)

Q = debit limbah (m^3 /jam)

Beban permukaan rata – rata, dengan rumus:

$$V_0 = \frac{Q}{A}$$

Dengan:

V_0 = beban permukaan rata – rata (m^3 / m^2 .jam)

Q = debit limbah (m^3 /jam)

A = luas permukaan rata – rata (m^2)

Menentukan dimensi:

Dibutuhkan : Lebar & Kedalaman
(ditentukan)

Panjang : $\text{volume}/(\text{Lebar} \times \text{kedalaman})$

Maka dimensi yang di tetapkan

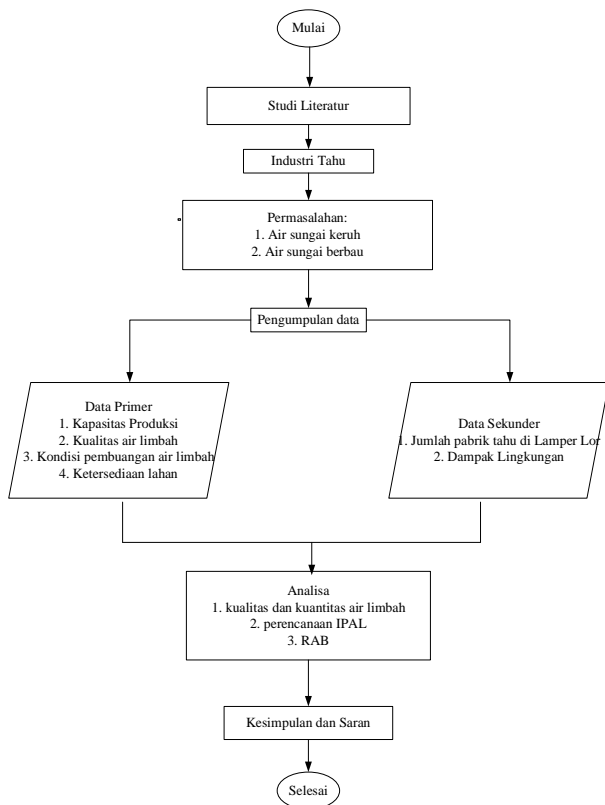
Dimensi : Lebar x kedalaman x tinggi
: m^3

III.METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu metode kuantitatif. Sementara metode kuantitatif adalah pendekatan penelitian yang banyak menggunakan angka – angka, mulai dari mengumpulkan data, penafsiran terhadap data yang diperoleh, serta pemaparan hasilnya (Arikunto, 2006).

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian perencanaan dimana akan dilakukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk mengolah limbah cair industri tahu. Parameter yang diuji sebelum dan sesudah eksperimen adalah BOD, COD, TSS, serta pH untuk memperoleh data – data mengenai karakteristik limbah cair industri tahu.

IV. DIAGRAM ALIR PENELITIAN



V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kualitas air limbah dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan dan PAK Provinsi Jawa Tengah. Air limbah yang diambil sebanyak 5 liter.

Tabel 5. Kualitas Limbah Cair Pabrik Tahu WD Lamper Lor

No	Parameter	Hasil	Baku Mutu	Satuan	Metode
1	TSS	98	100	mg/L	SNI 06.6989.3.2004
2	pH*	4,34	6 – 9	-	SNI 6989.11-2019
3	BOD	144	150	mg/L	SNI 6989.72-2009
4	COD	380	275	mg/L	SNI 6989.73.2019

Setelah dilakukan uji laboratorium pada air limbah pengolahan tahu Pabrik Tahu WD di Balai Lab Kesehatan dan PAK Provinsi Jawa Tengah dengan parameter BOD, COD, TSS, dan pH dapat diketahui bahwa parameter BOD dan TSS memenuhi baku mutu. Pada parameter COD tidak memenuhi baku mutu, karena menunjukkan hasil 380 mg/L sedangkan baku mutu yang ditetapkan adalah 275 mg/L. Parameter pH tidak memenuhi karena hasil pengujian sebesar 4,34 sedangkan baku mutu yang ditetapkan antara 6 – 9.

