

Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka Di Kabupaten Lampung Timur

Rifka Noor Azizah, Agus Slamet, Adhi Yuniarto

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, INDONESIA

Abstract

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) industri tapioka di Kabupaten Lampung Timur Provinsi Lampung menggunakan kombinasi UASB dan tangki aerasi. Air limbah kemudian diolah lebih lanjut pada kolam stabilisasi. Pada saat ini seluruh kolam stabilisasi tidak menggunakan pelapis membran ataupun tanah lempung. Hal ini dinilai mencemari air tanah di daerah sekitar pabrik. Air limbah yang dilepas ke badan air juga masih melebihi baku mutu. Sehingga perlu dilakukan evaluasi unit bangunan eksisting dan memberikan solusi atas hasil evaluasi ini. Evaluasi dilakukan dengan melakukan komparasi kondisi eksisting dengan kriteria desain unit IPAL. Hasil study menunjukkan bahwa beberapa kriteria seperti waktu detensi, *organic loading rate*, *velocity*, dan dimensi pada beberapa unit tidak sesuai. Solusi yang diberikan atas pencemaran air tanah adalah penutupan kolam stabilisasi dan menggantinya dengan kombinasi unit *anaerobic baffled reactor (ABR) - facultative pond*. Instalasi tersebut dinilai mudah dan murah dalam pengoperasian dan perawatan. Data kualitas dan kuantitas air limbah didapat dari kombinasi data primer dan sekunder. Data yang didapat dijadikan acuan untuk perencanaan *detail engineering design* IPAL pengganti kolam stabilisasi. Perhitungan biaya untuk IPAL dan perpipaan mengacu pada Standar Nasional Indonesia dan Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK) Kota Bandar Lampung. Setelah dilakukan perhitungan terhadap biaya pembangunan ABR dan kolam fakultatif, diperlukan biaya sebesar Rp. 761.313.124.

Keywords: anaerobic baffled reactor; asidifikasi; IPAL; kolam stabilisasi; tangki aerasi; tapioka; UASB

1. Pendahuluan

Tepung tapioka saat ini banyak digunakan sebagai bahan utama aneka ragam makanan. Dominasi industri tepung tapioka dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku berupa singkong, dimana Provinsi Lampung merupakan salah satu provinsi sentra penghasil singkong di Indonesia. Lebih dari 16 Industri yang tergolong berskala besar di provinsi Lampung.

Menurut survey yang dilakukan Central Data Mediatama Indonesia (CDMI), dalam lima tahun terakhir konsumsi tapioka di Indonesia meningkat rata-rata 10,49% tiap tahun. Pada tahun 2000 konsumsi tepung tapioka mencapai 2,25 juta ton, di tahun 2001 telah mencapai 3,33 juta ton dan tahun 2002 mencapai 3,7 juta ton. Industri tepung tapioka berskala besar di Lampung Timur pada umumnya memproduksi sekitar 88.750 ton tapioka pertahun atau kurang lebih 110 ton tepung tapioka perhari dengan bahan baku singkong sebanyak 1250 ton per hari menurut Surat Keputusan Menteri Perindustrian Nomor 19/M/II/1986 yang dikeluarkan oleh Departemen Perindustrian dan Perdagangan. Air bersih yang digunakan dalam produksi tepung tapioka yaitu 700-800 m³ per hari. Rata-rata air limbah yang dihasilkan untuk memproduksi 1 ton singkong adalah 5 m³ [1].

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, suatu kegiatan diwajibkan untuk mengolah dan mengelola limbah hasil kegiatannya dalam rangka pelestarian lingkungan hidup. Limbah yang akan dilimpahkan ke badan air harus memenuhi baku mutu yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 dan Peraturan Gubernur Lampung nomor 7 tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan di Provinsi Lampung. Air limbah terdiri dari satu atau lebih parameter pencemar yang apabila tidak melalui suatu pengolahan konsentrasi pencemar ini akan melampaui baku mutu yang telah ditetapkan. Di dalam air buangan terdapat kandungan BOD, COD, TSS, dan juga bahan anorganik seperti sianida sehingga dalam pengolahannya membutuhkan kombinasi dari beberapa metode dan peralatan.

