

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Proses Pembuatan Kerupuk Kulit

Pembuatan kerupuk kulit di Kelurahan Sembung masih menggunakan cara yang tradisional yaitu dengan tenaga manusia dan tanpa menggunakan bantuan teknologi maupun peralatan industri. Bahan dasar utama pembuatan kerupuk kulit adalah kulit sapi dan kerbau. Kulit sebagai bahan dasar ada yang didapatkan langsung dari jagal (kulit basah) dan kulit yang lain didapatkan dari pabrik penyamakan kulit (kulit kering).

Dalam sehari, untuk produksi kerupuk kulit berbahan dasar kulit dari jagal mampu memproduksi sekitar 4 – 6 kulit dengan rata-rata berat tiap kulit mencapai 50 kg. Sehingga dalam satu hari industri pengolahan kerupuk kulit mampu mengolah 200 – 300 kg bahan kulit mentah. Sedangkan untuk bahan dasar dari pabrik penyamakan kulit dalam sehari mampu mengolah 300 kg bahan kulit kering.

Proses pembuatan kerupuk kulit terbagi menjadi dua macam proses. Unsur yang membedakan proses awal pembuatan antara kedua bahan tersebut terletak pada perbedaan sumber perolehan bahan dasar. Berikut diuraikan dua macam proses pembuatan kerupuk kulit.

Tabel 4.1 Proses pengolahan kerupuk kulit bahan dasar dari jagal (kulit basah)

No.	Gambar	Tahapan Proses
1.		Pembelian kulit dari jagal.
2.		Pencucian kulit untuk menghilangkan bekas darah yang masih menempel pada kulit.

No.	Gambar	Tahapan Proses
3.		<p>Pembersihan bulu dengan cara dikerok. Pada tahap ini untuk mempermudah proses pengerokan kulit dilakukan perebusan sementara (10-15 menit).</p>
4.		<p>Setelah kulit bersih dari bulu, kulit tersebut direbus selama 3 – 4 jam.</p>
5.		<p>Kulit yang sudah di masak kemudian dipotong menjadi bagian yang lebih kecil kemudian dijemur (3 – 4 jam).</p>
6.		<p>Kulit yang sudah kering dipotong menjadi bagian yang lebih kecil kemudian di cem-cem (diopen dalam minyak) menggunakan alat cem-cem dan dijemur kembali hingga kering.</p>
7.		<p>Kulit yang sudah kering kemudian diberi bumbu dan diaduk sampai merata.</p>
8.		<p>Dilakukan penjemuran ulang agar bumbu lebih menempel pada kulit.</p>

No.	Gambar	Tahapan Proses
9.		Kerupuk kulit siap dikemas dan dipasarkan.

Sumber: Hasil pengamatan.

Tabel 4.2 Proses pengolahan kerupuk kulit bahan dasar dari pabrik penyamakan (kulit kering)

No.	Gambar	Tahapan Proses
1.		Pembelian kulit dari pabrik.
2.		Pencucian kulit untuk melemaskan dan membersihkan kotoran pada kulit.
3.		Perendaman dengan kapur selama dua malam untuk menghilangkan zat kimia pada kulit.
4.		Kulit yang sudah direndam direbus selama 3 – 4 jam.

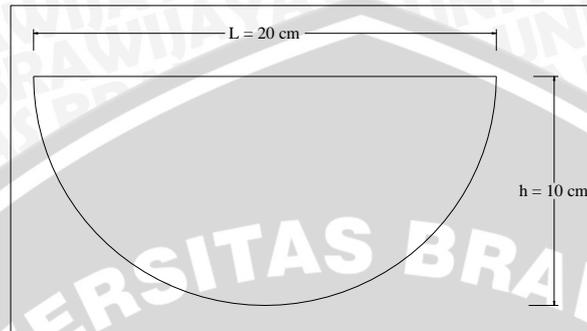
No.	Gambar	Tahapan Proses
5.		<p>Kulit yang sudah di masak kemudian dipotong menjadi bagian yang lebih kecil kemudian dijemur (3 – 4 jam).</p>
6.		<p>Kulit yang sudah kering dipotong menjadi bagian yang lebih kecil kemudian di cem-cem (diopen dalam minyak) menggunakan alat cem-cem dan dijemur kembali hingga kering.</p>
7.		<p>Kulit yang sudah kering kemudian diberi bumbu dan diaduk sampai merata.</p>
8.		<p>Dilakukan penjemuran ulang agar bumbu lebih menempel pada kulit.</p>
9.		<p>Kerupuk kulit siap dikemas dan dipasarkan.</p>

Sumber: Hasil pengamatan.

#### 4.2 Pengukuran Debit Air Limbah

Pengukuran debit dilakukan pada saat proses pembuangan air limbah, dan dilakukan di saluran pembuangan air limbah yang berada di samping lokasi industri pengolahan kerupuk kulit.

Pada pengukuran debit ini dilakukan pengukuran sebanyak 5 kali pengulangan guna mendapatkan hasil rata-rata debit yang lebih akurat. Cara yang digunakan untuk menghitung debit memanfaatkan kecepatan aliran dan dimensi dari saluran pembuangan tersebut. Dalam hal ini, panjang saluran yang digunakan untuk pengukuran debit ditentukan sepanjang 1 meter. Berikut perhitungan debit air buangan.



Gambar 4.1 Sketsa saluran pembuangan air limbah kerupuk kulit.  
Sumber: Olahan peneliti.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran debit pembuangan air limbah pengolahan kerupuk kulit

No	Pengukuran ke -	Panjang saluran (m)	Luas saluran (m <sup>2</sup> )	Waktu kayu sampai titik akhir (detik)	Kecepatan (m/dt)	Debit (m <sup>3</sup> /dt)
1	I	1	0.0157	4.9	0.20	0.0032
2	II	1	0.0157	5.2	0.19	0.0030
3	III	1	0.0157	6.4	0.16	0.0025
4	IV	1	0.0157	4.6	0.22	0.0034
5	V	1	0.0157	4.7	0.21	0.0033
<b>Debit rata-rata</b>						<b>0.0031</b>

Sumber: Hasil perhitungan.

Contoh perhitungan:

Pengukuran ke – 1

- Panjang saluran = 1 m (ditentukan)
- Luas saluran =  $\frac{1}{2}\pi r^2$  (r = 10 cm = 0.01 m)  
(setengah lingkaran) =  $\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot (0.01^2)$   
= 0.0157 m<sup>2</sup>
- Waktu kayu tiba = 4.9 detik (hasil pengukuran)
- Kecepatan =  $\frac{\text{Panjang saluran}}{\text{Waktu}}$   
=  $\frac{1}{4.9}$   
= 0.20 m/dt

$$\begin{aligned}
 - \text{ Debit} &= \text{ Luas saluran x kecepatan} \\
 &= 0.0157 \times 0.20 \\
 &= 0.0032 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan besar debit rata-rata pembuangan air limbah pengolahan kerupuk kulit, yaitu sebesar  $0.0031 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

### 4.3 Pengambilan Sampel dan Analisa Kualitas Air Limbah

#### 4.3.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *Grab Sampling* dengan pengulangan sebanyak satu kali pengulangan pada hari produksi, dengan total pengambilan sebanyak 3 botol untuk setiap pengambilan. Dengan ketentuan untuk setiap titik pengambilan sampel diambil sebanyak satu botol.



Gambar 4.2 Pengambilan sampel limbah pencucian bahan pabrik.  
Sumber: Dokumentasi.



Gambar 4.3 Pengambilan sampel limbah pencucian bahan jagal.  
Sumber: Dokumentasi.



Gambar 4.4 Pengambilan sampel limbah perebusan bahan jagal.  
Sumber: Dokumentasi.

### 4.3.2 Analisa Kualitas Air Limbah

Analisa kualitas air limbah dilakukan guna memperoleh kualitas air limbah buangan pengolahan kerupuk kulit. Analisa dilakukan pada dua lokasi laboratorium dengan parameter yang berbeda yaitu:

Tabel 4.4 Lokasi analisa kualitas air

No.	Lokasi	Parameter	Lama pengujian
1.	Laboratorium Pengolahan Tanah dan Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BOD<sub>5</sub></li> <li>- COD</li> <li>- TSS</li> <li>- pH</li> <li>- NH<sub>3</sub>-N</li> <li>- Sulfida</li> <li>- Krom</li> </ul>	1 minggu
2.	Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang	Minyak dan Lemak	1 minggu

Sumber: Olahan peneliti.

Adapun hasil pengujian kualitas air limbah buangan pengolahan kerupuk kulit di Kelurahan Sembung yang dilakukan di lokasi laboratorium seperti yang telah dipaparkan diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil pengujian kualitas air limbah kerupuk kulit di Kelurahan Sembung

No.	Parameter	Metode	Satuan	Hasil Analisa	
				Uji - 1	Uji - 2
<b>Pencucian Bahan Pabrik</b>					
1.	BOD <sub>5</sub>	Volumetri	mg/L	320	430
2.	COD	Volumetri	mg/L	435	576
3.	TSS	TSS Analyzer	mg/L	675	333
4.	pH	pH meter	-	8.653	10.496
5.	Minyak dan Lemak	Gravimetri	mg/L	100	100
6.	NH <sub>3</sub> -N	Spektrofotometri	mg/L	19.565	21.014
7.	Sulfida	Volumetri	mg/L	5.53	20.15
8.	Krom	Spektrofotometri	mg/L	0.11	0.02
<b>Pencucian Bahan Jagal</b>					
1.	BOD <sub>5</sub>	Volumetri	mg/L	285	315
2.	COD	Volumetri	mg/L	372	424
3.	TSS	TSS Analyzer	mg/L	373	438
4.	pH	pH meter	-	6.995	7.207
5.	Minyak dan Lemak	Gravimetri	mg/L	100	200
6.	NH <sub>3</sub> -N	Spektrofotometri	mg/L	13.043	10.870
7.	Sulfida	Volumetri	mg/L	7.5	6.96
<b>Perebusan Bahan Jagal</b>					
1.	BOD <sub>5</sub>	Volumetri	mg/L	540	626
2.	COD	Volumetri	mg/L	676	764
3.	TSS	TSS Analyzer	mg/L	5430	1740
4.	pH	pH meter	-	6.595	8.608
5.	Minyak dan Lemak	Gravimetri	mg/L	200	200
6.	NH <sub>3</sub> -N	Spektrofotometri	mg/L	24.638	31.159
7.	Sulfida	Volumetri	mg/L	15	18.3

Sumber: Hasil analisa laboratorium.

#### 4.4 Perbandingan Baku Mutu Air Limbah

Salah satu syarat pembuangan air limbah ke badan sungai yaitu terpenuhinya baku mutu kualitas air yang telah ditetapkan, sehingga air buangan layak untuk dibuang ke sungai dan mampu diterima oleh sungai. Hal tersebut dilakukan guna mencegah terjadinya pencemaran di sungai.

Setiap industri tentu memiliki standar baku mutunya tersendiri. Dalam hal ini untuk kualitas air limbah industri pengolahan kerupuk kulit di Kelurahan Sembung akan dibandingkan dengan baku mutu kualitas air limbah berdasarkan:

1. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Mengacu pada baku mutu air limbah untuk industri penyamakan kulit.

2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Mengacu pada klasifikasi dan kriteria mutu air kelas tiga, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berikut perbandingan kualitas air limbah kerupuk kulit di Kelurahan Sembung dengan baku mutu yang dipilih.

Tabel 4.6 Perbandingan hasil pengujian kualitas air limbah kerupuk kulit di Kelurahan Sembung dengan standar baku mutu kualitas air limbah.

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisa		Standar	
			Uji – 1	Uji – 2	Pergub Jatim 72 tahun 2013	PP 82 tahun 2001
<b>Pencucian Bahan Pabrik</b>						
1.	BOD <sub>5</sub>	mg/L	320	430	50	6
2.	COD	mg/L	435	576	110	50
3.	TSS	mg/L	675	333	60	400
4.	pH	-	8.653	10.496	6 – 9	6 – 9
5.	Minyak dan Lemak	mg/L	100	100	5	1
6.	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	19.565	21.014	0.5	(-)
7.	Sulfida	mg/L	5.53	20.15	0.8	0.002
8.	Krom	mg/L	0.11	0.02	0.6	0.05
<b>Pencucian Bahan Jagal</b>						
1.	BOD <sub>5</sub>	mg/L	285	315	50	6
2.	COD	mg/L	372	424	110	50
3.	TSS	mg/L	373	438	60	400
4.	pH	-	6.995	7.207	6 – 9	6 – 9
5.	Minyak dan Lemak	mg/L	100	200	5	1
6.	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	13.043	10.870	0.5	(-)
7.	Sulfida	mg/L	7.5	6.96	0.8	0.002
<b>Perebusan Bahan Jagal</b>						
1.	BOD <sub>5</sub>	mg/L	540	626	50	6
2.	COD	mg/L	676	764	110	50
3.	TSS	mg/L	5430	1740	60	400
4.	pH	-	6.595	8.608	6 – 9	6 – 9

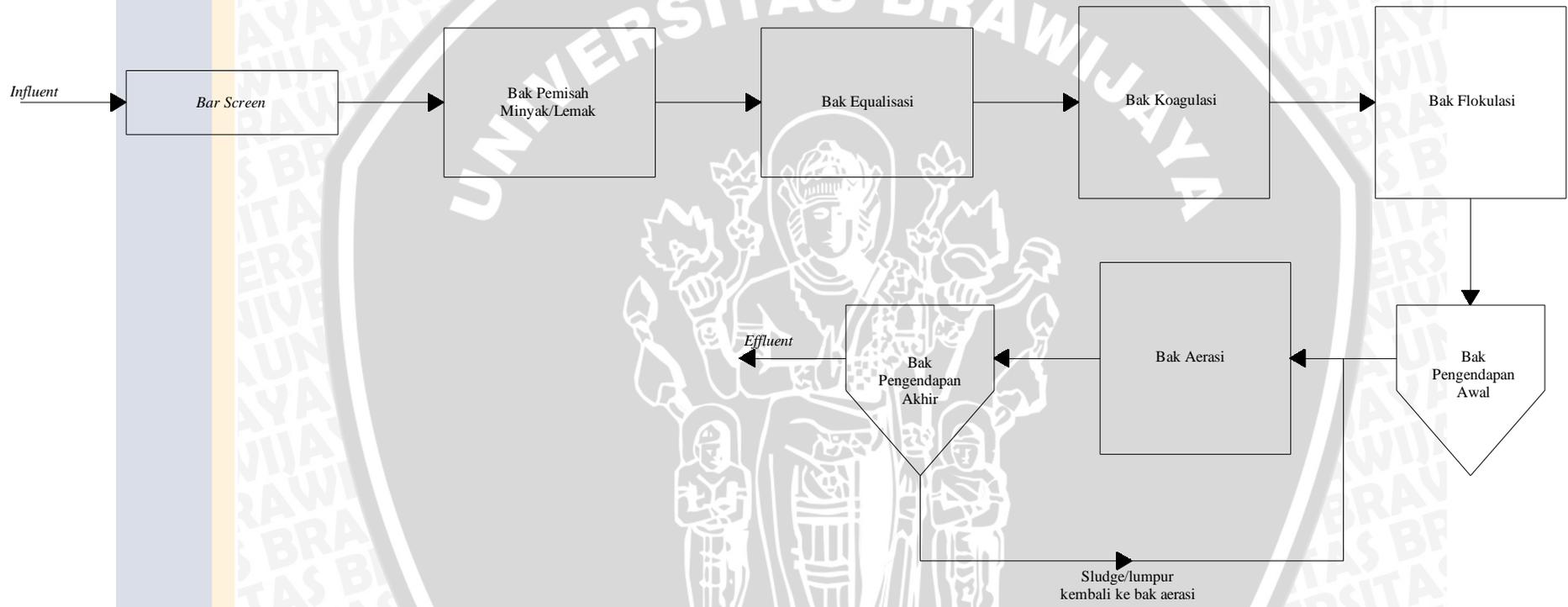
No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisa		Standar	
			Uji – 1	Uji – 2	Pergub Jatim 72 tahun 2013	PP 82 tahun 2001
5.	Minyak dan Lemak	mg/L	200	200	5	1
6.	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	24.638	31.159	0.5	(-)
7.	Sulfida	mg/L	15	18.3	0.8	0.002

Sumber: Hasil analisa laboratorium, Pergub Jatim nomor 72 tahun 2013, PP nomor 82 tahun 2001.