Dengan adanya hasil laboratorium pada parameter COD dan pH yang tidak memenuhi baku mutu, maka dengan ini peneliti melakukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah supaya air limbah dari pabrik tahu tersebut memenuhi baku mutu dan menghasilkan air bersih yang layak untuk dimanfaatkan kembali.

Pengukuran debit limbah cair pengolahan tahu dilakukan dengan cara menghitung volume kebutuhan air pada tiap-tiap proses pembuatan tahu.

Tabel 6. Analisa Pengukuran Debit

No	Proses	Volume Air Limbah (liter) per hari
1	Perendaman	386,4
2	Pencucian	386,4
3	Perebusan	579,6
Total		1.352,4

(Sumber: Balai Lab Kes dan PAK Provinsi Jawa Tengah, 2022)

Berikut adalah perhitungan debit rencana air limbah:

a. Debit harian (Qab) : $1,35 \text{ m}^3/\text{hari}$

= $4,93 \text{ L}/\text{menit}$

b. Debit infiltrasi

Besarnya debit infiltrasi adalah 10 – 20% dari besarnya debit air buangan (Moduto, 2000)

$$\begin{aligned} Q_{inf} &= 10\% \times Q_{ab} \\ &= 10\% \times 1,35 \\ &= 0,135 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

c. Debit harian maksimum (Qmd)

Debit harian maksimum adalah debit air limbah pada keadaan pemakaian air maksimum. *Factor peak* (fp) berdasarkan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU 1996 untuk kategori perkotaan sebesar 1,75 – 2,0 maka, debit harian maksimum (Qmd) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{md} &= fp \times Q_{ab} \\ &= 1,75 \times 1,35 \\ &= 2,367 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

d. Debit puncak

Debit puncak adalah debit air limbah yang dipergunakan dalam menghitung dimensi saluran. Debit puncak merupakan penjumlahan dari debit maksimum dan debit infiltrasi/*inflow*.

$$\begin{aligned} Q_{peak} &= Q_{md} + Q_{inf} \\ &= 2,367 + 0,135 \\ &= 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dimensi bak penampung dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah} &= 2,367 \text{ m}^3/\text{hari}, \text{ dengan } 8 \text{ jam} \\ &\text{ kerja} \\ &= \frac{2,367 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{8 \text{ jam}} \\ &= 0,296 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi

- Volume bak yang diperlukan:

$$\text{Volume} = 0,296 \text{ m}^3$$

- Dimensi yang dibutuhkan:

Lebar dan kedalaman ditetapkan oleh peneliti

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

$$\text{Kedalaman} = 0,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \frac{\text{volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}} \\ &= \frac{0,296}{1 \times 1} \\ &= 0,296 \text{ m} \sim 1 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka dimensi yang ditetapkan:

$$\begin{aligned} \text{Dimensi} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \\ &\text{kedalaman} \\ &= 1 \times 1 \times 0,3 \\ &= 0,3 \text{ m}^3 > \\ &0,296 \text{ m}^3 \text{ (volume yang} \\ &\text{diperlukan)} \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan bak ekualisasi:

Debit limbah yang digunakan adalah debit limbah harian maksimum

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah (Q)} &= 2,367 \text{ m}^3/\text{hari}, \text{ dengan } 8 \\ &\text{ jam kerja} \\ &= \frac{2,367 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam}} \\ &= 0,296 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 4,93 \text{ L}/\text{menit} \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi

- Waktu tinggal di dalam bak sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal (t}_d\text{)} &= 4 \\ &\text{ jam (Kementerian Kesehatan, 2011)} \end{aligned}$$

- Volume bak yang diperlukan:

