

PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH (SPAL) DAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) UNTUK INDUSTRI TEPUNG SAGU AREN DI DESA PLAJAN

Eka Naelis Aprilianti (ekayaya505@gmail.com)¹

Decky Rochmanto (drochmanto.@unisnu.ac.id)²

Yayan Adi Saputro (yayan@unisnu.ac.id)³

Akhmad Firdos Khoiril Khitam (firdoskhoiril@gmail.com)^{4*}

Naufal Maulana Ismail (naufis@gmail.com)⁵

Muhamad Khayatul Akbar (khayatulakbar25@gmail.com)⁶

Arsweindo Bintang Putra Rohim (arsweindo2023@mhs.unisda.ac.id)⁷

**Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama
Jepara^{1,2,3,4,5}**

**Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Informasi, Komputer, dan Teknik, Universitas Sains Al-
Qur'an⁶**

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Darul 'Ulum⁷

ABSTRAK

Industri tepung sagu aren di Desa Plajan menghasilkan limbah cair dengan kandungan pencemar yang melebihi baku mutu dan masih dibuang langsung ke badan air. Penelitian ini bertujuan merencanakan sistem penyaluran air limbah (SPAL) dan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang sesuai dengan karakteristik limbah industri sagu. Metode perencanaan dilakukan berdasarkan analisis debit air limbah, karakteristik kualitas limbah, serta perancangan unit IPAL secara biologis mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dan literatur perencanaan IPAL. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa debit puncak limbah sebesar 19,38 m³/hari dan 17,24 m³/hari untuk masing-masing industri, dengan panjang jaringan SPAL 80 m menggunakan pipa PVC diameter 5 dan 6 inci. Unit IPAL yang direncanakan terdiri dari bak ekualisasi, digester anaerob, bak pengendap awal, biofilter anaerob, biofilter aerob, dan bak pengendap akhir dengan total kebutuhan biaya sebesar Rp183.033.461,08.

Kata Kunci: SPAL, IPAL, Limbah sagu

ABSTRACT

The sago palm flour industry in Plajan Village generates wastewater containing pollutant concentrations that exceed the permitted quality standards and is still directly discharged into nearby water bodies. This study aims to design a wastewater conveyance system (SPAL) and a wastewater treatment plant (IPAL) that are appropriate for the characteristics of sago industry wastewater. The planning method is based on wastewater flow analysis, wastewater quality characteristics, and the biological design of IPAL units, referring to the Regulation of the Minister of Environment Number 5 of 2014 and relevant wastewater treatment design literature. The results show that the peak wastewater discharges are 19.38 m³/day and 17.24 m³/day for each industry, with a total SPAL network length of 80 m using PVC pipes with diameters of 5 and 6 inches. The planned IPAL units consist of an equalization tank, anaerobic digester, primary sedimentation tank, anaerobic biofilter, aerobic biofilter, and final sedimentation tank, with a total estimated cost of IDR 183,033,461.08.

Key Words: *SPAL, IPAL, Sago waste*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan ringking 4 dengan jumlah penduduk terbanyak di dunia, dikutip dari *World Population Review* Indonesia memiliki jumlah penduduk kurang lebih yaitu 257,5 juta penduduk dengan jumlah penduduk yang banyak juga mengaibatkan kebutuhan sandang, pangan dan papan yang juga ikut meningkat. Indonesia bisa dikatakan menjadi salah satu sector perekonomian yang tinggi dapat dilihat dari banyaknya industri rumahan yang tersebar di seluruh Indonesia. Salah satu industri rumahan yaitu pembuatan tepung sago aren yang berada di desa Plajan. Dari pengolahan pohon sago atau dikenal sebagai pohon rumbia menghasilkan dua jenis limbah yaitu limbah cair dan limbah padat. Industri pembuatan tepung sago yang berada pada desa Plajan masih terbilang sederhana, yang mana karena hal tersebut mengakibatkan kurangnya kesadaran pemilik dari industri, yang dapat dilihat dari cara pembuangan masih disalurkan langsung ke badan air, yang mana dari sungai tersebut mengarah langsung ke areal persawahan dan juga bau tidak sedap yang menguar dari limbah juga dapat mengganggu masyarakat sekitar. Limbah cair seharusnya diolah dengan baik karena limbah cair bisa jadi didalamnya terdapat bakteri maupun organisme yang tidak dapat diolah langsung oleh lingkungan (Hidayati, 2016).

Sesuai keterangan diatas limbah cair yang dihasilkan dari industri tepung sago setelah diuji di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup menghasilkan baku mutu yang melebihi kadar paling tinggi yang ditentukan oleh Peraturan Pemerintah tahun 2014 terkait baku mutu air limbah. Oleh karena itu diperlukannya pengolahan dari limbah cair yaitu dari pembangunan sistem penyalur air limbah (SPAL) dan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang berguna untuk mengurangi kadar baku mutu pada limbah cair sehingga memenuhi kadar baku mutu ya ditetapkan oleh peraturan pemerintah tahun 2014. Pada pengolahan IPAL sendiri dengan cara biologis yang menggunakan Bak Ekualisasi, Digester Anaerob, Bak Pengendap Awal, Bioflter Anaerob, dan Bak Pengendap akhir.

KAJIAN PUSTAKA

Industri pengolahan pangan, termasuk industri tepung sago aren, menghasilkan limbah cair dengan kandungan bahan organik yang tinggi, terutama berupa Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Total Suspended Solids (TSS). Limbah cair dengan karakteristik tersebut berpotensi menurunkan kualitas badan air apabila dibuang langsung tanpa pengolahan yang memadai. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2014), limbah cair industri wajib diolah terlebih dahulu agar memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah cair dari proses pencucian dan pengolahan sago umumnya memiliki konsentrasi bahan organik yang tinggi akibat kandungan pati dan serat, sehingga memerlukan sistem pengolahan biologis yang efektif untuk menurunkan kadar pencemar. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa limbah cair industri pangan memiliki sifat mudah terurai secara biologis, sehingga pengolahan secara biologis menjadi alternatif yang efisien dan ekonomis (Hidayati, 2017). Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) merupakan jaringan pipa atau saluran yang berfungsi mengalirkan air limbah dari sumber menuju unit pengolahan. Perencanaan SPAL harus mempertimbangkan debit limbah, kemiringan saluran, diameter pipa, serta kecepatan aliran agar tidak terjadi sedimentasi maupun erosi di dalam pipa. Hardjosuprpto (2000) menyatakan bahwa perencanaan SPAL harus memenuhi kriteria hidrolis tertentu, antara lain kecepatan aliran minimum untuk mencegah pengendapan dan kecepatan maksimum untuk menghindari kerusakan pipa.