Berdasarkan hasil analisa laboratorium didapatkan hasil seperti yang terdapat pada Tabel 4.6. Dapat dilihat bahwa kandungan kontaminan dalam air limbah kerupuk kulit melebihi batas maksimal standar baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 serta Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. Sehingga perlu adanya pengolahan yang sesuai dengan beban kontaminan yang ada.

#### 4.5 Penentuan Model IPAL

Berdasarkan parameter limbah yang ada dapat ditentukan model IPAL yang sesuai dan dapat mengurangi beban kontaminan pada air limbah tersebut. Berikut model IPAL yang sesuai sebagai pengolah air limbah pada industri kerupuk kulit di Kelurahan Sembung (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Model IPAL industri kerupuk kulit Kelurahan Sembung.  
Sumber: Olahan peneliti.

## 4.6 Perencanaan dan Perhitungan Desain IPAL

### 4.6.1 Perhitungan Besar Beban Kontaminan

Besar beban kontaminan yang digunakan pada perhitungan perencanaan desain IPAL yaitu didapatkan dari rata-rata hasil uji laboratorium pertama dan kedua.

Tabel 4.7 Perhitungan besar beban kontaminan.

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisa		Rerata
			Uji - 1	Uji - 2	
<b>Pencucian Bahan Pabrik</b>					
1	BOD <sub>5</sub>	mg/L	320	430	375
2	COD	mg/L	435	576	505.5
3	TSS	mg/L	675	333	504
4	pH	-	8.653	10.496	9.575
5	Minyak dan Lemak	mg/L	100	100	100
6	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	19.565	21.014	20.290
7	Sulfida	mg/L	5.53	20.15	12.84
8	Krom	mg/L	0.11	0.02	0.065
<b>Pencucian Bahan Jagal</b>					
1	BOD <sub>5</sub>	mg/L	285	315	300
2	COD	mg/L	372	424	398
3	TSS	mg/L	373	438	405.5
4	pH	-	6.995	7.207	7.101
5	Minyak dan Lemak	mg/L	100	200	150
6	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	13.043	10.87	11.957
7	Sulfida	mg/L	7.5	6.96	7.23
<b>Perebusan Bahan Jagal</b>					
1	BOD <sub>5</sub>	mg/L	540	626	583
2	COD	mg/L	676	764	720
3	TSS	mg/L	5430	1740	3585
4	pH	-	6.595	8.608	7.602
5	Minyak dan Lemak	mg/L	200	200	200
6	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	24.638	31.159	27.899
7	Sulfida	mg/L	15	18.3	16.65

Sumber: Hasil perhitungan.

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan rata-rata beban limbah dari industri kerupuk kulit di Kelurahan Sembung. Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa rata-rata beban kontaminan terbesar pada air limbah dari perebusan bahan jagal. Sehingga untuk merencanakan IPAL akan digunakan rata-rata dari beban limbah pada perebusan bahan

jalat, sedangkan untuk parameter krom menggunakan beban limbah pada pencucian bahan pabrik, hal tersebut dikarenakan parameter krom hanya ada pada air limbah pencucian bahan pabrik. Berikut besar beban limbah yang akan dipakai dalam perhitungan perencanaan desain IPAL, yaitu:

Tabel 4.8 Beban limbah dan standar baku mutu perencanaan IPAL.

No.	Parameter	Satuan	Beban Limbah	Baku Mutu	Sumber
1.	BOD <sub>5</sub>	mg/L	583	6	PP 82 tahun 2001
2.	COD	mg/L	720	50	PP 82 tahun 2001
3.	TSS	mg/L	3585	60	Pergub Jatim 72 tahun 2013
4.	pH	-	7.602	6 – 9	PP 82 tahun 2001
5.	Minyak dan Lemak	mg/L	200	1	PP 82 tahun 2001
6.	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	27.899	0.5	Pergub Jatim 72 tahun 2013
7.	Sulfida	mg/L	16.65	0.002	PP 82 tahun 2001
8.	Krom	mg/L	0.065	0.05	PP 82 tahun 2001

Sumber: Hasil rekapitulasi.

#### 4.6.2 Perhitungan Debit Harian

Perhitungan debit harian digunakan untuk mendapatkan debit keluaran dari limbah industri kerupuk kulit dalam waktu satu hari selama waktu produksi kerupuk.

- Waktu produksi limbah kerupuk (t) = 5 jam/hari
- Debit (Q) = 0.0031 m<sup>3</sup>/dt

Maka debit harian limbah kerupuk kulit:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{perjam}} &= 0.0031 \times 60 \times 60 \\
 &= 11.11 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 Q_{\text{harian}} &= Q_{\text{perjam}} \times t \\
 &= 11.11 \times 5 \\
 &= 55.55 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Sehingga debit harian keluaran untuk limbah kerupuk kulit sebesar 55.55 m<sup>3</sup>/hari.

#### 4.6.3 Bar Screen

*Screen* yang akan dibuat dalam perencanaan IPAL ini merupakan jenis dari *bar screen* dari tipe *coarse screen* yang dibuat secara manual dengan menggunakan baja tahan karat berdiameter 1 cm. *Screen* ini dibersihkan berkala secara manual. *Screen* ini dimaksudkan untuk pemisahan sampah terutama padatan kasar misalnya daun, plastic, dan sampah besar lainnya, dari aliran limbah yang akan masuk ke unit pengolahan selanjutnya, sehingga tidak akan mengganggu proses kinerja pengolahan dari IPAL.

Proses kerja dari *screen* ini yaitu air limbah dari proses pembuatan kerupuk kulit dilewatkan langsung pada *bar screen* dan akan menuju bak pemisah minyak dan lemak. Padatan atau sampah kasar akan tertahan pada *screen* yang kemudian diambil secara manual dan dibuang ke wadah sampah yang telah disediakan pada lokasi industri.

Penempatan *screen* ini terletak pada saluran air limbah yang akan masuk ke IPAL, yaitu ditempatkan sebelum bak pemisah minyak dan lemak.

**a. Kriteria Desain**

Kriteria desain untuk *bar screen* dengan pembersihan secara manual yaitu:

Tabel 4.9 Kriteria desain *bar screen*.

Parameter	Satuan	Kriteria
Kecepatan aliran melalui <i>screen</i> ( <i>v</i> )	m/dt	0.3 – 0.6
Jarak antar batang ( <i>B</i> )	mm	25 – 75
<i>Slope</i> terhadap horizontal ( $\alpha$ )	derajat	45 – 60

Sumber: Pedoman teknis IPAL (2011:62)

Direncanakan desain sebagai berikut:

- Kecepatan aliran melalui *screen* (*v*) = 0.3 m/dt
- Jarak antar batang (*B*) = 25 mm
- *Slope* terhadap horizontal ( $\alpha$ ) = 60°
- Diameter kisi (*D*) = 10 mm
- Lebar saluran (*b*) = 0.25 m
- Kedalaman air pada saluran (*d*) = 0.1 m

**b. Perhitungan**

- Perhitungan lebar bukaan dan jumlah batang

Banyaknya celah/bukaan antar batang:

$$n_c = \frac{b}{(B + D)} = \frac{0.25}{(0.025 + 0.010)} = 7.14 \approx 8 \text{ celah}$$

$$\text{Jumlah batang} = n_c - 1 = 8 - 1 = 7 \text{ batang}$$

$$\text{Lebar bukaan efektif} = 7 \times 0.025 = 0.175 \text{ m}$$

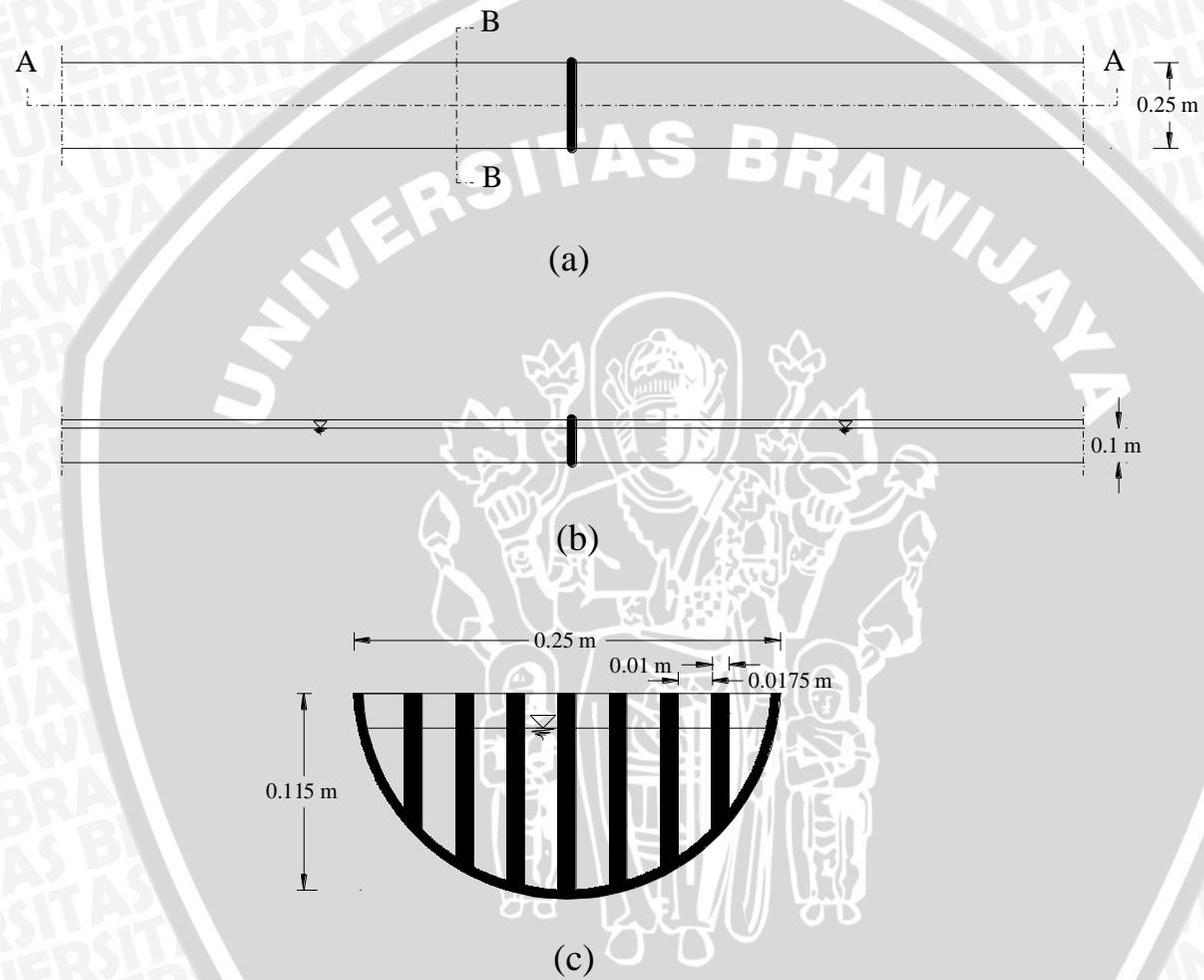
$$\text{Panjang batang bar yang terendam} = \frac{d}{\sin 60^\circ} = \frac{0.1}{0.866} = 0.115 \text{ m}$$

- Perencanaan konstruksi

Konstruksi = (sudah ada)

Bahan saringan = baja tahan karat





Gambar 4.6 (a) Denah *bar screen*, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B.  
 Sumber: Olahan peneliti.

#### 4.6.4 Bak Pemisahan Minyak dan Lemak

Bak pemisah minyak dan lemak atau *grease removal* yang direncanakan adalah tipe gravitasi sederhana yang bagian inletnya dilengkapi *bar screen*. Unit ini dimaksudkan untuk memisahkan minyak dan lemak yang berasal dari proses pencucian dan perebusan pada pembuatan kerupuk kulit sehingga dapat mengurangi kandungan beban limbah minyak dan lemak dalam air limbah. Selain itu kandungan minyak dan lemak yang tinggi akan menghambat transfer  $O_2$  dalam air limbah, hal tersebut akan mengurangi kinerja dari IPAL.

Bak pemisah minyak dan lemak ini terdiri dari dua ruang, dan pada ruang kedua terdapat sebuah sekat. Hal tersebut berfungsi agar proses pemisahan bekerja lebih optimal. Proses kerja bak ini adalah secara gravitasi, yaitu minyak dan lemak akan naik dan mengumpul pada bagian atas bak di ruang pertama dikarenakan berat jenis minyak dan lemak lebih kecil dari berat jenis air. Minyak dan lemak yang mengumpul diatas akan diambil secara manual. Air yang sudah terpisah dari minyak dan lemak akan mengalir ke ruang kedua melalui bagian bawah bak agar minyak dan lemak tidak ikut terbawa aliran. Kemudian air limbah akan keluar dari bak pemisah minyak dan lemak menuju bak equalisasi.

##### a. Kriteria Desain

Kriteria desain untuk bak pemisah minyak dan lemak yaitu:

Tabel 4.10 Kriteria desain bak pemisah minyak dan lemak.

Parameter	Satuan	Kriteria
Waktu tinggal ( $t_d$ )	menit	30 – 60
Minimal jumlah ruangan	ruang	2

Sumber: Priyanka V. (2012:84)

Direncanakan desain sebagai berikut:

- Debit ( $Q$ ) =  $55.55 \text{ m}^3/\text{hari} = 2.31 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Waktu tinggal ( $t_d$ ) = 60 menit = 1 jam

##### b. Perhitungan

- Dimensi dan volume bak maksimum

$$\begin{aligned}
 V &= Q \times t_d \\
 &= 2.31 \times 1 \\
 &= 2.31 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Diambil:

- Panjang (p) = 2.4 m
- Lebar (l) = 1 m
- Kedalaman (h) = 1 m
- Jagaan = 0.5 m

$$\begin{aligned} \text{Total kedalaman bak} &= h_{\text{air}} + h_{\text{jagaan}} \\ &= 1 + 0.5 \\ &= 1.5 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga volume bak desain:

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times h \\ &= 2.4 \times 1 \times 1 \\ &= 2.4 \text{ m}^3 \quad (\text{belum termasuk jagaan}) \end{aligned}$$

- Perencanaan *inlet* dan *outlet*

*Inlet* dan *outlet* direncanakan menggunakan 2 pipa PVC dengan diameter 4 inci.