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times t_d \\ &= 0,296 \times 4 \end{aligned}$$

$$= 1,18 \text{ m}^3$$

- Dimensi yang dibutuhkan:

Lebar dan kedalaman ditetapkan oleh peneliti

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

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

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

$$= \frac{1,18}{1,5 \times 1}$$

$$= 0,788 \text{ m} \sim 0,8 \text{ m}$$

Maka dimensi yang ditetapkan:

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

$$= 0,8 \times 1,5 \times 1$$

$$= 1,2 \text{ m}^3 > 1,18 \text{ m}^3$$

(volume yang diperlukan)

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

Berikut adalah perhitungan dari dimensi digester anaerobik:

- Debit yang digunakan adalah debit harian

$$\text{Debit limbah} = 1,35 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan Dimensi

- Mengandung 95% kadar air dalam limbah cair dan memiliki *specific gravity* (Sd) sebesar 1,02 (Metcalf & Eddy, 2003).

- Kadar TSS

$$\text{TSS} = \text{Efisiensi digester} \times \text{TSS}_{\text{masuk}}$$

$$= 40\% \times 98$$

$$= 39,2 \text{ g/m}^3$$

$$= 0,039 \text{ kg/m}^3$$

- Debit limbah harian pada digester anaerobik

$$Q_{\text{limbah}} = \frac{\text{TSS} \times Q}{\rho_w \times S_d \times P_s}$$

$$= \frac{0,039 \times 1,35}{1000 \times 1,02 \times 0,05}$$

$$= 0,00103 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Volume yang dibutuhkan di dalam reaktor

$$V_{\text{reaktor}} = Q_{\text{limbah}} \times t_d$$

$$= 0,00103 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10 \text{ hari}$$

$$= 0,01039 \text{ m}^3$$

- Volume ruang gas yang berbentuk kubah diperhitungkan sebesar 20% dari volume total digester (Sari dkk, 2012), sehingga:

$$\text{Volume kubah} = \frac{V_{\text{reaktor}}}{4}$$

$$= \frac{0,01039}{4}$$

$$= 0,00259 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total} = V_{\text{reaktor}} + V_{\text{kubah}}$$

$$= 0,01039 + 0,00259$$

$$= 0,01299 \text{ m}^3$$

- Dimensi pada digester anaerobik

Diameter silinder, tinggi silinder, dan tinggi kubah ditetapkan oleh peneliti.

$$\text{Diameter} = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi silinder} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kubah} = 0,125 \text{ m}$$

$$\text{Kontrol volume} = \text{volume silinder} + \text{volume kubah}$$

$$= (\pi \times r^2 \times t) + \left(\frac{2}{3} \times \pi \times r^3\right)$$

$$= \left(\frac{22}{7} \times 0,125^2 \times 0,2\right) +$$

$$\left(\frac{2}{3} \times \frac{22}{7} \times 0,125^3\right)$$

$$= 0,01391 \text{ m}^3 > 0,01299 \text{ m}^3 \text{ (volume total yang diperlukan)}$$

Setelah ukuran biodigester ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah merancang gas penampung. Secara umum, perancangan volume biodigester dengan volume penampung biogas

dapat dibuat dengan perbandingan 3 : 1 sampai 10 : 1 dengan 5 : 1 sampai 6 : 1 adalah yang paling umum digunakan (Uli, *et al.*, 1989). Pada penelitian ini, dipilih perbandingan 3 : 1. Maka perhitungannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{\text{volume digester}}{3} \\ &= \frac{0,01391}{3} \\ &= 0,00464 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk keselamatan, ukuran dari penampung gas dibuat 10% – 20% lebih besar dari hasil perhitungan. Maka perhitungan dimensinya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume yang dibutuhkan} &= \text{volume} \\ \text{penampung} + 20\% \text{ volume penampung} \\ &= 0,00464 + (20\% \times 0,00464) \\ &= 0,00557 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ukuran ditentukan oleh peneliti

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 0,18 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 0,18 \text{ m} \\ \text{Kedalaman} &= 0,18 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol volume} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \\ &\quad \text{kedalaman} \\ &= 0,18 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} \times 0,18 \text{ m} \\ &= 0,00583 \text{ m}^3 > 0,00557 \\ &\quad \text{m}^3 \quad (\text{volume yang} \\ &\quad \text{dibutuhkan}) \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan dimensi dari bak pengendapan awal.