Dalam perencanaan SPAL skala industri kecil dan menengah, faktor infiltrasi serta debit puncak perlu diperhitungkan untuk memastikan sistem mampu menampung fluktuasi debit harian. Penggunaan pipa PVC banyak diterapkan karena memiliki koefisien kekasaran yang rendah, tahan terhadap korosi, serta mudah dalam pelaksanaan konstruksi. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan sistem yang dirancang untuk menurunkan konsentrasi pencemar

dalam limbah cair sehingga memenuhi baku mutu lingkungan. IPAL biologis memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik terlarut dan tersuspensi. Menurut Metcalf dan Eddy (2003), pengolahan biologis sangat efektif untuk limbah dengan kandungan organik tinggi, seperti limbah industri pangan. Unit pengolahan biologis yang umum digunakan meliputi bak ekualisasi, digester anaerob, bak pengendap, serta biofilter anaerob dan aerob. Bak ekualisasi berfungsi menstabilkan debit dan konsentrasi limbah sebelum memasuki unit pengolahan berikutnya, sedangkan digester anaerob berperan dalam penguraian bahan organik tanpa suplai oksigen dan menghasilkan gas metana. Biofilter anaerob dan aerob digunakan secara berurutan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan BOD, COD, dan TSS (Hidayati, 2017).

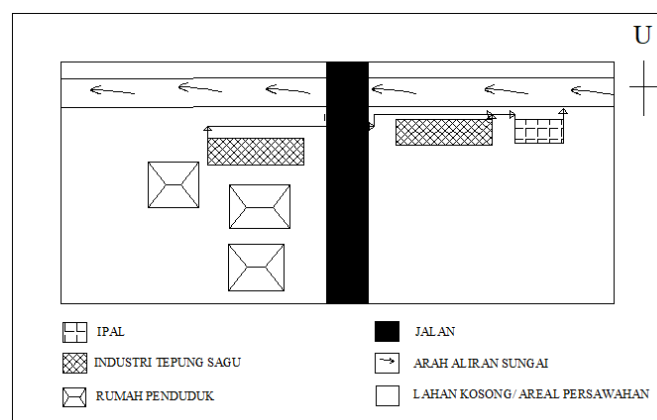
Efektivitas IPAL dinilai berdasarkan kemampuan sistem dalam menurunkan konsentrasi parameter pencemar utama (Prasetya et al., 2024). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi proses anaerob–aerob mampu mencapai efisiensi penyisihan BOD dan COD hingga lebih dari 90% apabila dirancang dengan dimensi dan waktu tinggal yang sesuai (Metcalf & Eddy, 2003). Oleh karena itu, evaluasi hasil perencanaan IPAL perlu dibandingkan dengan baku mutu air limbah yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Perencanaan IPAL yang baik tidak hanya memperhatikan aspek teknis dan lingkungan, tetapi juga aspek ekonomis, seperti kebutuhan biaya konstruksi dan operasional. Dengan demikian, perencanaan SPAL dan IPAL yang terintegrasi diharapkan mampu menjadi solusi pengelolaan limbah cair industri skala kecil dan menengah secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan perencanaan teknik. Data primer diperoleh melalui pengukuran debit air limbah selama tujuh hari, observasi lapangan, dan dokumentasi kondisi eksisting. Data sekunder berupa baku mutu air limbah, kriteria perencanaan SPAL, serta standar desain IPAL biologis diperoleh dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dan literatur perencanaan IPAL. Perencanaan SPAL dilakukan melalui analisis debit, kemiringan saluran, diameter pipa, dan kecepatan aliran. Perencanaan IPAL dilakukan dengan menghitung dimensi unit pengolahan meliputi bak ekualisasi, digester anaerob, bak pengendap, biofilter anaerob–aerob, serta bak pengendap akhir berdasarkan debit rencana dan efisiensi penyisihan parameter pencemar utama berupa BOD, COD, dan TSS, yang selanjutnya dievaluasi terhadap baku mutu yang berlaku.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan tata letak lokasi perencanaan.



Gambar 1. Tata Letak Lokasi Perencanaan

Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik dari limbah cair kali ini mengarah kearah kalitas dari limbah cair tersebut yng mana ditentukan pada peraturan pemerintah tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. Table berikut merupakan table yang menunjukkan kadar baku mutu yang ditentukan oleh pemerintah beserta baku muu limbah cair dari dua industry yang telah dilakukan pengujian di laboratorium Dinas Lingkungan Hidup.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Baku Mutu	Industri A	Industri B
BOD	150	8.860	4.840
COD	300	17.400	7.750
TSS	100	3.052	1.298
Ph	6,0 - 90	5,2	4.8

Berdasarkan hal tersebut maka memperkuat diperlukannya perencanaan IPAL karena kandungan baku mutu yang melebihi standar dan di buang langsung ke badan air tanpa ada pengolahan tidak baik untuk keadaan air tersebut.

Debit Air Limbah

Pengukuran debit air limbah dilakukan selama 7 hari pada masing-masing industri, berikut murupakan hasil dari pengukuran debit.

Tabel 2. Debit Air Limbah Industri A

Produksi	Produksi Tepung Sagu	Proses		Total
		Pencucian (1) Limbah Cair	Pencucian (2) Limbah Cair	
Hari	Kg	L/hari	L/hari	L/hari
1	350	724	740	1.464
2	250	758	814	1.572
3	300	775	846	1.621
4	300	778	796	1.574
5	300	735	732	1.467
6	400	638	667	1.305
7	350	732	748	1.480
Total	2.250	5.140	5.343	10.483
Total Debit Limbah (L/Hari)			10.483	

Debit harian rata-rata (Qab) = 10,48 m³/hari

Debit infiltrasi

Adapun besarnya debit infiltrasi adalah 10%-20% dari besarnya debit air buangan (Moduto, 2000).

Qinf = 10% x Qab

= 10% x 10,48 m³/hari = 1,048 m³/hari

Debit harian maksimum

Berdasarkan kriteria perencanaan ditjen cipta karya dinas PU 1996 untuk factor peak (fp) yang berada di desa adalah 1,75

$$\begin{aligned} Q_{md} &= fp \times Q_{ab} \\ &= 1,75 \times 10,48 \text{ m}^3/\text{hari} = 18,34 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Debit puncak

$$\begin{aligned} Q_{peak} &= Q_{md} + Q_{inf} \\ &= 18,34 \text{ m}^3/\text{hari} + 1,048 \text{ m}^3/\text{hari} = 19,38 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 3. Debit Air Limbah Industri B

Produksi (hari)	Produksi		Proses		Total
	Tepung (kg)	Sagu	Pencucian (1) Limbah Cair	Pencucian (2) Limbah Cair	
Hari	Kg		L/hari	L/hari	L/hari
1	250		732	744	1.476
2	300		660	688	1.348
3	300		680	692	1.372
4	350		564	600	1.164
5	300		616	636	1.252
6	350		652	688	1.340
7	300		656	712	1.368
Total	2.150		4.560	4.760	9.320
Total Debit Limbah (L/Hari)					9.320

$$\text{Debit harian rata-rata (Qab)} = 9,32 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Debit infiltrasi

Adapun besarnya debit infiltrasi adalah 10%-20% dari besarnya debit air buangan (Moduto, 2000)

$$\begin{aligned} Q_{inf} &= 10\% \times Q_{ab} \\ &= 10\% \times 9,32 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,932 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Debit harian maksimum

Berdasarkan kriteria perencanaan ditjen cipta karya dinas PU 1996 untuk factor peak (fb) yang berada di desa adalah 1,75.