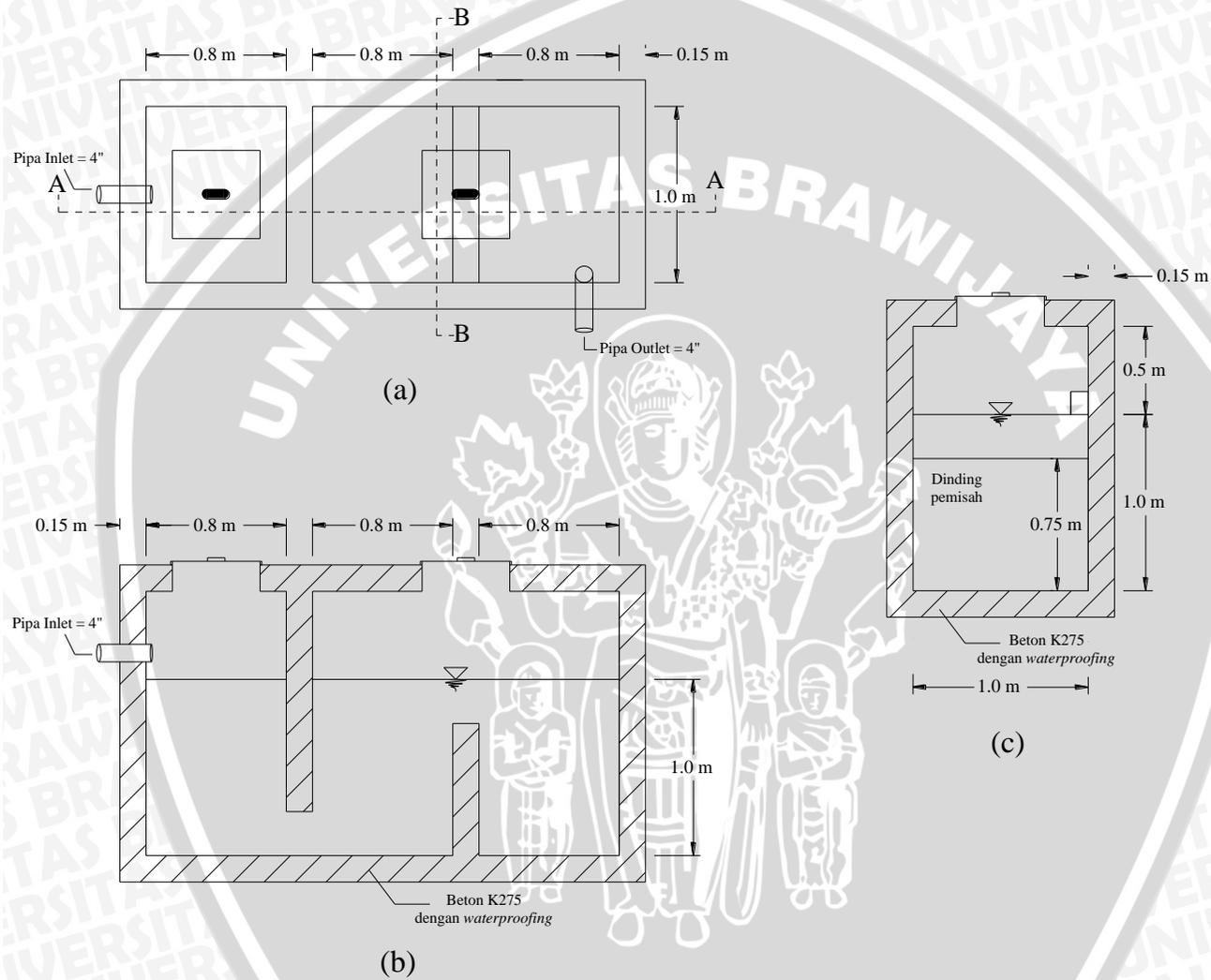
- Perencanaan konstruksi

Konstruksi = Beton K275  
 Tebal dinding = 15 cm  
 Perlindungan = *Waterproofing*

**c. Penentuan Karakteristik Effluent**

Kandungan minyak dan lemak dalam limbah	= 200 mg/L
Kandungan minyak dan lemak perhari	= $200 \times 55.55 \times 10^{-3}$
	= 11.11 kg/hari
Berat jenis minyak	= 0.63 kg/cm <sup>3</sup> .
Debit endapan minyak dan lemak	= $\frac{\text{Konsentrasi}}{\text{Berat jenis}}$
	= $\frac{11.11}{0.63 \times 1000}$
	= 0.018 m <sup>3</sup> /hari
Debit effluent (Q <sub>eff</sub> )	= Q - Q <sub>endapan</sub>
	= 55.55 - 0.018
	= 55.53 m <sup>3</sup> /hari





Gambar 4.7 (a) Denah bak pemisah minyak/lemak, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B.  
 Sumber: Olahan peneliti.

#### 4.6.5 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi ini berfungsi sebagai tempat pencampuran air limbah yang berasal dari bak pemisah minyak dan lemak dan selanjutnya akan dipompa ke unit IPAL. Pada bak ini didesain memiliki slope untuk memudahkan upaya pemeliharaan.

Proses kerja pada bak equalisasi ini yaitu semua air limbah yang berasal dari bak pemisah minyak dan lemak akan dialirkan dan dikumpulkan pada bak ini yang berfungsi untuk meratakan kandungan padatan menyeragamkan konsentrasi zat pencemar sehingga proses pengolahan dapat berjalan dengan baik. Selain itu dapat untuk menghindari *shock loading*, karena limbah yang dihasilkan dalam proses kegiatan industri tidak pernah stabil serta proses biologis pada tahapan selanjutnya tidak tahan dengan polutan yang berubah-ubah. Air limbah yang sudah terkumpul pada bak equalisasi akan dipompa menuju ke tahap pengolahan IPAL yaitu bak koagulasi.

##### a. Kriteria Desain

Kriteria desain untuk bak equalisasi yaitu:

Tabel 4.11 Kriteria desain bak equalisasi.

Parameter	Satuan	Kriteria
Kedalaman minimum	m	1.5 – 2

Sumber: Metcalf & Eddy (2003)

Direncanakan desain sebagai berikut:

- Debit  $(Q) = 55.53 \text{ m}^3/\text{hari} = 2.31 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Waktu tinggal  $(t_d) = 2 \text{ jam}$

##### b. Perhitungan

- Dimensi dan volume bak maksimum

$$\begin{aligned} V &= Q \times t_d \\ &= 2.31 \times 2 \\ &= 4.63 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diambil:

- Panjang  $(p) = 2 \text{ m}$
- Lebar  $(l) = 1.5 \text{ m}$
- Jagaan  $= 0.5 \text{ m}$

$$\text{Maka kedalaman } (h) = \frac{\text{Vol}}{p \times l} = \frac{4.63}{2 \times 1.5} = 1.54 \text{ m} \approx 1.6 \text{ m}$$

Karena debit relatif besar, maka untuk tinggi jagaan diambil 0.5 m, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Total kedalaman bak} &= h_{\text{air}} + h_{\text{jagaan}} \\ &= 1.6 + 0.5 \\ &= 2.1 \text{ m}\end{aligned}$$

- Struktur *Inlet*

Struktur *inlet* direncanakan menggunakan pipa berdiameter 4 inci.

- Struktur *Outlet*

Struktur *outlet* direncanakan menggunakan pipa berdiameter 4 inci untuk menyesuaikan spesifikasi diameter hisap dan diameter outlet pompa. Pompa yang digunakan adalah jenis pompa celup (*submersible pump*) yang digunakan untuk mentransfer air limbah dari bak ekualisasi ke bak koagulasi dan flokulasi.

- *Sludge Removal*

Bak ekualisasi direncanakan dibuat dasar miring dengan slope 0.02. Lumpur ataupun padatan yang terdapat di bak ekualisasi akan mudah terkumpul ke saluran *sludge removal* dengan dasar miring tersebut. Setelah terkumpul, lumpur akan dipompa menuju bak koagulasi dan flokulasi.

- Perencanaan konstruksi

Konstruksi	= Beton K275
Tebal dinding	= 15 cm
Perlindungan	= <i>Waterproofing</i>

### c. Pompa Pada Bak Equalisasi

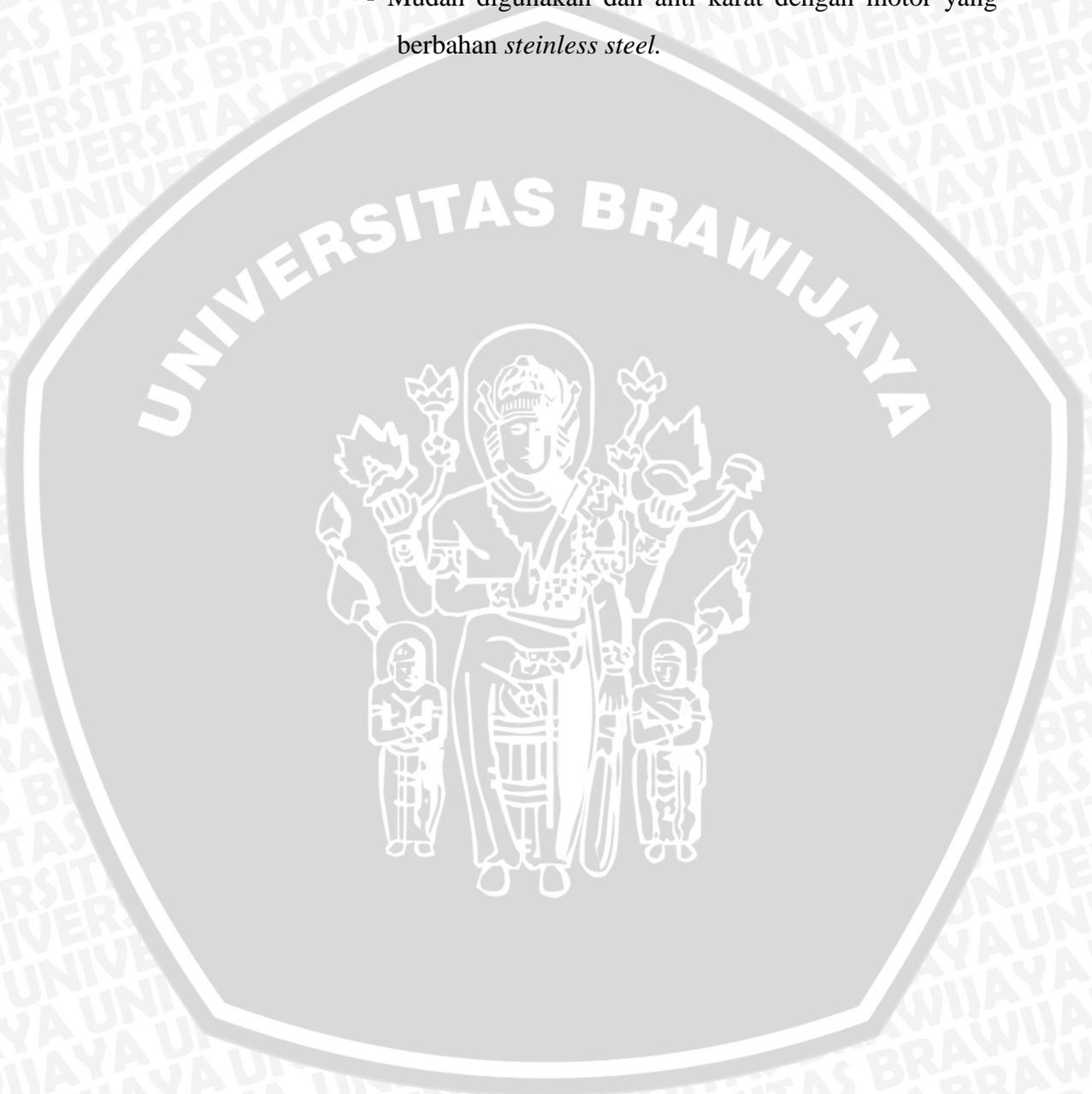
Debit	(Q) = 55.53 m <sup>3</sup> /hari
	= 2.31 m <sup>3</sup> /jam
	= 38.6 L/menit

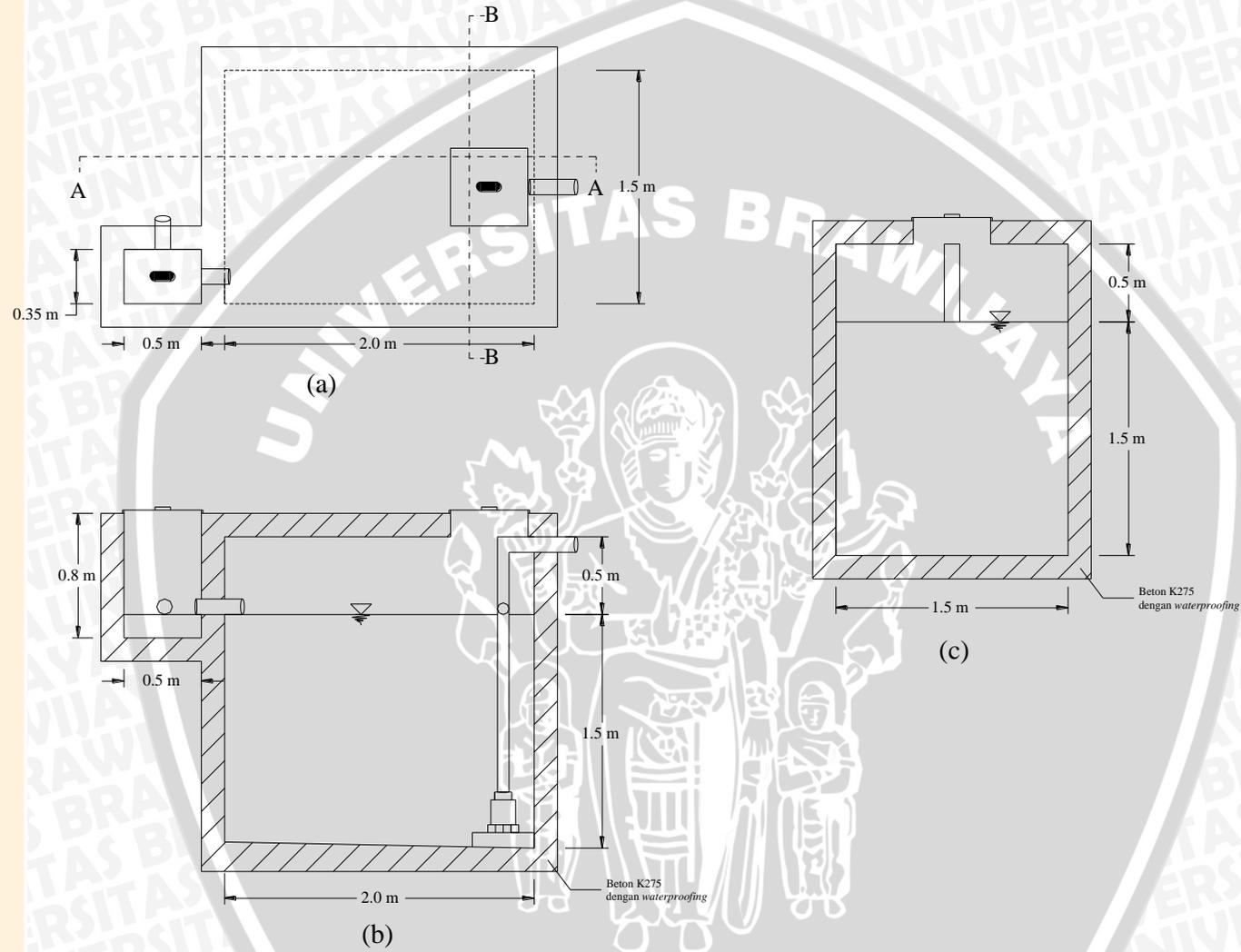
Dengan debit limbah cair 38,6 L/menit dibutuhkan spesifikasi pompa sebagai berikut:

Kapasitas	= 350 L/menit (max)
Tipe	= Pompa celup/ <i>submersible pump</i>
Total head	= 11 m
Daya listrik	= 600 watt
Rekomendasi	= Pompa Pedrollo ZXm1A/40
Harga	= Rp. 5.500.000,00

Spesifikasi

- Pompa ini digunakan untuk memompa air kotor limbah cair serta mengosongkan kolam dengan *suspended solids* berdiameter maksimum 20 mm.
- Dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan level limbah cair dalam bak.
- Mudah digunakan dan anti karat dengan motor yang berbahan *stainless steel*.





Gambar 4.8 (a) Denah bak equalisasi, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B.  
 Sumber: Olahan peneliti.

## 4.6.6 Bak Koagulasi dan Flokulasi

### 4.6.6.1 Bak Koagulasi

Pada tahap ini akan terjadi proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan bahan kimia (koagulan) dalam hal ini koagulan yang digunakan yaitu NaOH (natrium hidroksida) yang nantinya akan menyebabkan pembentukan inti gumpalan (presipitat) yang dibantu dengan pengadukan cepat menggunakan alat pengaduk berupa *impeller* yang akan memberikan energi agar terjadi tumbukan antar partikel tersuspensi dan koloid sehingga terbentuk gumpalan (flok). Proses koagulasi direncanakan pengadukan mekanis yaitu dengan *impeller* dengan tipe *Paddle*.