- Debit yang masuk bak pengendapan awal

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah (Q)} &= 1,3524 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= \frac{1,3524}{8} \\ &= 0,169 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi

- Waktu tinggal di dalam reaktor

$$\text{Waktu tinggal} = 2 \text{ jam (Hidayati, 2017)}$$

- Volume yang dibutuhkan dalam reaktor

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times t_d \\ &= 0,169 \times 2 \\ &= 0,338 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi yang dibutuhkan

Lebar dan kedalaman ditetapkan oleh peneliti

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= 0,7 \text{ m} \\ \text{Kedalaman} &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \frac{\text{volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}} \\ &= \frac{0,338}{0,7 \times 0,6} \\ &= 0,805 \text{ m} \sim 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka dimensi yang ditetapkan:

$$\begin{aligned} \text{Dimensi} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\ &= 0,9 \times 0,7 \times 0,6 \\ &= 0,378 \text{ m}^3 > 0,338 \text{ m}^3 \\ &\quad (\text{volume dalam reaktor}) \end{aligned}$$

Tinggi jagaan direncanakan 0,1 m, sehingga total kedalaman bak menjadi 0,7 m.

- Cek waktu tinggal

$$\begin{aligned} t_d &= \frac{V_{total}}{Q} \\ &= \frac{0,338}{0,169} \\ &= 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan dimensi pada biofilter anaerobik.

- Debit yang masuk pada bak biofilter anaerobik sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Debit limbah (Q)} &= 1,3524 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= \frac{1,3524 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam}} \\ &= 0,169 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

- Standar beban BOD dilihat pada Tabel 2.6 Klasifikasi untuk Penggunaan Filter untuk

high rate dengan *packing* material berupa plastik adalah 0,6 – 3,2 kg BOD/m³.hari menurut Metcalf & Eddy (2003). Beban BOD yang digunakan ditetapkan sebesar 2 kg BOD/m³.hari

$$V_{\text{media biofilter}} = \frac{\text{beban BOD}}{\text{Standar beban BOD}}$$

$$= \frac{0,029 \text{ kg/hari}}{2 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}}$$

$$= 0,014 \text{ m}^3$$

Volume media biofilter sebesar 60% dari jumlah total reaktor (BPPT, 2011), sehingga:

$$V_{\text{reaktor diperlukan}} = \frac{100}{60} \times V_{\text{media biofilter}}$$

$$= \frac{100}{60} \times 0,014 \text{ m}^3$$

$$= 0,02 \text{ m}^3 \sim 0,2 \text{ m}^3$$

- Waktu tinggal di dalam reaktor ditetapkan pada Tabel beban COD 12 – 30 kg/m³.hari dan temperatur rata – rata yaitu 36°C, waktu tinggalnya adalah 3 – 8 jam (Metcalf & Eddy, 2003). Maka cek waktu tinggal (td) yang diperlukan sebagai berikut:

$$T_d = \frac{V_{\text{reaktor diperlukan}}}{Q}$$

$$= \frac{0,1}{1,35} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 3,549 \text{ jam}$$

- Dimensi yang dibutuhkan:

Lebar dan kedalaman diitetapkan oleh peneliti

$$\text{Lebar} = 0,6 \text{ m}$$

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

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

$$= \frac{0,2}{0,6 \times 1}$$

$$= 0,33 \text{ m} \sim 0,4 \text{ m}$$

Maka, dimensi yang ditetapkan:

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

$$= 0,4 \times 0,6 \times 1$$

$$= 0,24 \text{ m}^3$$

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

Berikut adalah perhitungan dimensi dari bak pengendapan akhir.