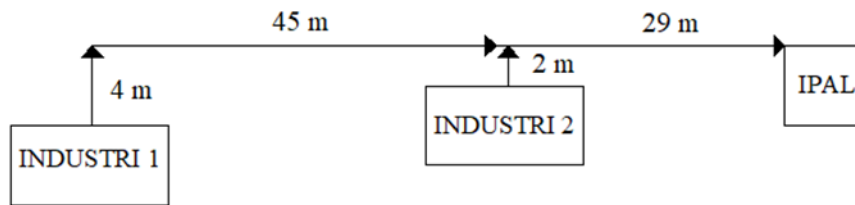
$$\begin{aligned} Q_{md} &= fp \times Q_{ab} \\ &= 1,75 \times 9,32 \text{ m}^3/\text{hari} = 16,31 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Debit puncak

$$\begin{aligned} Q_{peak} &= Q_{md} + Q_{inf} \\ &= 16,31 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,932 \text{ m}^3/\text{hari} = 17,24 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

SPAL

Berikut merupakan alur skema jaringan perencanaan SPAL.



Gambar 2. Skema Jaringan Pipa

SPAL merupakan system pipa atau saluran yan digunakan untuk mengalirkan air limbah dari berbagai sumber tempat pemrosesan

Total debit yang melewati pipa (Qp1)

Perhitungan debit limbah cair diasumsikan dengan per 5 menit.

$$Q_{p1} = \frac{\text{Total puncak industri A} + \text{Total puncak Industri B}}{5 \times 60}$$

$$= \frac{846 + 744}{5 \times 60} = 5,3 \text{ L/detik}$$

Debit infiltrsi

$$Q_{inf} = 10\% \times 37,1 \text{ L/detik} = 3,71 \text{ L/detik}$$

Debit harian maksimum (Qmd)

$$Q_{md} = f_p \times Q_{p1}$$

$$= 1,75 \times 5,3 \text{ L/detik} = 9,27 \text{ L/detik}$$

Debit puncak (Qpeak)

$$Q_{peak} = Q_{md} + Q_{inf}$$

$$= 9,27 + 3,71 = 12,99 \text{ L/detik} = 0.0129 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berikut merupakan tabel perhitungan untuk seluruh pipa

Tabel 4. Debit dari masing-masing Air Limbah

No Pipa	Panjang Saluran (l/detik)	Debit Total (l/detik)	Debit Infiltrasi (l/detik)	Fator Peak	Debit Harian Maksimum (l/detik)	Debit Puncak L/detik	Debit Puncak m3/detik
p1	14.5	5.3	3.71	1.75	9.275	12.99	0.0129
p2	27.5	2.82	3.71	1.75	4.935	8.65	0.0086
p3	38	2.48	3.71	1.75	4.34	8.05	0.0081

Perhitungan kemiringan tanah

Elevasi tanah hulu = 227 m (diambil dari Google earth)

Elevasi tanah hilir = 226 m (diambil dari Google earth)

Panjang saluran = 14,5 m

$$\text{Kemiringan tanah} = \frac{227 - 226}{14,5}$$

$$= 0,069 \text{ m}$$

Table berikut merupakan perhitungan untuk seluruh pipa:

Tabel 5. Analisis Kemiringan Tanah

Elevasi Tanah

No Pipa	Debit (l/detik)	Hulu (m)	Hilir (m)	Panjang Saluran (m)	S Tanah (m)
p1	5.3	227	226	18	0.056
p2	2.82	227	226	27.5	0.036
p3	2.48	227	225	38	0.053

Berdasarkan tabel analisa kemiringan tanah diatas mendapatkan hasil slope yang tidak memenuhi kriteria persyaratan kemiringan saluran, dimana sebesar antara 0,5-1% dari persyaratan Sanimas, maka dari itu diperlukannya perhitungan ulang, berikut merupakan hasil perhitungan ulang dari kemiringan saluran .

Elevasi tanah hulu = 226,77 m (diambil dari Google earth)

Elevasi tanah hilir = 226,46 m (diambil dari Google earth)

Panjang saluran = 14,5 m

Kemiringan tanah = $\frac{226,77-226,46}{14,5}$

= 0,021 m

Tabel 6. Analisis Kemiriringan Tanah

No Pipa	Debit (l/detik)	Hulu (m)	Hilir (m)	Panjang Saluran (m)	S Tanah (m)
P1	0.0129	226.77	226.46	14.5	0.021
P2	0.0086	227.38	226.77	27.5	0.022
P3	0.0081	227.08	225.86	38	0.032

Perhitngan diameter pipa

Debit rencana (Qp) = 0,013 m³/detik

Kemiringan saluran (s) = 0,021

Koefisien kekasaran (n) = 0,012

d/D = 0,8 (Wijatmiko, 2014)

Qp/Qfull = 0,98

Qf = QP/0,98

= 0,013/0,98 = 0,0132 m³/detik

Jika d/D memiliki nilai sebesar 0,8 maka berdasarkan "Hydraulic element graph for cirticular sewer" maka nilai QP/Qfull adalah 0,98, sehingga diperoleh dimensi pipa sebagai berikut:

$$D = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} \times n \times Q_f}{\pi \times 0,016^{0,5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$= \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} \times 0,012 \times 0,42}{\pi \times 0,016^{0,5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$= 0,193 \text{ m}$$

Tabel 7. Perhitungan Diameter Pipa

Qp (m ³ /detik)	S saluran (m)	Debit rencana (m ³ /detik)	Qf (m ³ /detik)	D pipa (m)
0.0129	0.021	0.0129	0.0132	0.193

0.0086	0.022	0.0086	0.0088	0.167
0.0081	0.032	0.0081	0.0083	0.162

Perhitungan dimensi pipa

$$\text{Debit rencana (Qp)} = 0,0129 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kemiringan saluran (S)} = 0,021$$

$$\text{Koefisien manning} = 0,012$$

$$\text{Diameter pipa} = 165$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan (V)} &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ &= \frac{1}{0,012} \times 0,1652^{2/3} \times 0,0211^{1/2} \\ &= 2,35 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil kecepatan diatas, maka nilai kecepatan untuk saluran penuh adalah

$$\begin{aligned} \text{Qf} &= V \times A \\ &= 2,35 \times (0,25 \times \pi \times 0,165) = 0,05 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Mencari kecepatan saluran tidak penuh

$$\text{Qp/Qr} = 0,013/0,012 = 0,258$$

Setelah mengetahui nilai Qp/Qr maka perlu diketahui nilai V/Vf terlebih dahulu sebelum mencari nilai V. yang mana nilai V/Vf telah tersedia pada table "Hidralic Element Graph For Circular Sewer". Jadi kecepatan aliran saat tidak penuh adalah:

$$\begin{aligned} V &= 0,435 \times \text{Vf} \\ &= 0,435 \times 0,86 \\ &= 0,374 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil diatas, maka sudah sesuai dengan persyaratan standar kecepatan aliran yaitu antara 0,3-3%. Berikut merupakan hasil perhitungan selanjutnya.