Proses koagulasi ini merupakan proses yang terangkai menjadi kesatuan dengan proses flokulasi dan tidak dapat terpisahkan. Pada proses ini air limbah yang berada pada bak koagulasi dibubuhkan NaOH yang diikuti pengadukan dengan gradien kecepatan yang cukup besar dengan menggunakan *impeller* yang berfungsi untuk mendestabilisasikan koloid dan meratakan NaOH agar tersebar merata dalam air limbah dan akan membantu menghilangkan kandungan pencemar kromium. Koagulan NaOH akan terdispersi dan mengikat kromium sehingga akan terbentuk suspensi halus dari  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . Kemudian air limbah dari proses koagulasi ini akan dialirkan menuju bak flokulasi.

#### a. Kriteria Desain

Kriteria desain untuk *impeller* dengan tipe *Paddle* yaitu:

Tabel 4.12 Kriteria *impeller* dengan tipe *Paddle*.

Parameter	Satuan	Kriteria
Kecepatan putaran	rpm	20 - 150
Dimensi		
- Diameter		50 – 80% dari lebar bak
- Lebar		$\frac{1}{6}$ - $\frac{1}{10}$ diameter <i>paddle</i>

Sumber: Anonim. (2010:13)

Direncanakan desain sebagai berikut:

- Debit  $(Q) = 55.53 \text{ m}^3/\text{hari} = 2.31 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Waktu tinggal  $(t_d) = 40 \text{ detik}$
- Gradien kecepatan  $(G) = 700 \text{ mps/m}$
- Kekentalan cairan  $(\mu) = 0.00089 \text{ N}\cdot\text{dt/m}$  (pada suhu air  $25^\circ\text{C}$ )
- Konstanta pengaduk  $(K_T) = 2.25$  (tabel konstanta pengaduk untuk aliran turbulen)
- Massa jenis air  $(\rho) = 997 \text{ kg/m}^3$

## b. Perhitungan

- Dimensi dan volume bak maksimum

$$\begin{aligned}V &= Q \times t_d \\ &= 2.31 \times \frac{40}{60} \\ &= 1.54 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Diambil:

- Panjang (p) = 1 m
- Lebar (l) = 1 m
- Jagaan = 0.5 m

$$\text{Maka kedalaman (h)} = \frac{\text{Vol}}{p \times l} = \frac{1.54}{1 \times 1} = 1.54 \text{ m} \approx 1.6 \text{ m}$$

- Tenaga yang dibutuhkan

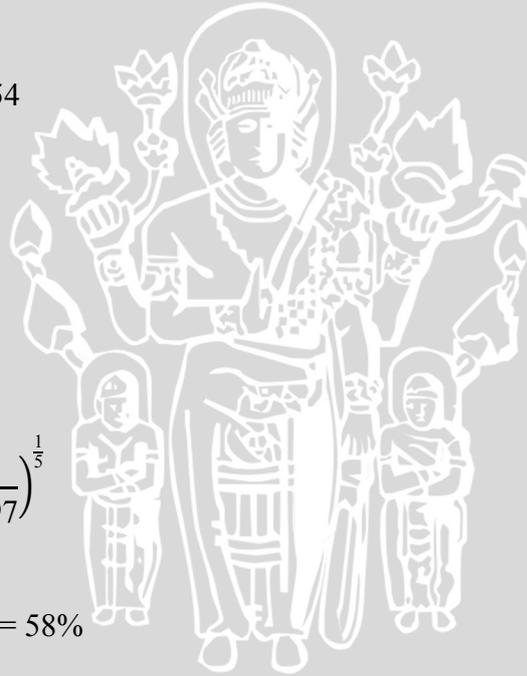
$$\begin{aligned}P &= G^2 \times \mu \times V \\ &= 700^2 \times 0.00089 \times 1.54 \\ &= 672.68 \text{ Nm/dt} \\ &= 673 \text{ watt}\end{aligned}$$

- Diameter *impeller*

$$\begin{aligned}D_i &= \left( \frac{P}{K_T \times n^3 \times \rho} \right)^{\frac{1}{5}} \\ &= \left( \frac{673}{2.25 \times 1.667^3 \times 997} \right)^{\frac{1}{5}} \\ &= 0.58 \text{ m} \\ \frac{D_i}{L} &= \frac{0.58}{1} = 0.58 \times 100\% = 58\%\end{aligned}$$

- Lebar *impeller*

$$\begin{aligned}L_i &= \frac{1}{6} \times D_i \\ &= \frac{1}{6} \times 0.58 \\ &= 0.1 \text{ m}\end{aligned}$$



- Cek bilangan Reynolds

$$N_{Re} = \frac{D_1^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0.58^2 \times 1.667 \times 997}{0.00089}$$

$$= 624754 > 10000 \quad \text{OK!!!}$$

- Perencanaan konstruksi

Konstruksi	= Beton K275
Tebal dinding	= 15 cm
Perlindungan	= <i>Waterproofing</i>

### c. Pembubuhan Koagulan

Koagulan dimasukkan ke dalam air limbah untuk mengurangi gaya tolak-menolak antar partikel sehingga krom akan membentuk flok yang nantinya akan dibuang. Hal tersebut membantu mengendapkan krom serta mengurangi kadar beban krom dalam limbah. Dalam hal ini digunakan senyawa Natrium Hidroksida (NaOH) dalam bentuk cairan.

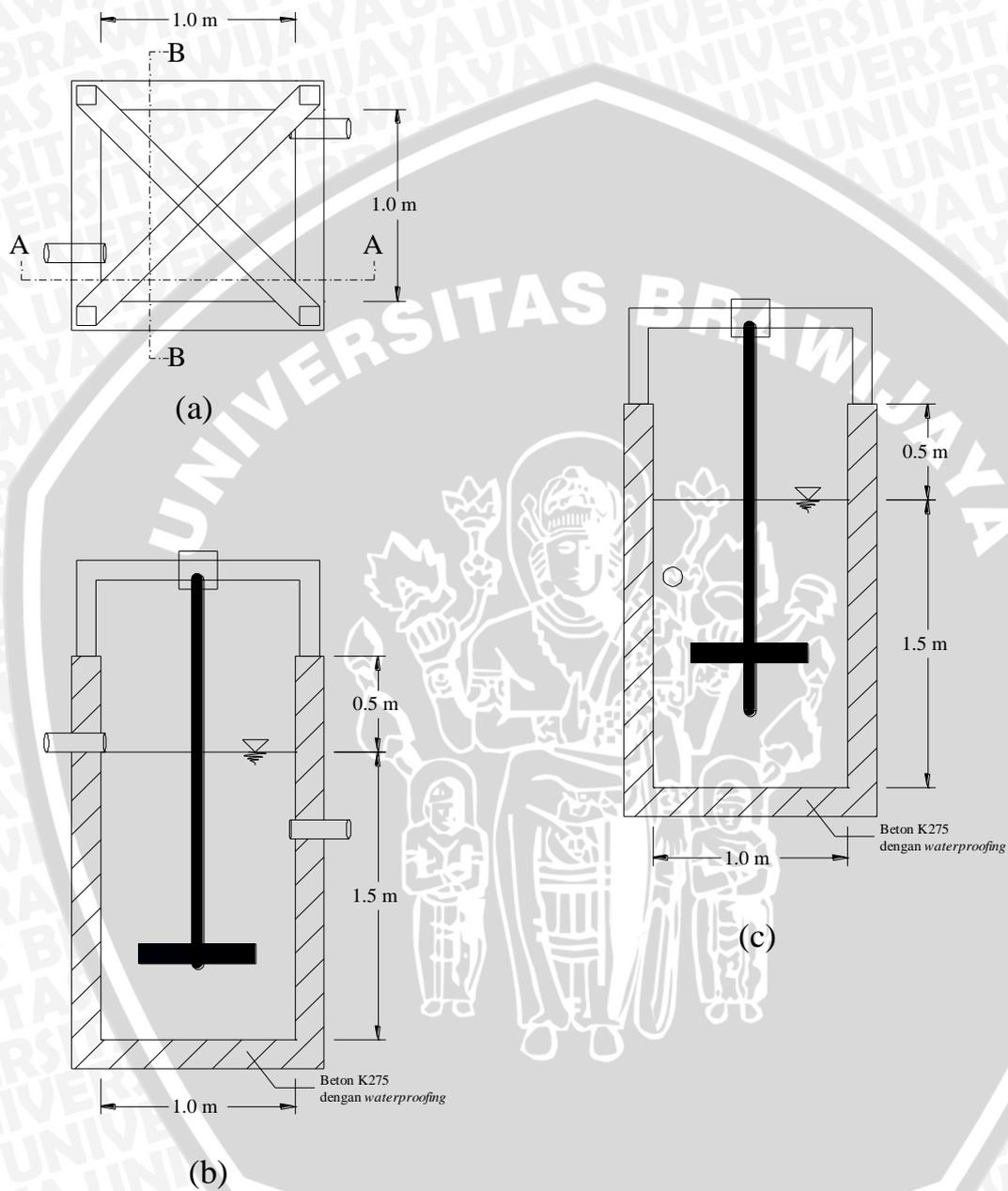
NaOH adalah basa atau zat yang rumusnya terdiri atas logam dengan gugus hidroksida (gugus OH<sup>-</sup>). Gugus OH<sup>-</sup> merupakan gugus bervalensi satu, maka banyaknya gugus OH<sup>-</sup> sesuai dengan valensi logamnya. Pembentukan basa NaOH terjadi karena reaksi antara logam alkali (logam yang sangat reaktif) dengan air.



Reaksi kimia yang terjadi dalam air limbah yang mengandung Cr<sup>3+</sup> ditambah (bereaksi) dengan hidroksida Na, maka krom tersebut akan terendap sebagai Cr(OH)<sub>3</sub>.



pH pada limbah dibuat 8 dikarenakan dalam jurnal Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit (Asmadi, dkk., 2009:10), tertera bahwa berdasarkan penelitian BPPI tentang kemungkinan pemanfaatan buangan bahwa pH optimal 8 untuk mengendapkan kromium bentuk Cr(OH)<sub>3</sub> adalah pada pH 8. Sedangkan untuk konsentrasi NaOH yang digunakan adalah 10%. Sehingga untuk mencapai pH 8 pada air limbah dengan volume 500 ml, diperlukan NaOH sebanyak 3,9 ml dengan konsentrasi 10%. Namun untuk mendapatkan hasil yang tepat harus dilakukan *jar test* untuk mengetahui dosis yang sesuai agar terbentuk pengendapan sempurna.



Gambar 4.9 (a) Denah bak koagulasi, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B.  
 Sumber: Olahan peneliti.

#### 4.6.6.2 Bak Flokulasi

Pada tahap ini akan terjadi proses penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar sehingga lebih mudah untuk dipisahkan melalui proses pengendapan. Proses ini juga dibantu pengadukan lambat menggunakan *impeller* tipe *paddle* yang akan memberikan energi agar terjadi tumbukan antar partikel tersuspensi dan koloid sehingga terbentuk gumpalan (flok). Bak flokulasi ini diberikan kantong lumpur dengan tipe *clarifier*.

Proses flokulasi direncanakan hampir sama dengan proses koagulasi yaitu air yang dalam bak flokulasi ini bersal dari bak koagulasi yang kemudian diaduk dengan gradien kecepatan yang kecil menggunakan *impeller*. Karena adanya pengadukan lambat ini maka akan terjadi kontak antar partikel dimana suspensi halus  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  akan saling bertumbukan dan bergabung membentuk flok yang lebih besar (makroflok), yang nantinya akan dipisahkan dengan cara diendapkan. Air limbah yang telah mengalami pengadukan lambat akan dialirkan menuju bak pengendapan awal untuk pemisahan endapan yang terbentuk pada bak flokulasi.

##### a. Kriteria Desain

Kriteria desain untuk tipe *clarifier* yaitu:

Tabel 4.13 Kriteria desain bak flokulasi dengan *clarifier*.

Parameter	Satuan	Kriteria
Waktu tinggal	menit	20 - 100
Tahap flokulasi	tahap	1
Gradien kecepatan	1/detik	100 - 10
Tinggi	m	2 - 4

Sumber: SNI 6774 – 2008 (2008:5)

Direncanakan desain sebagai berikut:

- Debit  $(Q) = 55.53 \text{ m}^3/\text{hari} = 2.31 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Waktu tinggal  $(t_d) = 1 \text{ jam}$
- Gradien kecepatan  $(G) = 75 \text{ /detik}$
- Kekentalan cairan  $(\mu) = 0.00089 \text{ N.dt/m}$  (pada suhu air  $25^\circ\text{C}$ )
- Konstanta pengaduk  $(K_T) = 2.25$  (tabel konstanta pengaduk untuk aliran turbulen)
- Massa jenis air  $(\rho) = 997 \text{ kg/m}^3$

## b. Perhitungan

- Dimensi dan volume bak maksimum

$$\begin{aligned} V &= Q \times t_d \\ &= 2.31 \times 1 \\ &= 2.31 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diambil:

- Panjang (p) = 1 m
- Lebar (l) = 1 m
- Jagaan = 0.5 m

$$\text{Maka kedalaman (h)} = \frac{\text{Vol}}{p \times l} = \frac{2.31}{1 \times 1} = 2.31 \text{ m}$$

- Saluran penghubung bak koagulasi dan flokulasi

Direncanakan :

- Panjang (p) = 0.1 m
- Lebar (l) = 0.1 m

$$\begin{aligned} \text{Maka luas permukaan (A)} &= p \times l \\ &= 0.1 \times 0.1 \\ &= 0.01 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = \frac{Q}{A} = \frac{2.31}{0.01} = 231 \text{ m/jam}$$

- Tenaga yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} P &= G^2 \times \mu \times V \\ &= 75^2 \times 0.00089 \times 2.31 \\ &= 11.58 \text{ Nm/dt} \\ &= 12 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Diameter *impeller*

$$\begin{aligned} D_i &= \left( \frac{P}{K_T \times n^3 \times \rho} \right)^{\frac{1}{5}} \\ &= \left( \frac{12}{2.25 \times 0.064^3 \times 997} \right)^{\frac{1}{5}} \\ &= 0.60 \text{ m} \\ \frac{D_i}{L} &= \frac{0.60}{1} = 0.60 \times 100\% = 60\% \end{aligned}$$

- Lebar *impeller*

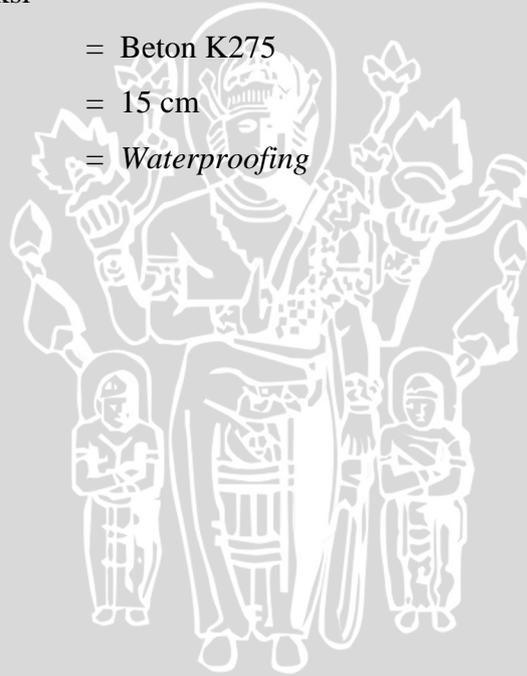
$$\begin{aligned}L_i &= \frac{1}{6} \times D_i \\ &= \frac{1}{6} \times 0.60 \\ &= 0.1 \text{ m}\end{aligned}$$