- Debit limbah yang masuk ke bak pengendapan akhir sebesar:

$$\text{Debit limbah (Q)} = 1,35 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= \frac{1,35 \text{ m}^3/\text{hari}}{8 \text{ jam}}$$

$$= 0,169 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2,817 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perhitungan Dimensi

- Waktu tinggal di dalam reaktor umumnya berkisar 2 – 5 jam (Kementrian Kesehatan, 2011). Ditetapkan sebesar 2,5 jam.

- Volume yang dibutuhkan

$$\text{Volume} = Q \times t_d$$

$$= 0,169 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2,5 \text{ jam}$$

$$= 0,423 \text{ m}^3$$

- Dimensi yang dibutuhkan:

Lebar dan kedalaman diitetapkan oleh peneliti

$$\text{Lebar} = 0,8 \text{ m}$$

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

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

$$= \frac{0,423 \text{ m}^3}{0,8 \text{ m} \times 1 \text{ m}}$$

$$= 0,528 \text{ m} \sim 0,6 \text{ m}$$

Maka, dimensi yang ditetapkan:

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

$$= 0,6 \times 0,8 \times 1$$

= 0,48 m³ > 0,423 m³
(volume yang dibutuhkan dalam reaktor)

yang ada pada limbah cair tahu. Perkiraan kualitas *effluent* dapat dilihat pada tabel berikut:

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

- Cek waktu tinggal rata – rata

$$td = \frac{\text{volume total}}{Q}$$

$$= \frac{0,423 \text{ m}^3}{0,169 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 2,5 \text{ jam}$$

- Beban permukaan rata – rata

$$V_o = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,169 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}}$$

$$= 0,9 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$$

Tabel 5. Perkiraan Kualitas Effluent

PERKIRAAN KUALITAS EFFLUENT			
Tahapan	Parameter		
	BOD	COD	TSS
mg/L			
Influent	144	380	98
Bak Ekualisasi	0%	0%	0%
	144	380	98
Digester Anaerobik	85%	85%	40%
	21,6	57	39,2
Bak Pengendapan Awal	0%	0%	80%
	21,6	57	7,84
Biofilter Anaerobik	85%	85%	70%
	3,24	8,55	2,352
Bak Pengendapan Akhir	90%	90%	70%
	2,916	7,695	2,1168
Effluent	2,916	7,695	2,1168

Tabel 7. Rekapitulasi Dimensi IPAL

REKAPITULASI DIMENSI IPAL							
Proses	P	L	D	Tinggi			Vol dengan tinggi
				Atas	Bawah	Total	
(m)							
Bak Penampung	1	1				0,3	0,3
Bak Ekualisasi	0,8	1,5				1,1	1,32
Digester Anaerobik			0,25	0,125	0,2	0,325	0,00583
Penampung Gas	0,18	0,18				0,18	0,00583
Bak Pengendapan Awal	0,85	0,7				0,7	0,4165
Biofilter Anaerobik	0,4	0,6				1,1	0,164
Bak Pengendapan Akhir	0,6	0,8				1,1	0,528
Volume total							2,80606
Luas lahan yang dibutuhkan	5	2	Luas (m ²)				10

Perencanaan instalasi air limbah terdiri dari tiap bak pengolahan terdapat efisiensi yang diperkirakan akan menurunkan kadar organik

Influent limbah cair pada Pabrik Tahu WD memiliki nilai berturut – turut 144 mg/L; 380 mg/L; dan 98 mg/L.