Air buangan industri tepung tapioka masih mengandung bahan-bahan organik dan total solid yang cukup tinggi di atas batas persyaratan air limbah industri yang diizinkan. Kadar zat pencemar air limbah tapioka yang tinggi dan melebihi ambang batas mendorong industri tepung tapioka di Provinsi Lampung Timur untuk mengelola air limbah yang diproduksi. Air limbah yang mengandung pencemar, bila langsung dibuang ke badan air penerima tanpa adanya proses pengolahan akan menimbulkan pencemaran. Pencemaran tersebut berupa rasa dan bau yang tidak sedap dan kurangnya oksigen yang terlarut dalam air sehingga mengakibatkan organisme yang hidup didalam air terganggu. Pencemaran yang dilakukan terus menerus akan mengakibatkan kematian organisme yang ada di dalam air (Agung dan Hanry, 2009).

Sebagian besar industri tepung tapioka menggunakan kombinasi *pre-treatment* penyisihan sianida yaitu berupa tangki asidifikasi dengan menambahkan senyawa seperti Ca(OH)₂ atau NaOH. Kemudian air limbah disalurkan ke bangunan dengan prinsip anaerobik berupa UASB atau *anaerobic biodigester* dan dilanjutkan oleh pengolahan berupa kolam [2]. Kombinasi dari bangunan dengan prinsip anaerobik dan aerobik dinilai efektif dalam penurunan beban pencemar pada air limbah. Namun pada kondisi lapangan, air limbah tapioka masih menjadi masalah pencemaran di Kabupaten Lampung Timur, maka diperlukan

* Corresponding author. Tel.: +62-31-5948886

E-mail address: suga@its.ac.id

adanya evaluasi terhadap berbagai aspek pada instalasi yang telah ada. Evaluasi terhadap instalasi pengolah air limbah memberikan *output* yang dapat berupa rekomendasi baik berupa penambahan bangunan ataupun evaluasi kerja bangunan.

Evaluasi instalasi diharapkan dapat menurunkan konsentrasi pencemar yang akan dibuang ke badan air sesuai dengan syarat sebagai air limbah yang diperkenankan sesuai baku mutu **Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 dan Peraturan Gubernur Lampung nomor 7 tahun 2010**. Setiap kegiatan yang menimbulkan limbah cair harus dikelola terlebih dahulu dalam suatu sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebelum kemudian dikembalikan ke lingkungan.

2. Metodologi Perencanaan

Identifikasi masalah menggunakan tahapan evaluasi dan kemudian diberikan rekomendasi berupa perencanaan ulang. Evaluasi dilakukan terhadap beberapa aspek yang menunjang kinerja bangunan. Aspek yang dibahas pada perencanaan ini meliputi aspek teknis bangunan dan operasional. Menggunakan tahapan pertama yaitu, evaluasi terhadap bangunan IPAL eksisting yang terdiri atas unit *grit chamber*, bak ekualisasi, tangki asidifikasi, UASB, tangki aerasi dan bak sedimentasi. Data penunjang yang digunakan adalah data berupa dimensi bangunan eksisting meliputi data panjang bangunan, tinggi bangunan dan lebar bangunan. Data lain yang di gunakan sebagai penunjang penulisan perencanaan yaitu kualitas dan kuantitas air limbah disetiap bangunan. Unit yang ditentukan untuk pengambilan air influen dan efluen tertera pada tabel berikut:

Tabel 1. Lokasi Pengambilan Sample

Lokasi Sampling		Parameter				
		BOD	COD	TSS	CN	pH
<i>Grit Chamber</i>	<i>Inlet</i>	v	-	-	v	-
Bak Ekualisasi	<i>Outlet</i>	v	-	-	v	-
Tangki Asidifikasi	<i>Outlet</i>	v	-	-	v	-
UASB	<i>Outlet</i>	v	-	-	v	-
Tangki Aerasi	<i>Outlet</i>	v	-	-	v	-
Bak Sedimentasi	<i>Outlet</i>	v	v	v	v	v
Pencucian	<i>Outlet</i>	v	v	v	v	v