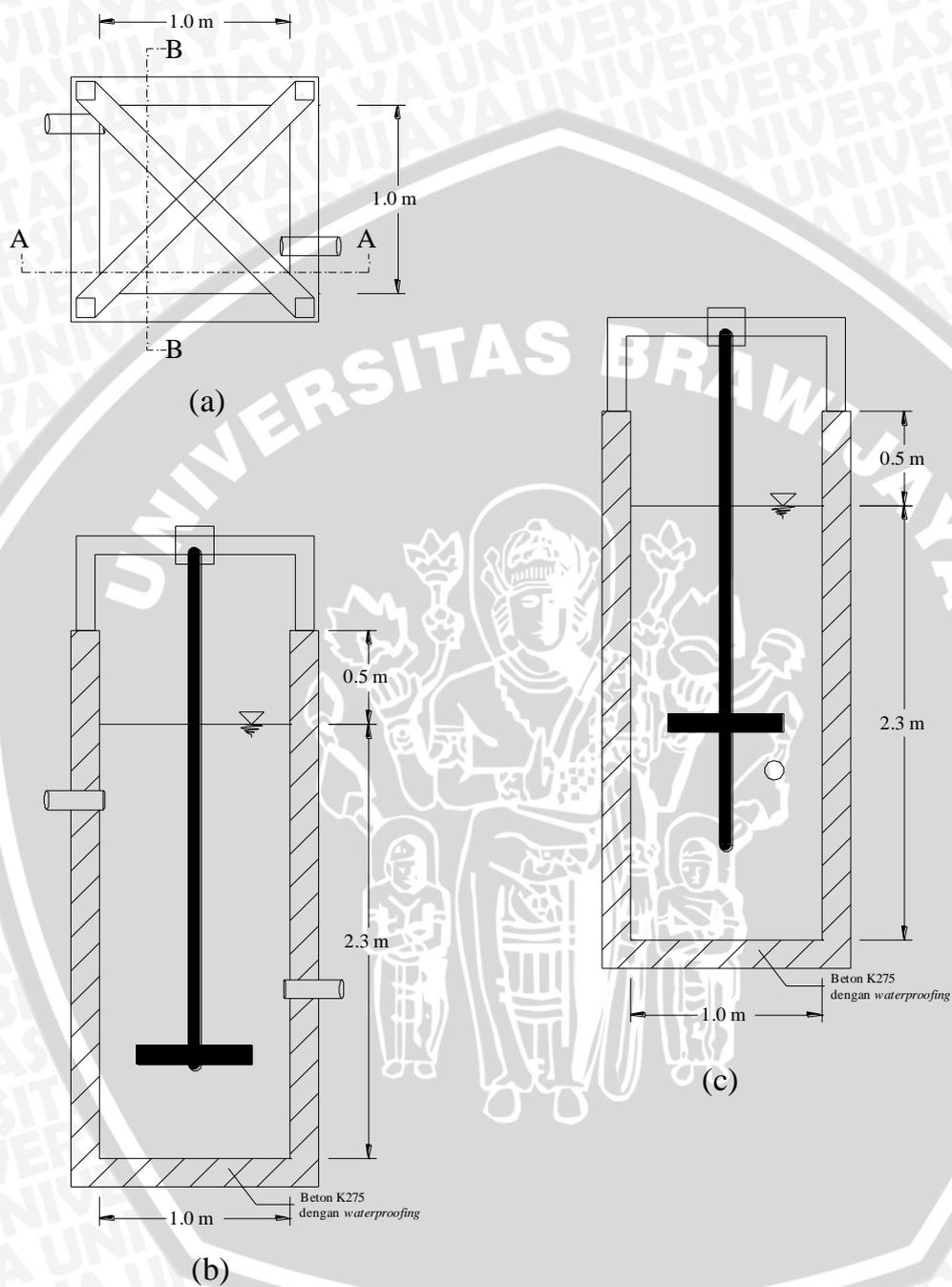
- Cek bilangan Reynolds

$$\begin{aligned}N_{Re} &= \frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0.60^2 \times 0.064 \times 997}{0.00089} \\ &= 26260 > 10000 \quad \text{OK!!!}\end{aligned}$$

- Perencanaan konstruksi

Konstruksi	= Beton K275
Tebal dinding	= 15 cm
Perlindungan	= <i>Waterproofing</i>





Gambar 4.10 (a) Denah bak flokulasi, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B.  
 Sumber: Olahan peneliti.

#### 4.6.7 Bak Pengendapan Awal

Bak pengendapan awal berfungsi sebagai tempat pengendapan lumpur serta menghilangkan zat padat yang tersuspensi yang berasal dari proses koagulasi dan flokulasi dengan demikian akan mengurangi kandungan padatan tersuspensi dalam air limbah. Bak ini direncanakan berbentuk silinder dengan dasar berbentuk kerucut sehingga memudahkan partikel tersuspensi terkumpul ke dasar bak.

Air yang berasal dari bak flokulasi dialirkan menuju bak pengendapan awal ini. Dalam bak ini air limbah diberikan kesempatan untuk tinggal dan mengalir dengan kecepatan yang rendah sehingga endapan  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  yang terbentuk di bak koagulasi dan flokulasi serta padatan tersuspensi lainnya akan mengendap secara gravitasi. Hal tersebut terjadi karena flok yang terbentuk cukup besar akibat adanya pengadukan lambat pada proses flokulasi dan menyebabkan berta flok akan bertambah. Sehingga flok yang masuk ke bak pengendapan awal memiliki berat jenis yang lebih besar dari berat jenis air dan flok akan bergerak ke bawah dan mengendap pada bagian dasar bak pengendapan.

Air mengalir dari bagian bawah ke atas secara vertikal menuju tempat pengeluaran yang ada di bagian atas. Air dari proses pengendapan ini akan dialirkan menuju bak aerasi, sedangkan untuk lumpurnya akan dibuang.

##### a. Kriteria Desain

Kriteria desain untuk bak pengendapan awal yaitu:

Tabel 4.14 Kriteria desain bak pengendapan awal.

Parameter	Satuan	Kriteria
Beban permukaan	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$	0.5 – 1.5
Kedalaman	m	0.5 – 1
Waktu tinggal	jam	2 – 2.5

Sumber: SNI 6774 – 2008 (2008:6)

Direncanakan desain sebagai berikut:

- Debit  $(Q) = 55.53 \text{ m}^3/\text{hari} = 2.31 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Waktu tinggal  $(t_d) = 2 \text{ jam}$

##### a. Perhitungan

- Dimensi dan volume bak

$$\begin{aligned}V_{\text{maks}} &= Q \times t_d \\ &= 2.31 \times 2 \\ &= 4.63 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Diambil:

- Diameter (d) = 1.8 m
- Tinggi silinder ( $h_{\text{silinder}}$ ) = 1 m
- Tinggi kerucut ( $h_{\text{kerucut}}$ ) = 0.7 m
- Tinggi jagaan ( $h_{\text{jagaan}}$ ) = 0.3 m
- Tebal dinding = 15 cm
- Jagaan = 0.5 m

Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{silinder}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times h_{\text{silinder}} \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 1.8^2 \times 1 \\ &= 2.5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{kerucut}} &= \frac{1}{3} \times \pi \times d^2 \times h_{\text{kerucut}} \\ &= \frac{1}{3} \times 3.14 \times 1.8^2 \times 0.7 \\ &= 2.37 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_{\text{silinder}} + V_{\text{kerucut}} \\ &= 2.5 + 2.37 \\ &= 4.92 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Perencanaan konstruksi

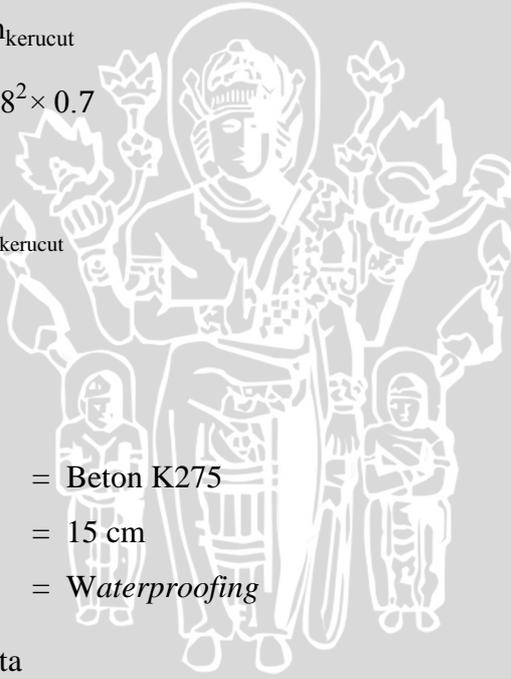
Konstruksi = Beton K275

Tebal dinding = 15 cm

Perlindungan = *Waterproofing*

- Cek waktu tinggal rata-rata

$$\begin{aligned} t_d &= \frac{\text{Volume efektif}}{Q} \\ &= \frac{4.92}{2.31} \\ &= 2.13 \text{ jam} \end{aligned}$$



- Beban permukaan rata-rata

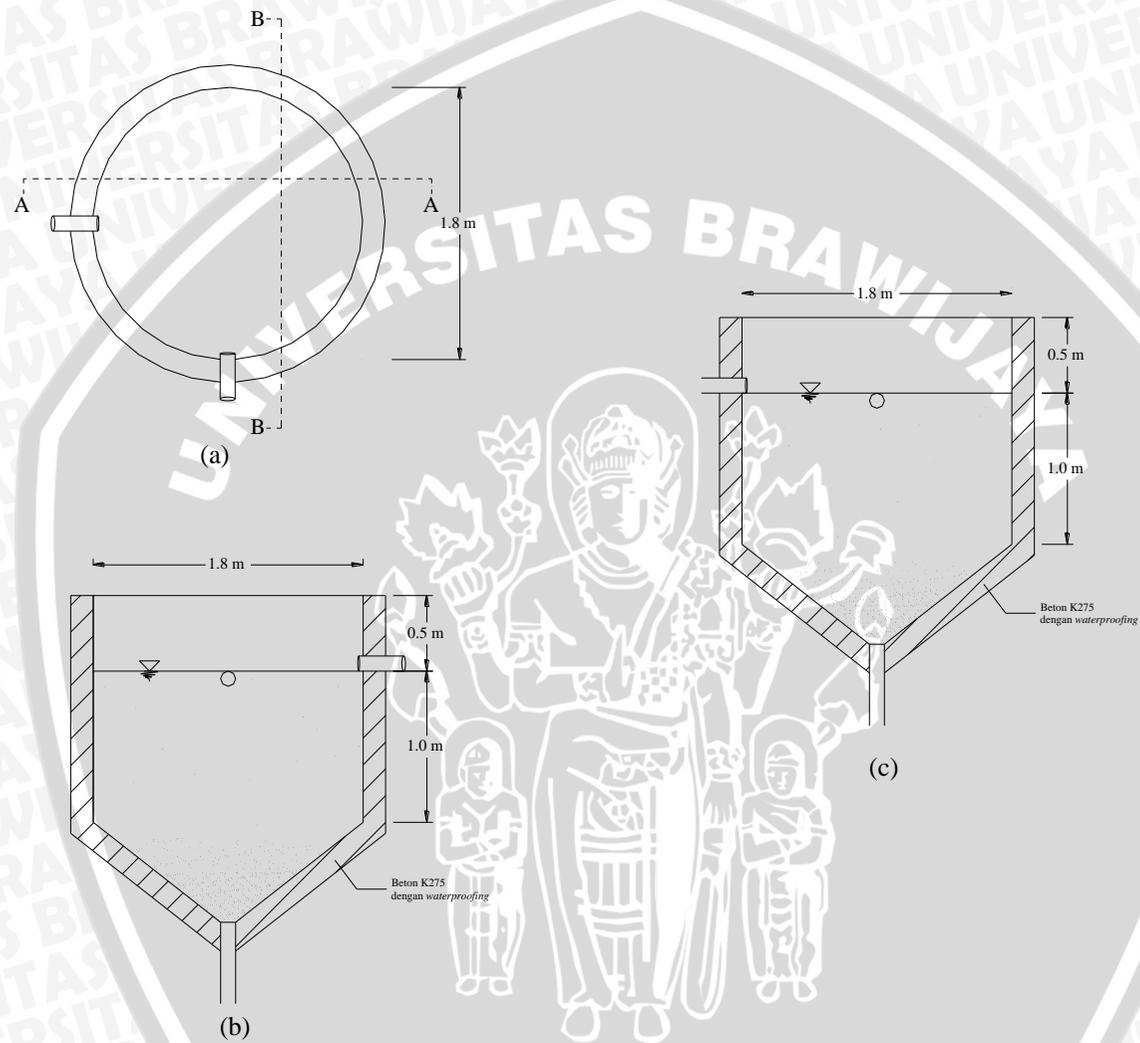
$$V_o = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{2.31}{\frac{1}{4} \times 3.14 \times 1.8^2}$$

$$= 0.91 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

#### b. Penentuan Karakteristik Effluent

Kandungan TSS dalam limbah	= 3585 mg/L
Kandungan TSS perhari	= 3585 x 55.53 x 10 <sup>-3</sup>
	= 199.08 kg/hari
Effisiensi	= 90%
	= 90% x 199.08
	= 179 kg/hari
Berat jenis solid	= 1030 kg/m <sup>3</sup>
Kandungan krom dalam limbah	= 0.065 mg/L
Kandungan krom perhari	= 0.065 x 55.53 x 10 <sup>-3</sup>
	= 0.0036 kg/hari
Effisiensi	= 90%
	= 90% x 0.0036
	= 0.0032 kg/hari
Berat jenis krom	= 0,0072 kg/cm <sup>3</sup>
Debit endapan TSS	= $\frac{\text{Konsentrasi}}{\text{Berat jenis}}$
	= $\frac{179}{1030}$
	= 0.174 m <sup>3</sup> /hari
Debit endapan krom	= $\frac{\text{Konsentrasi}}{\text{Berat jenis}}$
	= $\frac{0.0032}{0.0072 \times 1000}$
	= 0.0005 m <sup>3</sup> /hari
Debit effluent (Q <sub>eff</sub> )	= Q - Q <sub>endapan</sub>
	= 55.53 - (0.174 + 0.0005)
	= 55.36 m <sup>3</sup> /hari



Gambar 4.11 (a) Denah bak pengendapan awal, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B.  
 Sumber: Olahan peneliti.

#### 4.6.8 Bak Aerasi

Bak aerasi ini berfungsi menitrifikasi kandungan amonia dan mengoksidasi sulfida dalam air limbah. Pada bak aerasi dipasang blower udara untuk mempercepat proses nitrifikasi dan oksidasi, sehingga efisiensi penghilangan amonia dan sulfida menjadi lebih besar. Pada tahap ini dipilih proses aerasi dengan tipe *High Rate Aeration*, tipe ini memiliki kelebihan yaitu tidak memerlukan lahan yang cukup luas dan terlalu besar serta tipe ini memiliki bak pengolahan lumpur.

Proses kerja pada bak aerasi yaitu air yang telah mengalami pemisahan endapan pada bak pengendapan awal akan dialirkan menuju bak aerasi ini. Pada bak aerasi dipasang blower udara untuk memasukkan oksigen yang digunakan untuk proses pengolahan secara biologis. Dengan adanya oksigen yang dimasukkan dalam air limbah menyebabkan mikroorganisme aerobik akan hidup sehingga mikroorganisme tersebut akan membantu menguraikan zat pencemar dalam air. Udara yang dihasilkan dari blower juga digunakan oleh mikroorganisme sebagai energi untuk penguraian dan pertumbuhannya. Interaksi antara mikroorganisme dengan zat pencemar dalam air limbah akan membentuk gumpalan (flok) yang nantinya akan dapat diendapkan pada bak pengendapan akhir.

Dalam hal ini diterapkan sistem lumpur aktif, yaitu lumpur yang nantinya akan dibawa dan diendapkan pada bak pengendapan akhir, sebagian dari lumpur tersebut akan dikembalikan ke bak aerasi untuk membantu menguraikan kembali zat pencemar dalam air yang masuk dari bak pengendapan awal. Air limbah, lumpur aktif, dan udara akan masuk ke dalam bak aerasi dan mengalami pengadukan dengan bantuan udara (pengadukan pneumatis) yang berasal dari blower. Pengadukan ini dimaksudkan agar massa lumpur aktif tercampur dan tersebar merata dengan air limbah sehingga dapat terjadi penyerapan senyawa koloid dan partikel tersuspensi oleh permukaan massa lumpur aktif. Pengadukan tersebut juga menyebabkan lumpur aktif memiliki permukaan kontak yang luas sehingga membuat penyerapan kotoran dari air limbah semakin efektif.

##### a. Kriteria Desain

Kriteria desain untuk bak aerasi yaitu:

Tabel 4.15 Kriteria desain bak aerasi.