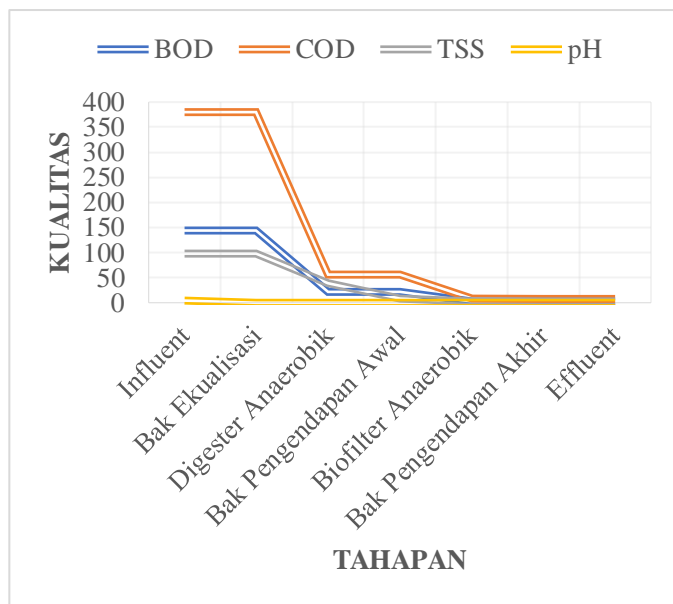
Perkiraan kualitas *effluent* dengan parameter BOD, COD, TSS, dan pH pada masing – masing instalasi disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:

Berikut adalah perbandingan *effluent* air limbah dengan baku mutu:

Tabel 6. Perbandingan *Effluent* dengan Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Baku mutu	<i>Effluent</i> (perkiraan)	Keterangan
BOD (mg/L)	275	2,91	Memenuhi
COD (mg/L)	150	7,69	Memenuhi
TSS (mg/L)	100	0,23	Memenuhi

Gambar 1. Grafik kualitas *Effluent*



Struktur utama dari instalasi pengolahan air limbah menggunakan material baja dengan tebal 1 cm. Tujuan dari pemilihan material baja adalah agar letak IPAL tersebut tidak permanen atau dapat dipindah-pindahkan. Struktur utama adalah sebagai berikut: 1) Bak penampung, 2) Bak ekualisasi, 3) Digester anaerobik dan penampung gas, 4) Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir, 5) Pekerjaan Pipa dan pompa serta Pemasangan Manhole.

Setelah menghitung kebutuhan harga tiap pekerjaan, berikut adalah total perhitungan RAB pada Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk Pabrik Tahu WD:

Tabel 7. Pekerjaan Struktur utama

NO	Nama Pekerjaan	Harga
1	Bak Penampung	Rp 486.414,34
2	Bak Ekualisasi	Rp 85.557,32
3	Digester Anaerobik dan penampung gas	Rp 16.703,69
4	Bak Pengendapan Awal, Biofilter Anaerobik, dan Bak Pengendapan Akhir	Rp 3.562.051,89

5	Pekerjaan Pipa dan pompa serta Pemasangan Manhole	Rp 6.996.709,50
Jumlah		Rp 11.147.436,74

Tabel 8. RAB Pekerjaan Bangunan Pendukung

NO	Uraian Pekerjaan	Harga
1	Pondasi	Rp 1.351.847,64
2	Sloof	Rp 6.280.010,70
3	Plat Lantai	Rp 7.385.511,96
4	Atap Baja Ringan	Rp 4.941.310,00
Jumlah		Rp 19.958.680,31

Tabel Total RAB IPAL

NO	Uraian Pekerjaan	Harga
1	Struktur Utama	Rp 11.147.436,74
2	Bangunan Pendukung	Rp 19.958.680,31
Jumlah		Rp 31.106.117,05

Setelah dilakukan perhitungan pada struktur utama dan bangunan pendukung, hasil dari perhitungan struktur utama dan pendukung sebesar sebesar 31.106.117,05 (Tiga Puluh Satu Juta Seratus Enam Ribu Seratus Tujuh Belas Rupiah Lima Sen).