Tabel 8. Kecepatan Aliran

Qp (m ³ /detik)	S	N (m ³ /detik)	Diameter Pipa mm		Vf (m ³ /detik)	Qfull (m ³ /detik)	Qp/Qfull	V/Vf	V (m ³ /detik)
0.013	0.021	0.0129	6	165	2.35	0.05	0.258	0.86	0.3741
0.009	0.022	0.0086	5	140	1.69	0.026	0.331	0.9	0.3915
0.008	0.032	0.0081	5	140	2.54	0.039	0.208	0.79	0.34365

Perencanaan penanaman pipa

Data:

$$\text{Elevasi tanah hulu} = 227 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi tanah hilir} = 225 \text{ m}$$

Direncanakan:

$$\text{Elevasi rencana hulu} = 226.5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 14,5 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa} = 164 \text{ mm} = 0,16 \text{ m}$$

$$\text{Slope pipa} = 0.003$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss} &= \text{Slope pipa} \times \text{panjang pipa} \\ &= 0,003 \times 14,5 = 0,04 \text{ m} \end{aligned}$$

Kedalaman galian tanah hulu bagian atas

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

$$= 227 - 226.5 = 0,5 \text{ m}$$

Kedalaman galian tanah hulu bagian bawah

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

$$= 0.5 + 0.164 = 0,664 \text{ m} = 0,7 \text{ m}$$

Kedalam galian tanah hilir bagian atas

= elevasi tanah hilir – elevasi rencana hilir

= $226 - 225.5 = 0,5 \text{ m}$

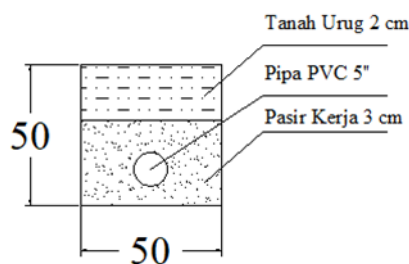
Kedalaman galian tanah hilir bagian bawah

= kedalaman galian tanah hilir bagian atas + diameter pipa

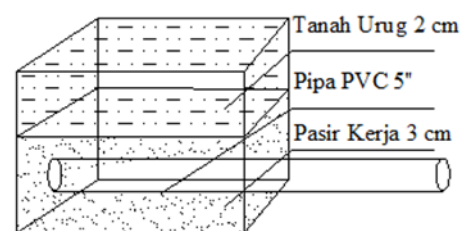
= $0,5 + 0,164 = 0,664 \text{ m} = 0,7 \text{ m}$

Tabel 9. Kedalaman Pipa

Nama Pipa	Ruas	Diameter Pipa (m)	Elevasi Tanah		Panjang Ruas (m)	Elevasi Rencana		Slope	Headloss (m)	Kedalaman Galian Tanah Hulu		Kedalaman Galian Tanah Hilir	
			Hulu (m)	Hilir (m)		Hulu (m)	Hilir (m)			Atas (m)	Bawah (m)	Atas (m)	Bawah (m)
P1	1	0.164	227	226	14.5	226.5	225.5	0.003	0.04	0.5	0.7	0.5	0.7
P2	1	0.164	227	226	14.5	226.5	225.5	0.003	0.04	0.5	0.7	0.5	0.7
	2	0.140	227	226	13	226.5	225.5	0.003	0.04	0.5	0.6	0.5	0.6
P3	1	0.140	227	226	11	226.5	225.5	0.003	0.03	0.5	0.6	0.5	0.6
	2	0.140	227	226	23	226.5	225.5	0.003	0.07	0.5	0.6	0.5	0.6
	3	0.140	227	225	4	227	224.5	0.003	0.01	0	0.1	0.5	0.6



Gambar 3. Detail Galian SPAL



Gambar 4. Bentuk Galian SPAL

IPAL

a. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi seharusnya tidak terjadi pengolahan BOD dan COD. Bak ekualisasi didesain berdasarkan kapasitas debit harian maksimum yang mengacu pada debit jam puncak. Bak ekualisasi juga dilengkapi dengan pompa untuk mengontrol debit yang akan masuk ke bak selanjutnya.

Influent

Debit limbah yang digunakan merupakan debit limbah maksimum dengan ketentuan 4 jam waktu kerja maka:

Debit Limbah (Q) = 144,38 L/menit

Waktu Tinggal = 4 jam (Kementerian Kesehatan, 2011)

Volume = $Q \times t_d$

= $4,33 \text{ m}^3/\text{hari} \times 4 \text{ jam} = 17,33 \text{ m}^3$

Dimensi yang dibutuhkan

Lebar = 3 m

Kedalaman = 2 m

Panjang = $\frac{\text{Volume}}{\text{Lebar} \times \text{Kedalaman}}$
 = $\frac{17,33}{3 \times 2} = 2,89 \text{ m} = 3$

Adapun dimensi yang ditetapkan:

Dimensi = panjang \times lebar \times kedalaman

$$= 3 \times 3 \times 2 = 17,33 \text{ m}^3$$

Adapun tinggi jagaan untuk kedalaman yaitu 0,5, maka total kedalaman adalah 2,5 m.

Spesifikasi pompa

Tipe	= Pompa Celup
Kapasitas	= 150 L/menit
Head	= 5
Material	= Stainless Steel
Rekomendasi	= Pompa Grundfos KP 150 A

Effluent

Pada unit bak ekualisasi tidak terjadi pengolahan BOD, COD, dan juga TSS, maka dari itu untuk effluent dianggap sama seperti influent pada bak ekualisasi.

b. Digester Anaerob

Digester Anaerob merupakan pengolahan limbah yang memanfaatkan biologis bahan organik yang terdapat bakteri anaerobic, yang mana nanti akan menjadi gas metana yang terkumpul pada kubah digester anaerob.

$$\text{Debit limbah (Q)} = 9,9 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan dimensi

Menurut Metcalf & Eddy, 2003, tentang temperatur dan waktu tinggal dalam reaktor digester anaerobic, jika temperatur di dalam reaktor ditetapkan sebesar 40°C maka waktu tinggal yang direncanakan adalah 10 hari. Mengandung 95% kadar air dalam limbah cair dan memiliki specific gravity (Sd) sebesar 1,02 (Metcalf & Eddy, 2003).