Parameter	Satuan	Kriteria
Waktu tinggal	jam	2 – 3
Efisiensi	%	85 – 95
Kebutuhan udara		> 15

Sumber: BPPT (1999:83)

Direncanakan desain sebagai berikut:

- Debit (Q) = 55.36 m<sup>3</sup>/hari = 2.31 m<sup>3</sup>/jam
- Waktu tinggal (t<sub>d</sub>) = 2 jam

### b. Perhitungan

- Dimensi dan volume bak maksimum

$$\begin{aligned} V &= Q \times t_d \\ &= 2.31 \times 2 \\ &= 4.63 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diambil:

- Panjang (p) = 2 m
- Lebar (l) = 2 m
- Kedalaman (h) = 1.2 m
- Tinggi jagaan = 0.3 m
- Tinggi ruang lumpur = 0.3 m
- Jagaan = 0.5 m

Sehingga volume bak desain:

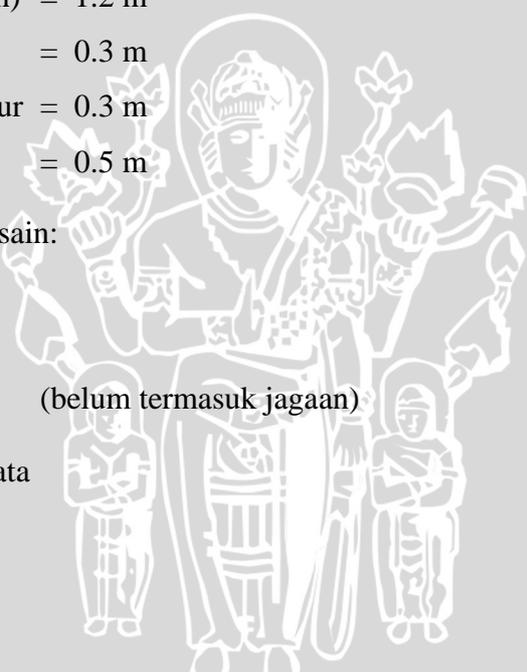
$$\begin{aligned} V &= p \times l \times h \\ &= 2 \times 2 \times 1.2 \\ &= 4.8 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (\text{belum termasuk jagaan})$$

- Cek waktu tinggal rata-rata

$$\begin{aligned} t_d &= \frac{\text{Volume efektif}}{Q} \\ &= \frac{4.80}{2.31} \\ &= 2.07 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Perencanaan konstruksi

- Konstruksi = Beton K275
- Tebal dinding = 15 cm
- Perlindungan = *Waterproofing*



- *Influent*

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 &= 553.85 \text{ mg/L} \\ &= 553.85 \times 10^{-3} \times 55.36 \\ &= 30.66 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NH}_3 &= 27.9 \text{ mg/L} \\ &= 553.85 \times 10^{-3} \times 55.36 \\ &= 1.54 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sulfida} &= 16.65 \text{ mg/L} \\ &= 553.85 \times 10^{-3} \times 55.36 \\ &= 0.92 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \textit{influent} \text{ total} &= 30.66 + 1.54 + 0.92 \\ &= 33.12 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

- *Kebutuhan Oksigen*

$$\begin{aligned} \text{Faktor keamanan} &= 1.2 \\ \text{Kebutuhan oksigen teoritis} &= 1.2 \times 33.12 \text{ kg/hari} \\ &= 39.7 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Berat udara} = 1.1725 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{pada temperature } 28^\circ\text{C})$$

Diasumsikan jumlah oksigen dalam udara 23.2 %

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara teoritis} &= \frac{39.7}{1.1725 \times 0.232} \\ &= 146.13 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi blower} = 10 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara aktual} &= \frac{146.13}{0.1} \\ &= 1461.3 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1.015 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 1015 \text{ L/menit} \end{aligned}$$

- *Check kebutuhan udara*

$$\frac{Q_{\text{udara}}}{Q_{\text{air}}} > 15$$

$$\frac{1461.3}{55.36} > 15$$

$$26.4 > 15 \quad \text{OK!!!}$$

- Blower udara yang diperlukan

Spesifikasi Blower :

Tipe	=	JQT 750C
Kapasitas blower	=	1000 L/menit
Head	=	2 m
Jumlah	=	1
Power	=	750 watt
Pipa outlet	=	¾ inci
Harga	=	Rp. 6.000.000,00

- Diffuser udara

Total transfer udara = 1000 L/menit

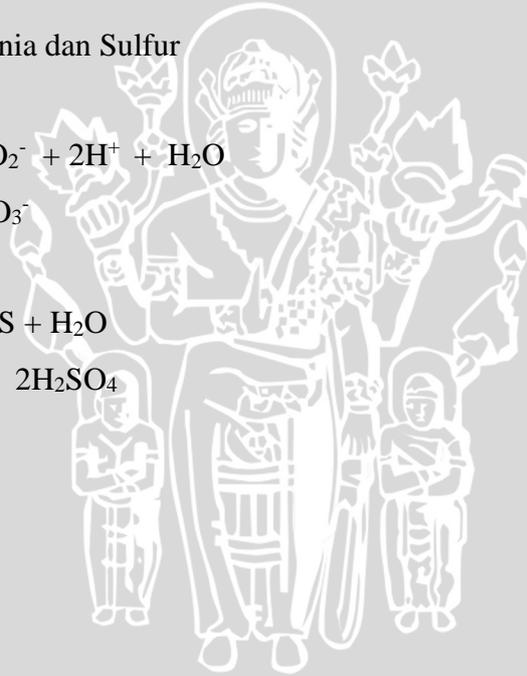
Tipe diffuser yang digunakan = D215 Diffuser udara disc (bentuk piringan)

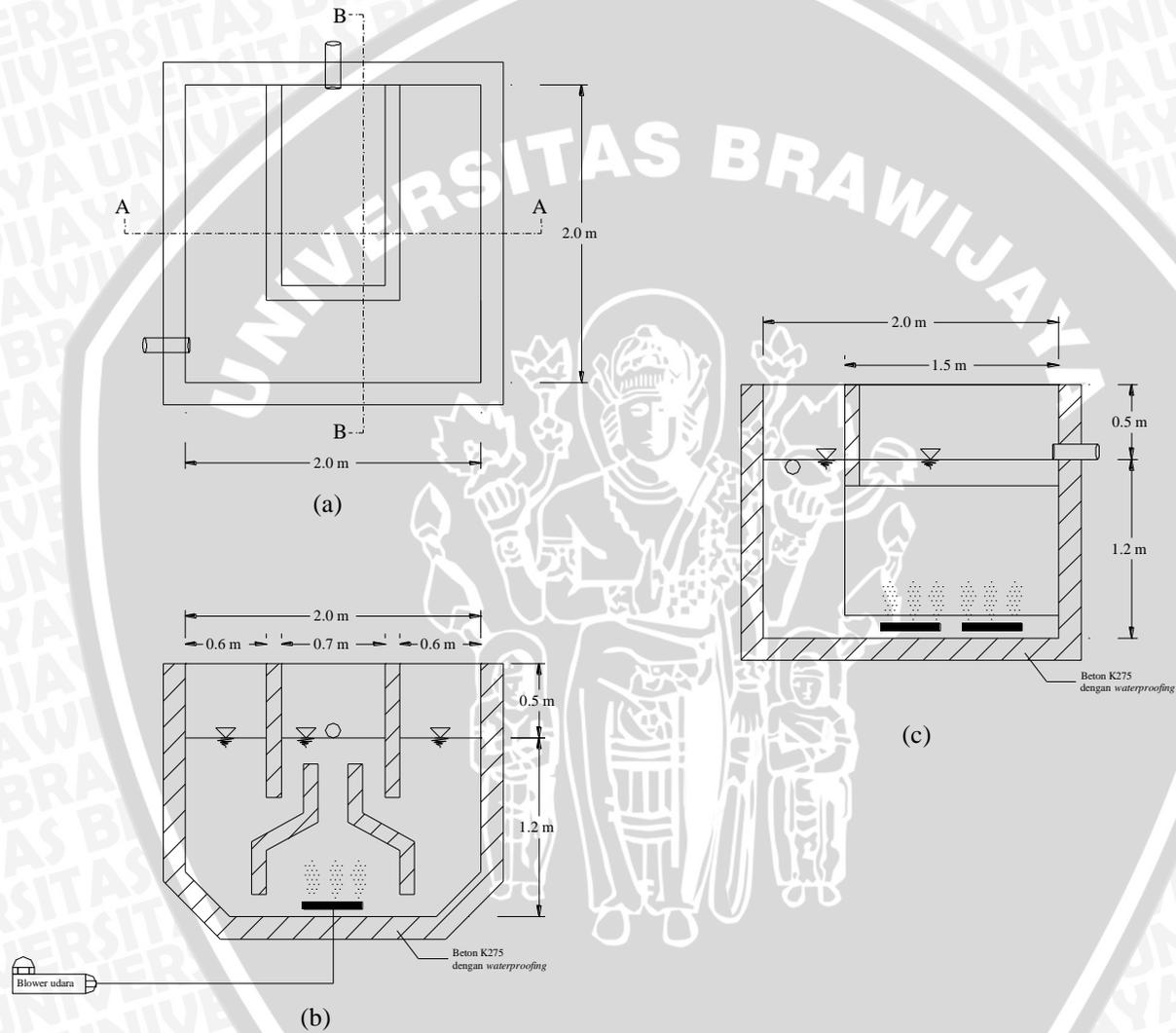
- Reaksi penguraian Amonia dan Sulfur

Reaksi Nitrifikasi:



Reaksi Oksidasi Sulfur:





Gambar 4.12 (a) Denah bak aerasi, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B.  
 Sumber: Olahan peneliti.

#### 4.6.9 Bak Pengendapan Akhir

Bak pengendapan akhir berfungsi sebagai tempat pengendapan lumpur yang berasal dari proses aerasi. Bak ini memiliki fungsi dan rancangan yang sama dengan bak pengendapan awal yaitu direncanakan berbentuk silinder dengan dasar berbentuk kerucut agar memudahkan partikel tersuspensi terkumpul ke dasar bak pengendapan. Tahap ini merupakan proses pengolahan terakhir dari perencanaan IPAL, sehingga air dari proses ini akan langsung dibuang ke badan air.

Proses kerja bak pengendapan akhir ini juga hampir sama seperti bak pengendapan awal. Air yang berasal bak aerasi akan masuk ke bak pengendapan akhir ini. Dalam bak ini air limbah juga akan diberikan kesempatan untuk tinggal dan mengalir dengan kecepatan yang rendah sehingga gumpalan (flok) besar yang mengalami penambahan berat dari proses aerasi menyebabkan gumpalan akan bergerak ke bawah dan mengendap pada bagian dasar bak secara gravitasi.

Air mengalir dari bagian bawah ke atas secara vertikal menuju tempat pengeluaran yang ada di bagian atas. Air dari proses pengendapan ini akan langsung dibuang ke badan air, namun untuk lumpur yang dihasilkan dari proses pengendapan tidak semuanya dibuang. Seperti yang dijabarkan sebelumnya, bahwa terdapat sebagian lumpur yang akan dikembalikan ke bagian *inlet* bak aerasi dengan menggunakan pompa sirkulasi lumpur untuk proses lumpur aktif serta menambah kapasitas mikroorganisme pengurai dalam bak aerasi, sedangkan sebagian lagi akan dibuang. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga rasio yang tepat antara mikroorganisme dan makanannya.

##### a. Kriteria Desain

Kriteria desain untuk bak pengendapan akhir yaitu:

Tabel 4.16 Kriteria desain bak pengendapan akhir.

Parameter	Satuan	Kriteria
Beban permukaan	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$	0.5 – 1.5
Kedalaman	m	0.5 – 1
Waktu tinggal	jam	2 – 2.5

Sumber: SNI 6774 – 2008 (2008:6)

Direncanakan desain sebagai berikut:

- Debit  $(Q) = 55.36 \text{ m}^3/\text{hari} = 2.31 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Waktu tinggal  $(t_a) = 2 \text{ jam}$

## b. Perhitungan

- Dimensi dan volume bak

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= Q \times t_d \\ &= 2.31 \times 2 \\ &= 4.63 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diambil:

- Diameter (d) = 1.8 m
- Tinggi silinder ( $h_{\text{silinder}}$ ) = 1 m
- Tinggi kerucut ( $h_{\text{kerucut}}$ ) = 0.7 m
- Tinggi jagaan ( $h_{\text{jagaan}}$ ) = 0.3 m
- Tebal dinding = 15 cm
- Jagaan = 0.5 m

Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{silinder}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times h_{\text{silinder}} \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 1.8^2 \times 1 \\ &= 2.5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{kerucut}} &= \frac{1}{3} \times \pi \times d^2 \times h_{\text{kerucut}} \\ &= \frac{1}{3} \times 3.14 \times 1.8^2 \times 0.7 \\ &= 2.37 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_{\text{silinder}} + V_{\text{kerucut}} \\ &= 2.5 + 2.37 \\ &= 4.92 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Perencanaan konstruksi

Konstruksi = Beton K275

Tebal dinding = 15 cm

Perlindungan = *Waterproofing*

- Cek waktu tinggal rata-rata

$$t_d = \frac{\text{Volume efektif}}{Q}$$

$$= \frac{4.92}{2.31}$$

$$= 2.13 \text{ jam}$$

- Beban permukaan rata-rata

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

$$= \frac{2.31}{\frac{1}{4} \times 3.14 \times 1.8^2}$$

$$= 0.91 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

### c. Penentuan Karakteristik Effluent

Kandungan TSS dalam limbah	= 179.25 mg/L
Kandungan TSS perhari	= 179.25 x 55.36 x 10 <sup>-3</sup>
	= 9.92 kg/hari
Effisiensi	= 90%
	= 90% x 9.92
	= 9 kg/hari
Berat jenis solid	= 1030 kg/m <sup>3</sup>
Kandungan krom dalam limbah	= 0.00325 mg/L
Kandungan krom perhari	= 0.00325 x 55.36 x 10 <sup>-3</sup>
	= 0.0002 kg/hari
Effisiensi	= 90%
	= 90% x 0.0002
	= 0.0002 kg/hari
Berat jenis krom	= 0,0072 kg/cm <sup>3</sup>
Debit endapan TSS	= $\frac{\text{Konsentrasi}}{\text{Berat jenis}}$
	= $\frac{9}{1030}$
	= 0.009 m <sup>3</sup> /hari