Teknik *sampling* air limbah menggunakan metode grab *sampling*. Parameter yang diujikan untuk menunjang data kuantitas dan metode yang digunakan untuk uji *sample* tertera pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Parameter Uji dan Metode Pengujian

No	Parameter	Satuan	Metode Uji
1	pH	-	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD ₅	mg/L	Titrimetric;(SNI 6989.72.2009)
3	COD	mg/L	Spektrofotometri;(SNI 6989.2-2009)
4	TSS	mg/L	Gravimetri;(SNI 06-6989.3-2004)
5	Sianida	mg/L	IK-03/Lc/BRSL (pyridine pyrazalone)

Sumber: Baristand Industri Bandar Lampung, 2016

Adapun dilakukannya *sampling* dengan tujuan yaitu tertera pada **Tabel 3** berikut:

Tabel 3. Tujuan Pengujian

Parameter	Tujuan
TSS	mengevaluasi antara lumpur yang dihasilkan dengan jumlah mikroorganisme
BOD ₅ dan COD	menghitung konsentrasi dan beban organik dari setiap unit
pH	menentukan perubahan kondisi lingkungan karena bakteri tidak dapat hidup pada rentang pH, melainkan harus pada pH tertentu
Sianida	menentukan adanya kandungan racun dalam lumpur karena adanya racun atau CN ⁻ yang kontak dengan ion H akan membentuk HCN sehingga air limbah dalam keadaan asam membuat mikroorganisme tidak dapat tumbuh

Untuk kolam stabilisasi, dilakukan perencanaan ulang terhadap keseluruhan kolam dikarenakan bentuk konstruksi kolam tidak memenuhi kriteria. Kolam stabilisasi tidak dilengkapi dengan tanah penutup. Dasar tanah pada kolam juga bukan merupakan tanah lempung sehingga, kemungkinan pencemaran terhadap air tanah sangat tinggi. Hal ini menjadi pertimbangan penting dalam perencanaan mengingat warga seempat masih banyak yang mempergunakan air tanah untuk berbagai kegiatan rumah tangga.

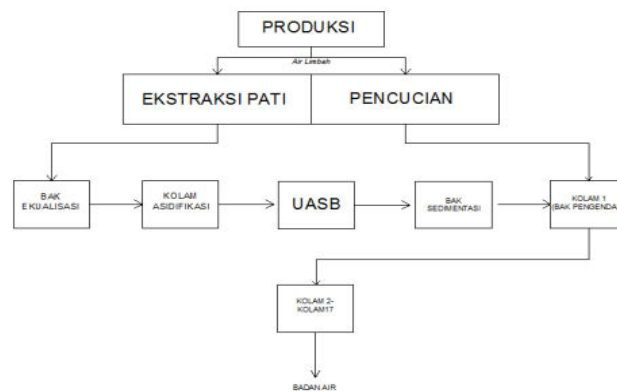
Dalam perencanaan digunakan data sekunder yaitu baku mutu sebagai acuan pemenuhan kualitas air limbah yang akan dilepas ke badan air. Digunakan juga data kontur lahan sebagai penunjang dalam merencanakan sistem penyaluran air limbah.

3. Pembahasan

Dalam memproduksi tepung tapioca, singkong sebagai bahan dasar akan melewati beberapa proses, yaitu :

- Pembersihan Bahan: Singkong didistribusikan ke dalam *hopper* yang berguna untuk memindahkan singkong selalu dalam jumlah yang sama. Singkong kemudian didistribusikan ke ruang pengupasan untuk dikupas kulitnya.
- Pencucian: Singkong yang telah dikupas kemudian dicuci dengan air yang berasal dari kolam pengolahan limbah.
- Pemarutan: Singkong diparut dengan proses pemotongan menjadi bagian-bagian kecil terlebih dahulu yaitu dengan panjang berkisar 3-12 cm . Bagian yang telah dipotong-potong kemudian diparut menghasilkan parutan halus berupa *pulp* sehingga dimungkinkan sel pati terpecah.
- Ekstraksi: Hasil parutan dicampur dengan air yang berfungsi untuk mengekstrak pati. Campuran menghasilkan bubur singkong (air pati). Kemudian dipisah di unit ekstraktor antara ampas onggok dengan patinya.
- Separasi dan Sentrifugasi: Setelah pati terpisah dari onggok, kemudian dilakukan pemisahan lebih lanjut terhadap pati untuk memekatkan pasta tapioka yang didapat.
- Pengeringan dan Pengemasan: Pati yang basah kemudian dikeringkan dalam oven dan siap untuk dikemas.