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= \text{Efisiensi digester} \times \text{TSS}_{\text{masuk}} \\ &= 40\% \times 2175 \text{ g/m}^3 \\ &= 870 \text{ g/m}^3 = 0,87 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q}_{\text{limbah}} &= \frac{\text{TSS} \times \text{Q}}{\rho_w \times S_d \times P_s} \\ &= \frac{0,87 \text{ kg/m}^3 \times 9,9 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 0,05} = 0,17 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{V}_{\text{reaktor}} &= \text{Q}_{\text{limbah}} \times \text{td} \\ &= 0,17 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10 \text{ hari} = 1,69 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume ruang gas yang berbentuk kubah diperhitungkan sebesar 20% dari volume total digester, maka:

$$\begin{aligned} \text{Volume kubah} &= \frac{\text{V}_{\text{reaktor}}}{4} \\ &= \frac{1,69}{4} = 0,42 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= \text{V}_{\text{reaktor}} + \text{Volume kubah} \\ &= 1,69 \text{ m}^3 + 0,42 \text{ m}^3 = 2,11 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi pada digester anaerobic

Dimensi	= 2,5 m
Tinggi silinder	= 1,5 m
Tinggi kubah	= 2 m

Effluent

Efisiensi penyisihan BOD, COD, dan TSS ditetapkan berturut-turut sebesar 85%, 85%, dan 40% (Hidayati, 2017), maka kadar senyawa effluent limbah cair sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{elfluent}} &= 15\% \times \text{BOD}_{\text{elfluent}} \\ &= 15\% \times 6.850 \text{ mg/l} = 1.027,5 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\text{COD}_{\text{elfluent}} = 15\% \times \text{COD}_{\text{elfluent}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 15\% \times 12.575 \text{ mg/l} = 1.886,25 \text{ mg/l} \\
 \text{TSSelf fluent} &= 60\% \times \text{TSSelf fluent} \\
 &= 60\% \times 21.75 \text{ mg/l} = 1.305 \text{ mg/l} \\
 \text{Maka kadar senyawa yang tersisihkan dapat dihitung sebagai berikut:} \\
 \text{BODtersisihkan} &= \text{BODelf fluent} - \text{BODelf fluent} \\
 &= 6.850 \text{ mg/l} - 1.027,5 \text{ mg/l} = 5.822,5 \text{ mg/l} \\
 \text{COD tersisihkan} &= \text{CODelf fluent} - \text{CODelf fluent} \\
 &= 12.575 \text{ mg/l} - 1.886,25 \text{ mg/l} = 10.688,75 \text{ mg/l} \\
 \text{TSS tersisihkan} &= \text{TSSelf fluent} - \text{TSSelf fluent} \\
 &= 2.175 \text{ mg/l} - 1.305 \text{ mg/l} = 870 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

c. Bak Pengendap Awal

Pada pengolahan bak pengendap awal air mengalir dengan pelan atau tanang, bermaksud untuk memberikan terhadap kotoran padat dapat mengendap, yang mana pada bak pengendap awal digunakan untu menampung atau menghilangkann padatan tersebut.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit limbah (Q)} &= \frac{9,9 \text{ m}^3/\text{hari}}{4 \text{ jam}} \\
 &= 2,48 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan dimensi

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu tinggal (td)} &= 2 \text{ jam (Hidayati, 2017)} \\
 \text{Volume} &= Q \times \text{td} \\
 &= 2,48 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam} = 4,95 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar} &= 2 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman} &= 2 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Lebar} \times \text{Kedalaman}} \\
 &= \frac{4,95}{2 \times 2} = 1,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Adapun dimensi yang ditetapkan:

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\
 &= 1,2 \times 2 \times 2 = 4,95 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Adapun tinggi jagaan rencana 0,5 m, sehingga tinggi kedalaman 2,5 m.

$$\begin{aligned}
 \text{Cek waktu tinggal} &= \frac{V_{\text{total}}}{Q} \\
 &= \frac{4,95}{2,48} = 2 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Effluent

Pada unit bak pengendap awal tidak terjadi penyisihan BOD dan COD sehingga keadaan effluent dianggap sama dengan influent, sedangkan pada TSS terjadi penyisihan sebesar 80% (Hidayati, 2017), maka kadar senyawa yang terdapat pada TSS adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{TSSeffluent} &= 20\% \times \text{TSSinfluent} \\
 &= 20\% \times 1.305 \text{ mg/L} \\
 &= 261 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Adapun kadar senyawa TSS yang tersisihkan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{TSSstersisihkan} &= \text{TSSinfluent} - \text{TSSeffluent} \\
 &= 1.305 \text{ mg/L} - 261 \text{ mg/L} \\
 &= 1.044 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

d. Biofilter Anaerob

Biofilter anaerob merupakan pengolahan menggunakan bakteri yang terdapat didalamnya yang akan terura menjadi gas karbon dioksida dan metan tanpa menggunakan energy tambahan.

Influent

Debit limbah (Q) = 2,48 m³/jam

Perhitungan dimensi

BOD = Q x kadar BOD
 = 2,48 m³/hari x 1.027,5 g/m³
 = 10.172,25 g/hari = 10,17 kg/hari

COD = Q x kadar COD
 = 2,48 m³/hari x 1.886,25 g/m³
 = 18.673.88 g/hari = 18,67 kg/hari

Beban BOD yang digunakan adalah 3 kg BOD/m³.hari, dengan packing material berupa plastic (Metcalf & Eddy, 2003).

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

$$= \frac{10,17 \text{ kg/hari}}{3 \text{ BOD/m}^3 \cdot \text{hari}} = 4 \text{ m}^3$$

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

$$V_{\text{reaktor diperlukan}} = \frac{100}{60} \times V_{\text{media biofilter}} \text{ (persamaan 2.16)}$$

$$= \frac{100}{60} \times 4 \text{ m}^3 = 6,67 \text{ m}^3 = 7 \text{ m}^3$$

Direncanakan terdapat 2 ruang sehingga:

$$V_{\text{reaktor tiap ruang}} = 7 : 2$$

$$= 3,5 \text{ m}^3$$

Beban COD 12 – 30 kg/m³.hari, waktu tinggalnya adalah 3 - 8 jam (Metcalf & Eddy, 2003), maka berikut merupakan perhitungan untuk mengecek waktu tinggal (td):

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

$$= \frac{3,5 \text{ m}^3}{9,9 \text{ m}^3/\text{jam}} \times 24 \text{ jam/hari} = 8,48$$

Dimensi yang dibutuhkan

Lebar = 2 m

Kedalaman = 2 m

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

$$= \frac{7 \text{ m}^3}{2 \times 2} = 1,75 \text{ m} = 2 \text{ m}$$

Dimensi = panjang x lebar x kedalaman
 = 2 m x 2 m x 2m
 = 8 m³

Adapun tinggi jagaan yang direncanakan yaitu 0,5m, sehingga tinggi kedalaman adalah 2,5 m.

Effluent

Penggunaan media plastic berupa sarang tawon untuk media filtrasi karena penyisihan yang efisien untuk BOD berkisar 60 – 90%, sedangkan pada COD berkisar 50 – 95% (Metcalf & Eddy, 2003).