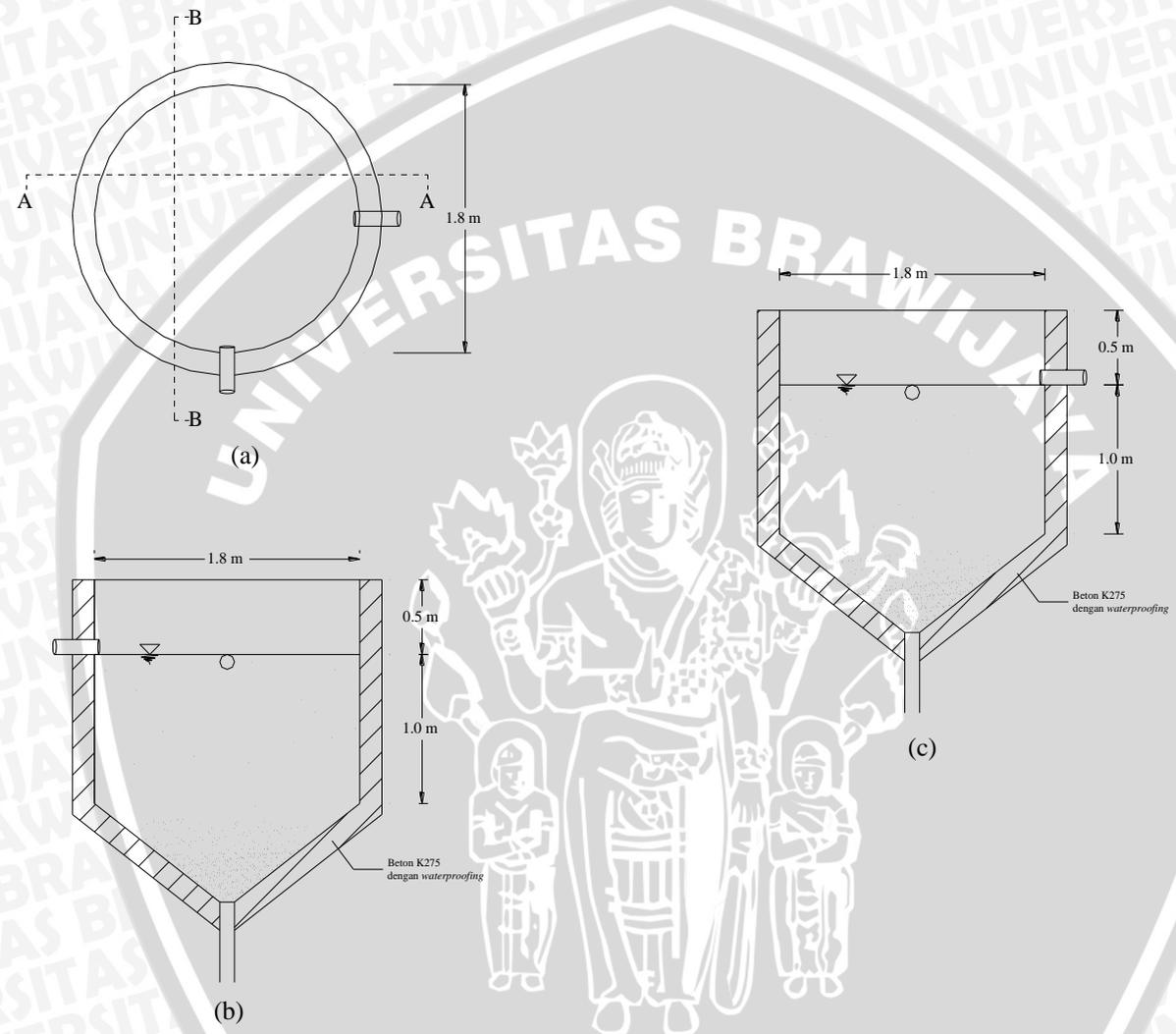
Debit endapan krom

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Konsentrasi}}{\text{Berat jenis}} \\ &= \frac{0.0002}{0.0072 \times 1000} \\ &= 0.00002 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Debit effluent

$$\begin{aligned} (Q_{\text{eff}}) &= Q - Q_{\text{endapan}} \\ &= 55.36 - (0.009 + 0.00002) \\ &= 55.35 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$





Gambar 4.13 (a) Denah bak pengendapan akhir, (b) Potongan A-A, (c) Potongan B-B.  
 Sumber: Olahan peneliti.

#### 4.6.10 Hasil Pengolahan (*Effluent*)

Setelah tahap perencanaan selesai maka dapat diperkirakan kualitas *effluent* yang akan dihasilkan oleh proses pengolahan pada IPAL yang telah direncanakan. Pada tahapan proses air limbah melewati *bar screen* tidak ada parameter yang dapat tereduksi dikarenakan pada *bar screen* hanya mampu menyaring sampah atau limbah padat yang berukuran cukup besar (daun, plastik, dan lainnya). Sehingga pada tahap ini beban air limbah masih sama dengan kadar *influent* yang masuk ke IPAL. Tahap selanjutnya yaitu bak pemisah minyak dan lemak, tahapan tersebut mampu mengurangi bahkan menghilangkan beban limbah dengan perkiraan efisiensi yang tinggi yaitu 99,5% dengan asumsi waktu tinggal yang direncanakan mampu mengendapkan minyak dan lemak pada air limbah. Pada bak ini diperkirakan juga mampu mengurangi kadar TSS dengan efisiensi yang kecil yaitu 5%.

Pada bak equalisasi yang juga berfungsi sebagai bak penampung sementara ini mampu mengurangi kadar TSS dengan efisiensi yang kecil yaitu diperkirakan 15%. Tahapan berikutnya bak koagulasi dan flokulasi yang digunakan sebagai pembentukan flok-flok untuk mengurangi beban krom dalam air limbah, diperkirakan mampu mengurangi kadar krom dengan efisiensi 75%. Pada bak ini juga mampu mengurangi kandungan ammonia dan sulfida dalam jumlah kecil yaitu 5%. Hal tersebut dikarenakan adanya pengadukan yang menyebabkan terjadi kontak air limbah dengan udara. Pada proses koagulasi ini terjadi kenaikan pH karena adanya pembubuhan koagulan yang bersifat basa. Selanjutnya pada tahap bak pengendapan awal maupun bak pengendapan akhir (setelah proses aerasi), ditujukan untuk mengendapkan padatan tersuspensi (TSS) dengan efisiensi yang tinggi yaitu 90%, serta mampu mengurangi kadar BOD dan COD dengan efisiensi yang cukup yaitu 40% dan 35%.

Bak aerasi yang terletak antara bak sedimentasi awal dan sedimentasi akhir diperkirakan mampu mengurangi dan menghilangkan kandungan BOD, COD, TSS,  $\text{NH}_3$ , dan S dengan efisiensi yang tinggi yaitu 95% untuk parameter BOD, COD,  $\text{NH}_3$ , dan S, dan 30% untuk parameter TSS, hal tersebut dikarenakan pada proses bak aerasi diberikan pasokan oksigen berlebih terhadap oksigen yang dibutuhkan sehingga mampu mengurangi kadar BOD dan COD serta mampu mengoksidasi kandungan  $\text{NH}_3$  dan S dalam air limbah. Pada bak ini pH kembali netral. Hal tersebut disebabkan munculnya senyawa asam yang berasal dari reaksi oksidasi sulfida.

Lebih jelasnya untuk perkiraan kualitas *effluent* dari proses pengolahan air limbah industri kerupuk kulit disajikan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Perkiraan kualitas *effluent* dari proses pengolahan.

Tahapan	Parameter							
	BOD <sub>5</sub>	COD	TSS	pH	Minyak & Lemak	NH <sub>3</sub>	S	Cr
	mg/L	mg/L	mg/L	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<i>Influent</i>	583	720	3585	7.6	200.00	27.90	16.65	0.065
Bar Screen								
	583	720	3585	7.6	200	27.90	16.65	0.065
Bak Pemisah Minyak dan Lemak			5%		99.5%			
	583	720	3406	7.6	1	27.90	16.65	0.065
Bak Equalisasi			15%					
	583	720	2895	7.6	1	27.90	16.65	0.065
Bak Koagulasi dan Flokulasi	5%	5%				5%	5%	75%
	554	684	2895	8	1	26.50	15.82	0.01625
Bak Pengendapan Awal	40%	35%	90%					90%
	332	445	289	8	1	26.50	15.82	0.001625
Bak Aerasi	95%	95%	10%			95%	95%	
	16.62	22.23	261	7	1	1.33	0.79	0.001625
Bak Pengendapan Akhir	40%	35%	90%					30%
	10	14.45	26.05	7	1	1.33	0.79	0.00011
<i>Effluent</i>	10	14.45	26.05	7	1	1.33	0.79	0.00011

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari perkiraan kualitas *effluent* pada proses pengolahan air limbah kerupuk kulit, kemudian hasilnya dibandingkan dengan baku mutu air limbah yang telah ditentukan untuk mengetahui apakah semua parameter sudah memenuhi baku mutu. Perbandingan *effluent* air limbah dengan baku mutu disajikan dalam Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perbandingan *effluent* dengan baku mutu air limbah.

Parameter	Satuan	Baku Mutu			<i>Effluent</i> Limbah Cair
		(1)	(2)	(3)	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	50	6	6	10
COD	mg/L	110	50	50	14.45
TSS	mg/L	60	400	60	26.05
pH	-	6 – 9	6 – 9	6 – 9	7
Minyak & Lemak	mg/L	5	1	1	1
NH <sub>3</sub>	mg/L	0.5	(-)	0.5	1.33
S	mg/L	0.8	0.002	0.002	0.79
Cr	mg/L	0.6	0.05	0.05	0.00011

Sumber: Hasil Perhitungan

Ket : (1) Pergub Jatim 72 Tahun 2013

(2) PP 82 Tahun 2001

(3) Baku mutu yang digunakan

Berdasarkan hasil perencanaan proses dan desain teknis IPAL tentang efisiensi dan dimensi bak pengolahan, maka dapat diperkirakan kualitas *effluent* yang dihasilkan dari IPAL. Dilihat pada Tabel 4.18, didapatkan kualitas *effluent* dibandingkan dengan baku mutu yaitu sebagai berikut:

1. Kualitas *effluent* semua parameter telah memenuhi baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.
2. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, masih ada beberapa parameter *effluent* yang diperkirakan masih belum memenuhi baku mutu air limbah, parameter tersebut antara lain BOD, NH<sub>3</sub>, dan S.

Untuk mengatasi permasalahan diatas sehingga semua parameter bisa memenuhi baku mutu, maka diperlukan pengolahan tambahan untuk menurunkan lagi kadar BOD, NH<sub>3</sub>, dan S dalam air limbah.

## 4.7 Upaya Pemenuhan Standar Baku Mutu

### 4.7.1 Pengolahan Tambahan

Pengolahan tambahan digunakan agar semua parameter yang terolah diperkirakan mampu mengeluarkan *effluent* yang memenuhi baku mutu yang telah ditentukan. Berdasarkan analisis dari parameter yang belum memenuhi baku mutu yang ditentukan, maka didapatkan pengolahan tambahan yang sesuai dan tepat untuk dilakukan yaitu penambahan blower pada bak aerasi dengan cara menaikkan faktor aman pada kebutuhan udara. Faktor aman yang digunakan pada pengolahan tambahan ini yaitu 2, sedangkan pada perencanaan awal masih digunakan faktor aman sebesar 1,2. Dengan adanya kapasitas udara yang besar mampu mengurangi kadar BOD, NH<sub>3</sub>, dan S dengan persentase yang cukup besar pula. Berikut perhitungan bak aerasi tambahan.

#### a. Kriteria Desain

Kriteria desain untuk bak aerasi yaitu:

Tabel 4.19 Kriteria desain bak aerasi.

Parameter	Satuan	Kriteria
Waktu tinggal	jam	2 – 3
Efisiensi	%	85 – 95
Kebutuhan udara		> 15

Sumber: BPPT (1999:83)

Direncanakan desain sebagai berikut:

- Debit (Q) = 55.36 m<sup>3</sup>/hari = 2.31 m<sup>3</sup>/jam
- Waktu tinggal (t<sub>d</sub>) = 2 jam

#### b. Perhitungan

- Dimensi dan volume bak maksimum

$$\begin{aligned}
 V &= Q \times t_d \\
 &= 2.31 \times 2 \\
 &= 4.63 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Diambil:

- Panjang (p) = 2 m
- Lebar (l) = 2 m
- Kedalaman (h) = 1.2 m
- Tinggi jagaan = 0.3 m
- Tinggi ruang lumpur = 0.3 m

Sehingga volume bak desain:

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times h \\ &= 2 \times 2 \times 1.2 \\ &= 4.8 \text{ m}^3 \quad (\text{belum termasuk jagaan}) \end{aligned}$$

- Cek waktu tinggal rata-rata

$$\begin{aligned} t_d &= \frac{\text{Volume efektif}}{Q} \\ &= \frac{4.80}{2.31} \\ &= 2.07 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Perencanaan konstruksi

Konstruksi	= Beton K275
Tebal dinding	= 15 cm
Perlindungan	= <i>Waterproofing</i>

- *Influent*

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 &= 553.85 \text{ mg/L} \\ &= 553.85 \times 10^{-3} \times 55.36 \\ &= 30.66 \text{ kg/hari} \\ \text{NH}_3 &= 27.9 \text{ mg/L} \\ &= 553.85 \times 10^{-3} \times 55.36 \\ &= 1.54 \text{ kg/hari} \\ \text{Sulfida} &= 16.65 \text{ mg/L} \\ &= 553.85 \times 10^{-3} \times 55.36 \\ &= 0.92 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \textit{influent} \text{ total} &= 30.66 + 1.54 + 0.92 \\ &= 33.12 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

- Kebutuhan Oksigen

$$\begin{aligned} \text{Faktor keamanan} &= 2 \\ \text{Kebutuhan oksigen teoritis} &= 2 \times 33.12 \text{ kg/hari} \\ &= 66.2 \text{ kg/hari} \\ \text{Berat udara} &= 1.1725 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{pada temperature } 28^\circ\text{C}) \\ \text{Diasumsikan jumlah oksigen dalam udara } &23.2 \% \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara teoritis} &= \frac{66.2}{1.1725 \times 0.232} \\ &= 243.55 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Effisiensi blower} &= 10 \% \\ \text{Kebutuhan udara aktual} &= \frac{243.55}{0.1} \\ &= 2435.5 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1.691 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 1691 \text{ L}/\text{menit} \end{aligned}$$

- Check kebutuhan udara

$$\frac{Q_{\text{udara}}}{Q_{\text{air}}} > 15$$

$$\frac{2435.5}{55.36} > 15$$

$$44.0 > 15$$

OK!!!

- Blower udara yang diperlukan

Spesifikasi Blower :

Tipe	= JQT 750C
Kapasitas blower	= 1000 L/menit
Head	= 2 m
Jumlah	= 2
Power	= 750 watt
Pipa outlet	= ¾ inci
Harga	= Rp. 6.000.000,00

- Diffuser udara

$$\text{Total transfer udara} = 1000 \text{ L}/\text{menit}$$

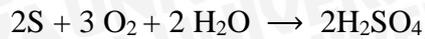
$$\text{Tipe diffuser yang digunakan} = \text{D215 Diffuser udara disc (diffuser bentuk piringan)}$$

- Reaksi penguraian Amonia dan Sulfida

Reaksi Nitrifikasi:



Reaksi Oksidasi Sulfur:



#### 4.7.2 Hasil Pengolahan Tambahan (*Effluent*)

*Effluent* yang dihasilkan dari proses pengolahan tambahan limbah cair industri kerupuk kulit mampu memenuhi baku mutu untuk semua parameternya. Perbedaan *effluent* menggunakan pengolahan tambahan dengan pengolahan sebelumnya yaitu pada efisiensi yang ada pada bak aerasi.

Efisiensi pada bak aerasi dengan pengolahan tambahan menjadi tinggi dikarenakan semakin banyaknya oksigen yang dimasukkan dengan penambahan blower sehingga semakin baik untuk mengurangi kadar BOD, COD,  $\text{NH}_3$ , dan S pada pengolahan air limbah. Dalam hal ini, BOD dan COD diperkirakan mampu tereduksi sebesar 99% sedangkan untuk  $\text{NH}_3$  dan S mampu tereduksi sebesar 100%.

Untuk hasil kualitas *effluent* yang baru dengan pengolahan tambahan dapat dilihat pada Tabel 4. 20 dibawah ini.



Tabel 4.20 Perkiraan kualitas *effluent* dari proses pengolahan tambahan.

Tahapan	Parameter							
	BOD <sub>5</sub>	COD	TSS	pH	Minyak & Lemak	NH <sub>3</sub>	S	Cr
	mg/L	mg/L	mg/L	-	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
<i>Influent</i>	583	720	3585	7.6	200.00	27.90	16.65	0.065
Bar Screen								
	583	720	3585	7.6	200	27.90	16.65	0.065
Bak Pemisah Minyak dan Lemak			5%		99.5%			
	583	720	3406	7.6	1	27.90	16.65	0.065
Bak Equalisasi			15%					
	583	720	2895	7.6	1	27.90	16.65	0.065
Bak Koagulasi dan Flokulasi	5%	5%				5%	5%	75%
	554	684	2895	8	1	26.50	15.82	0.01625
Bak Pengendapan Awal	40%	35%	90%					90%
	332	445	289	8	1	26.50	15.82	0.001625
Bak Aerasi	99%	99%	10%			100%	100%	
	3.32	4.45	261	7	1	0	0	0.001625
Bak Pengendapan Akhir	40%	35%	90%					30%
	2	2.89	26.05	7	1	0	0	0.00011
<i>Effluent</i>	2	2.89	26.05	7	1	0	0	0.00011

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.21 Perbandingan *effluent* dengan baku mutu air limbah.