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pengujian kualitas air limbah dengan parameter BOD, COD, TSS, dan pH berturut – turut menunjukkan hasil sebagai berikut 144

- mg/L (Memenuhi); 380 mg/L (Tidak Memenuhi); 98 mg/L (Memenuhi); dan 4,3 (Tidak Memenuhi). Setelah direncanakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) kualitasnya diperkirakan berubah menjadi sebagai berikut, BOD = 2,916 mg/L (Memenuhi); COD = 7,695 mg/L (Memenuhi); dan TSS = 2,11 mg/L (Memenuhi). Sedangkan secara kuantitas, air limbah yang dihasilkan adalah: debit harian 1,35 m³/hari; debit infiltrasi 0,135 m³/hari; debit harian maksimum 2,37 m³/hari; dan debit puncaknya 2,5 m³/hari.
- 2) Desain IPAL untuk Pabrik Tahu WD Lamper Lor menggunakan bak penampung dengan dimensi 1 m x 1 m x 0,3 m; Bak Ekualisasi (dengan pompa *submersible* kapasitas 10 ltr/menit) dengan dimensi 0,8 m x 1,5 m x 1,1 m; Digester anaerobik berdiameter 0,25 m dan

tinggi 0,325 m; penampung gas berdimensi 0,18 m x 0,18 m; Bak Pengendapan Awal dengan dimensi 0,9 m x 0,7 m x 0,7 m; Biofilter Anaerobik (berisi bioball berjumlah 1052 buah berdiameter 6 cm) dengan dimensi 0,4 m x 0,6 m x 1,1 m; serta Bak Pengendapan Akhir dengan dimensi 0,6 m x 0,8 m x 1,1 m (dengan pompa *submersible* kapasitas 10 ltr/menit).

- 3) Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk struktur utama IPAL sebesar Rp.11.147.436,74 dan bangunan pendukungnya sebesar Rp.19.958.680,31. Maka total Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan ini adalah sebesar Rp. 31.106.117,05 (Tiga Puluh Satu Juta Seratus Enam Ribu Seratus Tujuh Belas Rupiah Lima Sen).

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, Deden. (2006). *Biologi : Kelompok Pertanian dan Kesehatan*. Bandung. Penerbit Grafindo Media Partner.
- Adibroto, T. (1997). *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu Tempe dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob. Kelompok Teknologi Pengolahan Air Bersih dan Limbah Cair*. BPPT. Jakarta Pusat.
- Arikunto, S. (2006). *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Effendi hefni 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan, Perairan*. Penerbis kanisius Yogyakarta.
- Hidayati, Shafiya Sausan. (2017). *Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)Pabrik Tahu Fit Malang dengan Digester Anaerobik dan Biofilter Anaerobik – Aerobik*. Jurnal, Teknik Pengairan. Universitas Brawijaya
- Kementerian Kesehatan (2011). *Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta
- Menperindag. (1997). Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan RI Nomor : 231/MPP/Kep/7/1997 tentang Prosedur Impor Limbah.
- Metcalf, dan Eddy (2003). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. Mc Graw Hill inc. New York.
- Rizani, M.D. (2016), *Waste Management Strategy In Urban Areas To Achieve Target Service(A Case Study On Waste Management In Mojokerto City)*, Journal of Applied Sciences Research 12 (1).

- Rizani, M.D. (2019), *The Priority Of Settlement Sanitation Services Based On Sanitation Risk Level In Mojokerto*, Journal of Engineering and Applied Sciences 14 (10).
- Rizani, M.D. (2019), *The Environmental Sanitation Risk Assessments Based On Public Participation To The Sanitation Management In Residence In Urban Areas Of Mojokerto City*, Journal of Engineering and Applied Sciences 14 (24).
- Rizani, M.D. (2019), *Pengelolaan Sanitasi Permukiman Wilayah Perkotan dengan Metode Teknoparti*, Media Sahabat Cendekia, Surabaya
- Uli, W., Ulrich, S., Nicolai, H. (1989). *Biogas Plant in Animal Husbandry*, Germany : GTZ.