Maka efisiensi penyisihan BOD, COD, TSS yang ditetapkan berturut-turut yaitu 85%, 85%, dan 70%, berikut merupakan effluent yang terdapat pada BOD, COD, dan TSS.
 BODeffluent = 15% x BODeffluent

$$\begin{aligned}
 &= 15\% \times 1.027,5 \text{ mg/L} = 154,13 \text{ mg/L} \\
 \text{COD}_{\text{effluent}} &= 15\% \times \text{COD}_{\text{effluent}} \\
 &= 15\% \times 1.886,25 \text{ mg/L} = 282,94 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS}_{\text{effluent}} &= 15\% \times \text{TSS}_{\text{effluent}} \\
 &= 15\% \times 261 \text{ mg/L} = 78,3 \text{ mg/L} \\
 \text{Adapun kadar senyawa yang tersisihkan adalah:} \\
 \text{BOD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{BOD}_{\text{effluent}} - \text{BOD}_{\text{effluent}} \\
 &= 1.027,5 \text{ mg/L} - 154,13 \text{ mg/L} = 873,38 \text{ mg/L} \\
 \text{COD}_{\text{tersisihkan}} &= \text{COD}_{\text{effluent}} - \text{COD}_{\text{effluent}} \\
 &= 1.886,25 \text{ mg/L} - 282,94 \text{ mg/L} = 1.603,31 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS}_{\text{tersisihkan}} &= \text{TSS}_{\text{effluent}} - \text{TSS}_{\text{effluent}} \\
 &= 261 \text{ mg/L} - 78,3 \text{ mg/L} = 182,7 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

e. Biofilter Aerob

Biofilter aerob digunakan untuk mensupport biofilter anaerob, karena kandungan BOD, dan COD belum memenuhi standart. Biofilter aerob juga didukung oleh pasokan udara pada pengolahannya menggunakan unit *compressor* atau *blower*. Biofilter aerobic pengolahannya dilakukan setelah biofilter anaerob karena pengolahannya yang lebih rendah, dan juga lebih efektif mendegradasi senyawa organik dan juga dapat mengatasi bau eana yang muncul akibat biofilter anaerob.

$$\text{Debit limbah (Q)} = 2,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perhitungan dimensi

$$\begin{aligned}
 \text{BOD} &= Q \times \text{kadar BOD} \\
 &= 9,9 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1.027,5 \text{ g/m}^3 \\
 &= 1.525,84 \text{ g/hari} = 1,53 \text{ kg/hari} \\
 \text{COD} &= Q \times \text{Kadar COD} \\
 &= 9,9 \text{ m}^3/\text{hari} \times 282,94 \text{ g/m}^3 \\
 &= 2801,08 \text{ g/hari} = 2,8 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Volume media didasarkan pada besar beban BOD. Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar beban BOD per volume media 0,5 – 4 kg BOD/m³.hari (Kementerian Kesehatan, 2011). Ditetapkan beban BOD yang digunakan sebesar 1,5 kg BOD/m³.hari.

$$\begin{aligned}
 \text{V}_{\text{media biofilter}} &= \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Standar Beban BOD}} \\
 &= \frac{1,53 \text{ kg/hari}}{1,5 \text{ BOD/m}^3.\text{hari}} = 1,02 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume media biofilter sebesar 40% dari jumlah total volume reaktor (Kementerian Kesehatan, 2011), sehingga:

$$\begin{aligned}
 \text{V}_{\text{reaktor diperlukan}} &= \frac{100}{40} \times \text{V}_{\text{media biofilter}} \text{ (persamaan 2.19)} \\
 &= \frac{100}{40} \times 3,39 \text{ m}^3 = 2,54 \text{ m}^3 = 3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Waktu tinggal dalam reaktor yang dipersyaratkan adalah 6 – 8 jam (Kementerian Kesehatan, 2011). Berikut merupakan perhitungan cek waktu tinggal:

$$\begin{aligned}
 \text{td} &= \frac{\text{V}_{\text{reaktor diperlukan}}}{Q} \\
 &= \frac{3 \text{ m}^3}{9,9 \text{ m}^3/\text{jam}} = 7,27 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dimensi yang dibutuhkan:

$$\text{Lebar} = 2,5 \text{ m}$$

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

$$\text{Panjang} = \frac{\text{Volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}} = \frac{1,01 \text{ m}^3}{2,5 \times 2} = 0,3 \text{ m}$$

Dimensi yang ditetapkan

$$\text{Vruang aerasi} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} = 0,3 \times 2 \times 2 = 1,5 \text{ m}^3$$

Dimensi yang dibutuhkan untuk ruang aerasi

$$\text{Lebar} = 2,5 \text{ m}$$

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

$$\text{Panjang} = \frac{\text{Volume}}{\text{lebar} \times \text{kedalaman}} = \frac{(13,50 - 4) \text{ m}^3}{2 \times 2} = 1,9 \text{ m} = 2 \text{ m}$$

Dimensi yang ditetapkan untuk ruang aerasi adalah:

$$\text{Vruang media} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} = 2 \times 2,5 \times 2 = 10 \text{ m}^3$$

Maka, volume total:

$$\text{Vtotal} = \text{Vaerasi} + \text{Vmedia} = 1,5 \text{ m}^3 + 10 \text{ m}^3 = 11,5 \text{ m}^3$$

Dengan tinggi jagaan sebesar 0,5m.

Effluent

Efisiensi penyisihan BOD, COD, dan TSS berturut –turut sebesar 90%, 90%, dan 70% (Hidayati, 2017), maka kadar senyawa effluent limbah cair sebagai berikut:

$$\text{BOD}_{\text{effluent}} = 10\% \times \text{BOD}_{\text{effluent}} = 10\% \times 154,13 \text{ mg/L} = 15,41 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{effluent}} = 10\% \times \text{COD}_{\text{effluent}} = 10\% \times 282,94 \text{ mg/L} = 28,29 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{effluent}} = 30\% \times \text{TSS}_{\text{effluent}} = 30\% \times 78,3 \text{ mg/L} = 23,49 \text{ mg/L}$$

Adapun kadar senyawa yang tersisihkan adalah:

$$\text{BOD}_{\text{tersisihkan}} = \text{BOD}_{\text{effluent}} - \text{BOD}_{\text{effluent}} = 154,13 \text{ mg/L} - 15,41 \text{ mg/L} = 138,71 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{tersisihkan}} = \text{COD}_{\text{effluent}} - \text{COD}_{\text{effluent}} = 282,94 \text{ mg/L} - 28,29 \text{ mg/L} = 254,64 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{tersisihkan}} = \text{TSS}_{\text{effluent}} - \text{TSS}_{\text{effluent}} = 78,3 \text{ mg/L} - 23,49 \text{ mg/L} = 54,81 \text{ mg/L}$$

f. Blower Udara

Blower udara digunakan untuk memenuhi kebutuhan oksigen pada biofilter aerobik. Kebutuhan oksigen ditetapkan efisiensi biofilter aerobik sebesar 90% (Hidayati, 2017) dengan beban BOD yang telah diperhitungkan pada sebelumnya.

$$\text{Kebutuhan teoritis} = 90\% \times \text{Beban BOD} = 90\% \times 1,53 \text{ kg/hari} = 1,37 \text{ kg/hari}$$

Untuk faktor keamanan (FS) dapat ditentukan pada tabel 2.8 untuk packing berupa plastic crossflow, maka digunakan factor keamanan (FS) sebesar 1,6 (Metcalf & Eddy, 2003).

$$\text{Kebutuhan oksigen} = \text{FS} \times \text{Kebutuhan teoritis} = 1,6 \times 1,37 \text{ kg/hari} = 2,20 \text{ kg/hari}$$

Kebutuhan udara teoritis untuk menentukan kapasitas blower, ditentukan persentase oksigen dalam udara (Metcalf & Eddy, 2003)

Persentase oksigen dalam udara = 23,18%

Suhu udara reata bak aerobic = 30oC

Massa jenis udara pada suhu 30oC dapat dihitung dengan rumus 2.23.