Parameter	Satuan	Baku Mutu			Effluent Limbah Cair
		(1)	(2)	(3)	
BOD <sub>5</sub>	mg/L	50	6	6	2.1
COD	mg/L	110	50	50	2.89
TSS	mg/L	60	400	60	26.05
pH	-	6 – 9	6 – 9	6 – 9	7
Minyak & Lemak	mg/L	5	1	1	1
NH <sub>3</sub>	mg/L	0.5	(-)	0.5	0
S	mg/L	0.8	0.002	0.002	0
Cr	mg/L	0.6	0.05	0.05	0.00011

Sumber: Hasil Perhitungan

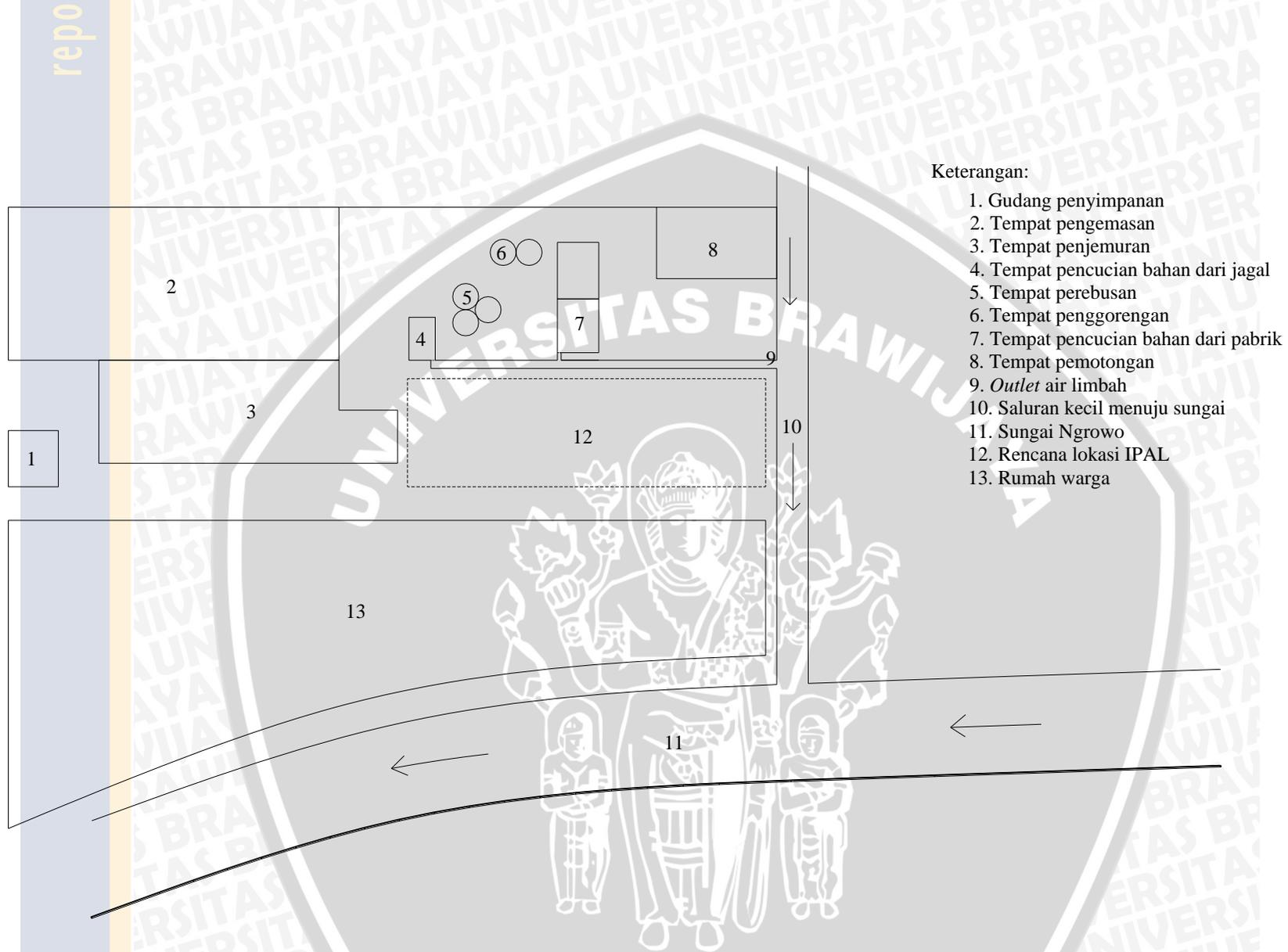
Ket : (1) Pergub Jatim 72 Tahun 2013

(2) PP 82 Tahun 2001

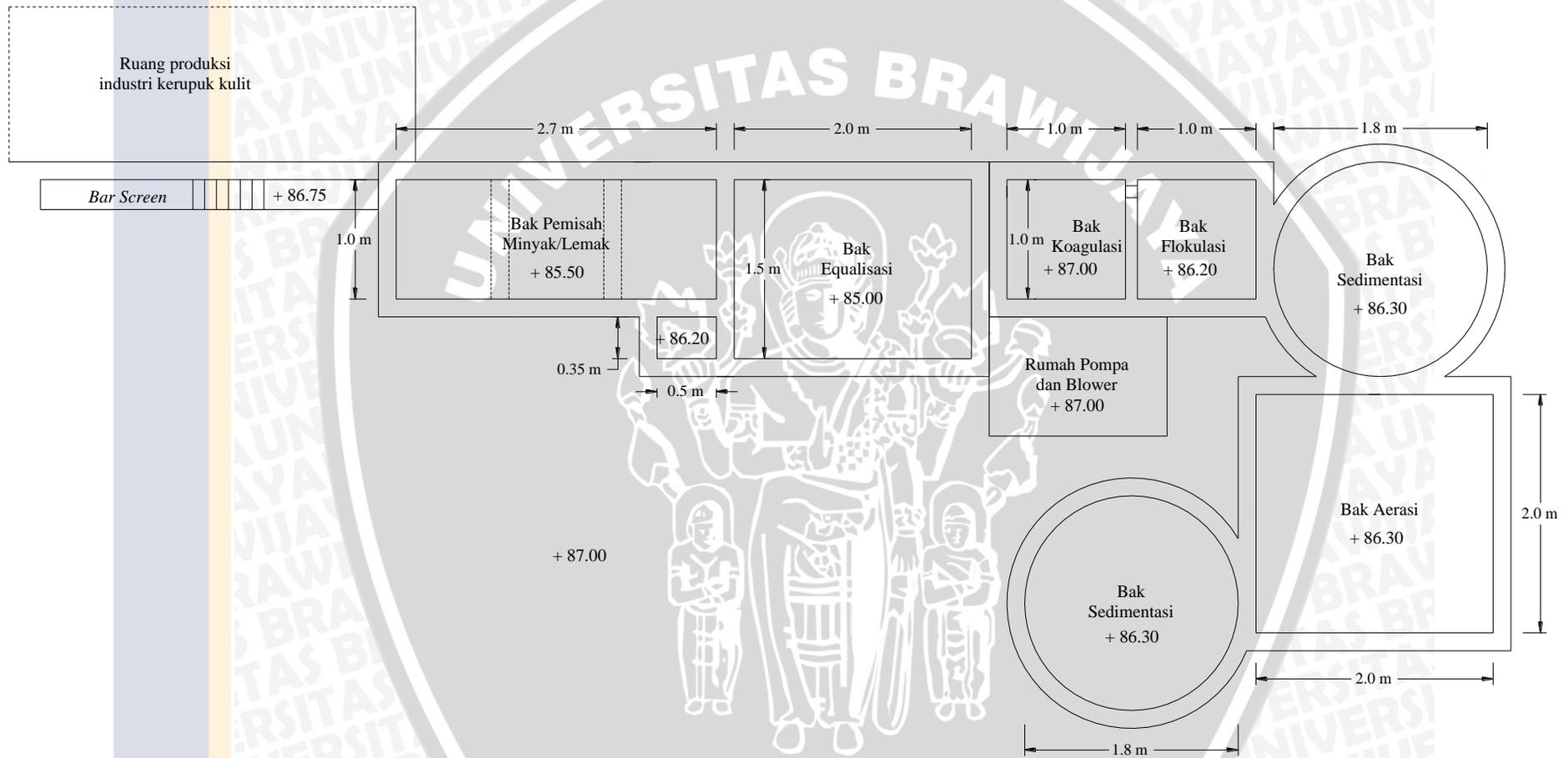
(3) Baku mutu yang digunakan

Berdasarkan hasil perencanaan proses dan desain teknis IPAL tentang efisiensi dan dimensi bak pengolahan, maka dapat diperkirakan kualitas *effluent* yang dihasilkan dari IPAL. Dilihat pada Tabel 4.17, didapatkan kualitas *effluent* dibandingkan dengan baku mutu yaitu kualitas *effluent* semua parameter telah memenuhi baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001.

Rencana dari desain IPAL akan dibangun pada lahan kosong yang berada di lokasi industri tepatnya disamping tempat pembuatan kerupuk kulit. Lahan yang dibutuhkan untuk pembangunan IPAL berdasarkan rencana desain sebesar 8.5 m x 4 m dengan luas lahan yang tersedia sebesar 10 m x 6 m, sehingga desain yang dibuat dapat dibangun pada lokasi yang direncanakan. Adapun denah lokasi rencana pembangunan IPAL dan skema rencana IPAL adalah sebagai berikut:



Gambar 4.14 Denah lokasi rencana pembangunan IPAL industri kerupuk kulit di Kelurahan Sembung.  
 Sumber: Olahan peneliti.



Gambar 4.15 Skema perencanaan IPAL industri kerupuk kulit di Kelurahan Sembung.  
Sumber: Olahan peneliti.

Pada setiap tahapan pengolahan yang ada dibutuhkan waktu untuk IPAL bekerja atau melakukan operasi pengolahan limbah agar didapatkan hasil effluent yang optimal dan sesuai dengan perkiraan. Berikut lama waktu tinggal (td) pada IPAL industri kerupuk kulit di Kelurahan Sembung untuk setiap tahapnya.

Tabel 4.22 Total waktu tinggal ( $t_d$ ) pada IPAL industri kerupuk kulit di Kelurahan Sembung.

	Waktu Tinggal (jam)
<i>Bar Screen</i>	-
Bak Pemisah Minyak/Lemak	1
Bak Equalisasi	2
Bak Koagulasi	0.01
Bak Flokulasi	1
Bak Sedimentasi Awal	2
Bak Aerasi	2
Bak Sedimentasi Akhir	2
<b>Total waktu pengolahan</b>	<b>10.01</b>

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas dapat diketahui secara keseluruhan dibutuhkan waktu pengoperasian IPAL selama 10.01 jam (10 jam 40 detik) dalam satu hari, mulai dari awal pengolahan hingga IPAL menghasilkan *effluent* yang layak dibuang ke badan air.

#### 4.8 Perencanaan Biaya Pembangunan IPAL

Dalam pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dibutuhkan harga satuan pekerjaan dan jumlah/volume dari masing-masing pekerjaan. Rincian analisis harga satuan pekerjaan dan *back up* perhitungan pekerjaan serta perhitungan rencana anggaran biaya untuk pembangunan IPAL industri kerupuk kulit di kelurahan Sembung dapat dilihat pada lampiran (Lampiran 6, 7, dan 8)

Selanjutnya berikut hasil rekapitulasi perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) untuk kegiatan pmbangan IPAL industri kerupuk kulit di Kelurahan Sembung.

Tabel 4.23 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan IPAL industri kerupuk kulit di Kelurahan Sembung.

No	Jenis Pekerjaan	Harga (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan	1.600.000,00
II	Pekerjaan Tanah	1.129.716,92
III	Pekerjaan Struktur	18.056.884,56
IV	Pekerjaan Dinding	9.547.427,66
V	Pekerjaan Perpipaan	2.060.338,50
VI	Pekerjaan Elektrikal	12.750.000,00
VII	Pekerjaan Lain-lain	2.450.000,00
	Jumlah	Rp 47.594.367,64
	PPN 10%	Rp 4759436,764
	Jumlah Total	Rp 52.353.804,40
	<b>Jumlah Total Dibulatkan</b>	<b>Rp 52.353.000,00</b>
Terbilang		
<b>Lima Puluh Dua Juta Tiga Ratus Lima Puluh Tiga Ribu Rupiah</b>		

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel diatas merupakan rekapitulasi perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada pembangunan IPAL untuk perencanaan pertama atau perencanaan sebelum diberikan pengolahan tambahan.

Dari tabel diatas dapat dilihat rencana anggaran biaya (RAB) IPAL yang telah dihitung menunjukkan angka sebesar Rp. 52.353.000,00 (Lima Puluh Dua Juta Tiga Ratus Lima Puluh Tiga Ribu Rupiah), namun dengan nilai biaya tersebut masih terdapat beberapa parameter *effluent* pada IPAL diperkirakan belum mampu memenuhi baku mutu air limbah sehingga belum cukup layak untuk dibuang ke badan air.

Seperti pada pembahasan sebelumnya, setelah dilakukan analisis didapatkan hal tersebut terjadi dikarenakan masih ada salah satu perencanaan tahapan pengolahan yang harus diperbaiki yaitu dengan penambahan blower udara pada bak aerasi dengan cara menaikkan faktor aman pada *supply* kebutuhan oksigen.

Berikut hasil rekapitulasi perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) untuk kegiatan pmbangan IPAL dengan pengolahan tambahan.

Tabel 4.24 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan IPAL industri kerupuk kulit di Kelurahan Sembung dengan pengolahan tambahan.

No	Jenis Pekerjaan	Harga (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan	1.600.000,00
II	Pekerjaan Tanah	1.129.716,92
III	Pekerjaan Struktur	18.056.884,56
IV	Pekerjaan Dinding	9.547.427,66
V	Pekerjaan Perpipaan	2.060.338,50
VI	Pekerjaan Elektrikal	18.750.000,00
VII	Pekerjaan Lain-lain	2.450.000,00
	Jumlah	Rp 53.594.367,64
	PPN 10%	Rp 5359436,764
	Jumlah Total	Rp 58.953.804,40
	<b>Jumlah Total Dibulatkan</b>	<b>Rp 58.953.000,00</b>
Terbilang		
<b>Lima Puluh Delapan Juta Sembilan Ratus Lima Puluh Tiga Ribu Rupiah</b>		

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel diatas merupakan rekapitulasi perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada pembangunan IPAL untuk perencanaan setelah diberikan pengolahan tambahan yaitu penambahan blower pada bak aerasi.

Dari tabel diatas dapat dilihat rekapitulasi perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) yang telah dihitung menunjukkan angka sebesar Rp. 58.953.000,00 (Lima Puluh Delapan Juta Sembilan Ratus Lima Puluh Tiga Ribu Rupiah), dengan nilai biaya tersebut semua parameter *effluent* pada IPAL diperkirakan sudah mampu memenuhi baku mutu air limbah sehingga cukup layak untuk dibuang ke badan air. Hal tersebut dikarenakan adanya pengolahan tambahan pada bak aerasi dengan menaikkan faktor aman pada perhitungan *supply* kebutuhan oksigen sehingga akan membutuhkan penambahan blower yang digunakan untuk memasukkan udara(oksigen) ke dalam proses tersebut.

Faktor aman yang digunakan pada perencanaan pertama yaitu 1,2 sehingga hanya dibutuhkan 1 blower pada bak aerasi dengan biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 52.353.000,00, sedangkan pada pengolahan tambahan digunakan faktor aman 2 sehingga membutuhkan 2 blower dengan biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 58.953.000,00. Dari nilai biaya tersebut dapat dilihat terdapat perbedaan harga untuk perencanaan pertama dan

perencanaan dengan pengolahan tambahan pada harga blower yang ditambahkan namun perbedaan harga yang ada tidak terlalu signifikan.

Pada pemilihan pembangunan maka dipilih pembangunan dengan perencanaan pengolahan tambahan menggunakan 2 blower pada bak aerasi, dikarenakan dengan selisih harga yang tidak terlalu signifikan tersebut namun dengan pengolahan tambahan semua parameter *effluent* diperkirakan sudah mampu memenuhi baku mutu air limbah dan layak dibuang ke badan air.