$P = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

$M = 28,97 \text{ kg/kg-mol}$

$R = 8314 \text{ N.m/kg-mol.K}$

$T = (273,15 + 300\text{C}) \text{ K}$

$$P_a = \frac{(1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2) \times (28,97 \text{ kg/kg-mol})}{(8314 \text{ N.m/kg-mol.K}) \times (273,15 + 30)\text{K}}$$

Kemudian dihitung jumlah kebutuhan udara sebagai berikut:

Jumlah kebutuhan udara

$$= \frac{\text{Kebutuhan oksigen}}{\text{massa jenis udara} \times \text{presentase oksigen dalam udara}}$$

$$= \frac{2,2 \text{ kg/hari}}{1,165 \text{ kg/m}^3 \times 23,18\%} = 8,14 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kebutuhan udara aktual

Efisiensi blower udara dapat ditentukan pada tabel 2.10. efisiensi blower udara antara 2 – 12% untuk tipe rigid porous plastic tubes, single spiral roll. Efisiensi blower udara yang dipakai, ditetapkan sebesar 10%, sehingga kebutuhan udara aktual dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Kebutuhan udara actual} = \frac{\text{jumlah kebutuhan oksigen}}{\text{efisiensi blowe (\%)}}$$

$$= \frac{8,14 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,1} = 81,37 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,08 \text{ m}^3/\text{menit} = 80 \text{ liter}/\text{menit}$$

Perencanaan blower

Berikut merupakan spesifikasi blower udara yang dibutuhkan:

Jumlah = 1

Rekomendasi = Resun GF-120

Output = 300 L/jam

Daya = 180 W

g. Bak Pengendap Akhir

Bak pengendap akhir dirancang berbentuk kerucut pada bagian bawahnya, yang mana nanti limbah cair hasil dari bak pengendap akhir akan dibuang langsung kearah badan air.

Debit limbah (Q) = 2,48 m³/jam

Perhitungan dimensi

td = 2 jam

Volume = Q x td (Persamaan 2.26)

$$= 2,48 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam}$$

$$= 4,95 \text{ m}^3$$

Dimensi yang dibutuhkan

Lebar = 1,5 m

Kedalaman = 2 m

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

$$= \frac{4,95 \text{ m}^3}{1,5 \times 2} = 1,65 \text{ m} = 2 \text{ m}$$

Dimensi yang ditetapkan adalah:

Dimensi = panjang x lebar x kedalaman

$$= 2 \times 1,5 \times 2$$

$$= 6 \text{ m}^3$$

Tinggi jagaan yang direncanakan 0,5 m, sehingga tinggi kedalaman bak adalah 2,5 m.

$$\text{Cek waktu tinggal} = \frac{\text{Volume total}}{Q}$$

$$= \frac{4,95 \text{ m}^3}{2,48 \text{ m}^3/\text{jam}} = 2$$

Beban permukaan rata-rata

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

$$= \frac{2,48 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}^2} = 0,83 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$$

Spesifikasi pompa

Berikut merupakan spesifikasi pompa yang bisa digunakan

Tipe = Pompa Celup
 Kapasitas = 150 L/menit
 Head = 5
 Material = Stainless Steel
 Rekomendasi = Pompa Grundfos KP 150 A

Effluent

Menurut Hidayati, 2017, 90%, 990%, dan 10% merupakan efisiensi berturut-turut dari BOD, COD, dan TSS berikut merupakan kadar senyawa yang terdapat pada effluent limbah cair:

$$\text{BOD}_{\text{effluent}} = 90\% \times \text{BOD}_{\text{effluent}}$$

$$= 90\% \times 15,41 \text{ mg/L} = 13,87 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{effluent}} = 90\% \times \text{COD}_{\text{effluent}}$$

$$= 90\% \times 28,29 \text{ mg/L} = 25,46 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{effluent}} = 10\% \times \text{TSS}_{\text{effluent}}$$

$$= 10\% \times 23,49 \text{ mg/L} = 2,35 \text{ mg/L}$$

Adapun kadar senyawa yang tersisihkan adalah:

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

$$= 15,41 \text{ mg/L} - 13,87 \text{ mg/L}$$

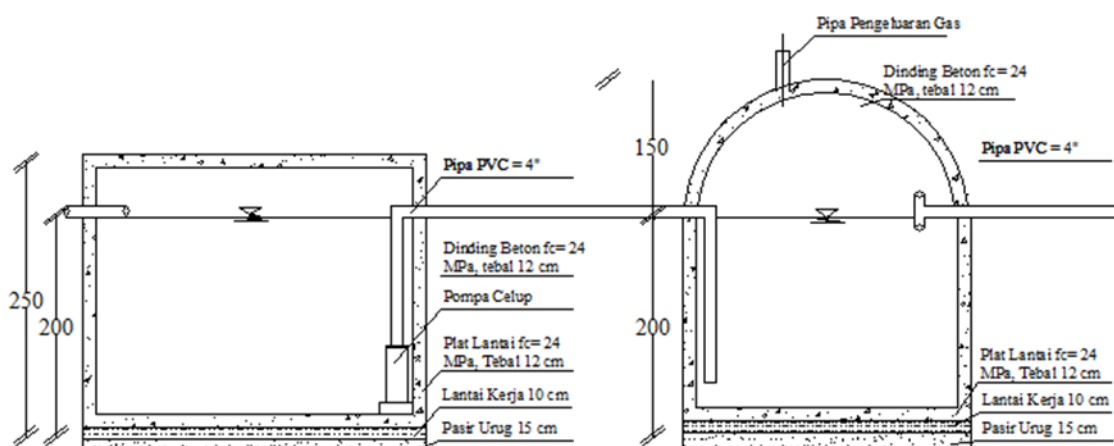
$$= 1,54 \text{ mg/L}$$

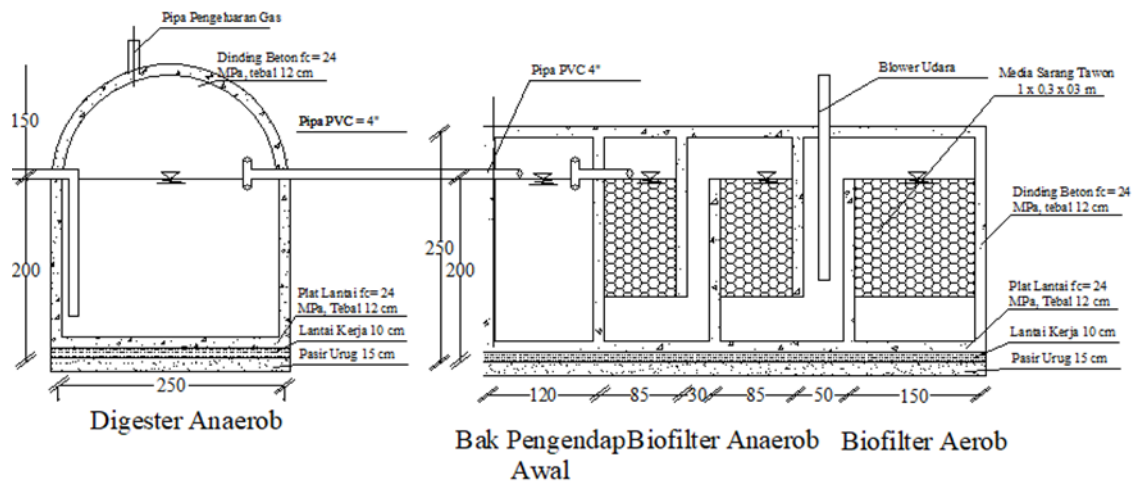
$$\text{COD}_{\text{tersisihkan}} = \text{COD}_{\text{effluent}} - \text{COD}_{\text{effluent}}$$

$$= 28,29 \text{ mg/L} - 25,46 \text{ mg/L} = 2,83 \text{ mg/L}$$

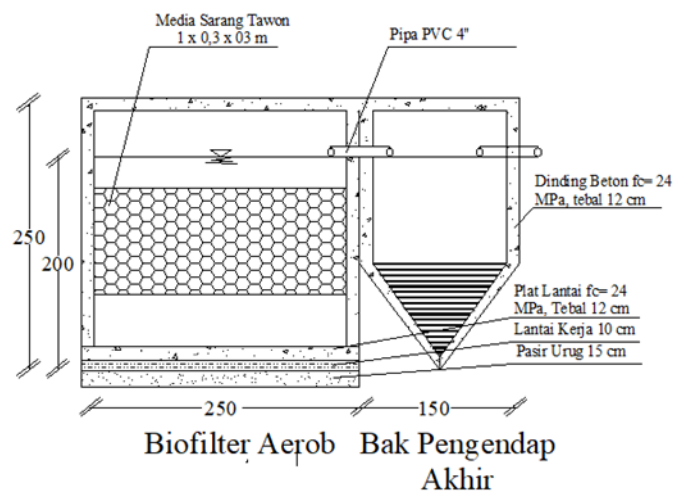
$$\text{TSS}_{\text{tersisihkan}} = \text{TSS}_{\text{effluent}} - \text{TSS}_{\text{effluent}}$$

$$= 23,49 \text{ mg/L} - 2,35 \text{ mg/L} = 21,14 \text{ mg/L}$$





Gambar 6. Digester Anaerob Bak Pengendap Awal, Biofilter Anaerob dan Biofilter Anaerob



Gambar 7. Biofilter Aerob Bak Pengendap Air

RAB

Perhitungan BOQ beserta RAB SPAL dan IPAL digunakan untuk mengetahui nilai atau banyaknya jumlah biaya yang dibutuhkan pada perencanaan IPAL di industri tepung sagu di desa Plajan. Berikut merupakan hasil dari perhitungan atau jumlah akhir biaya yang diperlukan.

Tabel 10. RAB SPAL & IPAL

No	Uraian	Harga	
1	SPAL	21,851,309.54	21,851,309.54
2	Bak Ekualisasi	40,270,146.60	40,270,146.60

3	Digester Anaerob Bak Pengendap	30,699,049.73	30,699,049.73
4	Awal Biofilter Anaerob Biofilter Aerob	62,066,507.05	62,066,507.05
5	Bak Pengendap Akhir	28,146,448.16	28,146,448.16
			183,033,461.08

KESIMPULAN

Berikut merupakan kesimpulan yang didapat dari hasil perhitungan diatas:

1. Dari hasil analisa selama 7 hari debit yang dihasilkan dari masing-masing industri memiliki hasil yang berbeda, industri 1 memperoleh debit harian rata-rata sebesar 10,48 m³/hari, debit harian maksimum sebesar 18,34 m³/hari, dan debit puncak sebesar 19,39 m³/hari. sedangkan industri 2 memperoleh debit harian rata-rata sebesar 9,32 m³/hari, debit harian maksimum 16,31 m³/hari, dan debit puncak sebesar 17,42 m³/hari.
2. Penggunaan SPAL untuk pembangunan IPAL dengan panjang jaringan perpipaan yaitu 80 m dimulai dari industri 1, industri 2 dan juga IPAL dengan ketentuan ukuran pipa PVC yang digunakan yaitu 5” dan 6”.
3. Adapun untuk desain IPAL terdiri dari Bak Ekualisasi dengan dimensi ukuran 3 x 3 x 2,5 m, Digester Anaerobik dimensi ukuran 2,5 x 1,25 x 2 m, Bak Pengendap Awal dimensi ukuran 1,2 x 2 x 2,5 m, Biofilter Anaerob dimensi ukuran 2 x 2 x 2,5 m, Biofilter Aerob dimensi ukuran 2 x 2,5 x 2,5 m, dan juga Bak Pengendap Akhir dimensi ukuran 2 x 1,5 x 2,5 m.
4. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk jaringan perpipaan yaitu Rp.21, 851,309.54. dan untuk kebutuhan IPAL sendiri yaitu Rp. 161,182,151.53. maka total keseluruhan yang dibutuhkan untuk perencanaan SPAL & IPAL industri Sagu di desa Plajan yaitu sebesar Rp. 183,033,461.08.

DAFTAR PUSTAKA

- Debby Rizani, M., Milkhatul Iffah, K., & Maynalda Prayogi, G. (n.d.). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pada Industri Tahu (Studi Kasus Pabrik Tahu WD Lamper Lor Semarang Selatan). *Jurnal Teknik Sipil Giratory UPGRIS*, 4(1), 2023. 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
- Hariyani, N., & Sarto, S. (2018). Evaluasi penggunaan biofilter anaerob-aerob untuk meningkatkan kualitas air limbah rumah sakit Evaluating the use of anaerob-aerob bio filter to increase the quality of hospital wastewater. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 34(5), 199–204.
- Hidayati, S. S., Harisuseno, D., & Sayekti, W. R. (2017). Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Pabrik Tahu Fit Malang Dengan Digester Anaerobik Dan Biofilter Anaerobik.
- Hardjosuprpto, Moh. Masduki (MODUTO). 2000. *Penyaluran Air Buangan (PAB) Volume II*. ITB. Bandung
- 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

Khaq, F. A., & Slamet, A. (2017). Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo. *JURNAL TEKNIK ITS*, 6, D137–D140.

Metcalf, dan Eddy (2003). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. Mc Graw Hill inc. New York.

Prasetya, A. W., Rochmanto, D., & Hidayati, N. (2024). Perencanaan Pembangunan SPAL dan IPAL untuk Sarana Peningkatan Kualitas Lingkungan di Industri Rajungan Desa Bulu. *Jurnal Civil Engineering Study*, 4(01), 91-103.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah puji syukur atas izin Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan jurnal yang penulis tulis. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dan turut serta membantu pada proses penyelesaian. Penulis juga ucapkan terima kasih kepada seuruh Dosen Teknik Sipil UNISNU Jepara yang tidak dapat penulis tulis satu-satu. Penulis juga berterimakasih kepada kedua orangtua penulis yang selalu mendukung penulis baik secara mental maupun material. Penulis ucapkan terimakasih juga kepada seluruh teman penulis yang turut serta membantu selama perkuliahan.