Singkong yang digunakan adalah pencampuran antara singkong adira 1 dan singkong adira 2. Pencampuran dua jenis singkong dilakukan untuk menghindari kadar sianida yang tinggi pada air limbah yang dihasilkan.



Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan limbah

a. Kondisi Pengolahan Limbah Eksisting

Air bersih yang digunakan untuk produksi tepung tapioka perhari mencapai 886 m³. Sekitar 85% air bersih yang digunakan untuk produksi, menjadi limbah. Limbah tepung tapioka dihasilkan dari proses produksi pada tahapan pencucian dan pengendapan pati. Pada proses pengendapan pati air limbah yang dihasilkan, didistribusikan ke IPAL Biogas Plant (IPAL inovatif) dan air proses yang dilakukan oleh PT. X dapat dilihat pencucian didistribusikan kedalam kolam stabilisasi yaitu kolam 1.

Data dimensi yang dibutuhkan dalam mengevaluasi aspek bangunan pada IPAL inovatif sangat diperlukan karena dimensi pada bangunan mempengaruhi kinerja proses pengolahan limbah di dalam bangunan. Pada **Tabel 4** disajikan data dimensi IPAL yang digunakan pada industri tapioka.

Tabel 4. Dimesi IPAL Inovatif

No	Nama Unit Bangunan	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman (m)
1	<i>Grit Chamber</i>	22	5	1,5
2	Bak ekualisasi	43	22	1,5
3	Tangki Asidifikasi	3	3	3
4	UASB	24	9	6,5
5	Tangki Aerasi	10,4	10,4	4
6	Bak Sedimentasi	12	8	3,5

Debit yang digunakan dalam melakukan evaluasi adalah debit dari data primer yang dilakukan langsung dilapangan yaitu rata-rata dari 5 hari pengambilan data. Untuk data debit air limbah dari hasil ekstraksi pati adalah 684 m³ dan dari kegiatan pencucian adalah 63 m³. Kemudian dilakukan evaluasi terhadap unit bangunan IPAL inovatif yaitu sebagai berikut:

b. *Grit Chamber*

Pada unit *grit chamber* ditemukan permasalahan dari evaluasi pada kecepatan pengendapan air limbah. Untuk mengetahui apakah terjadi *scouring* pada bangunan maka dihitung kecepatan *scouring* (v_{sc}) dan kecepatan *horizontal* (v_h). Untuk menghindari *scouring* maka nilai $v_h < v_{sc}$.

Kecepatan Horizontal

$$v_h = \frac{Q}{(p \times t)}$$

$$= \frac{684 \text{ m}^3/\text{hari}}{(22 \text{ m} \times 2 \text{ m})} = 15,55 \text{ m/hari} = 0,00018 \text{ m/detik}$$

Kecepatan scouring

$$V_s = Q/A_s = 0,007 \text{ m}^3/\text{detik} / 110 \text{ m}^2 = 0,000063 \text{ m/detik}$$

$$d_p = \frac{(1,8 \times v_s \times v)^{1/2}}{(g \times (S_g - 1))^{1/2}} = \sqrt{\frac{1,8 \times 0,000063 \times 0,00000895}{9,8 \times (2,03 - 1)}} = 0,0000031 \text{ m} = 0,0031 \text{ mm}$$

K = 0,04

S_g = 2,03

Φ = 0,0031 mm

F = 0,03

$$v_{sc} = \left(\frac{8 \times k \times (S_g - 1) \times g \times \phi}{f} \right)^{0,5} = \left(\frac{8 \times 0,04 \times (2,03 - 1) \times 980 \times 0,0031}{0,03} \right)^{0,5} = 5,7 \text{ m/hari} = 0,000065 \text{ m/detik}$$

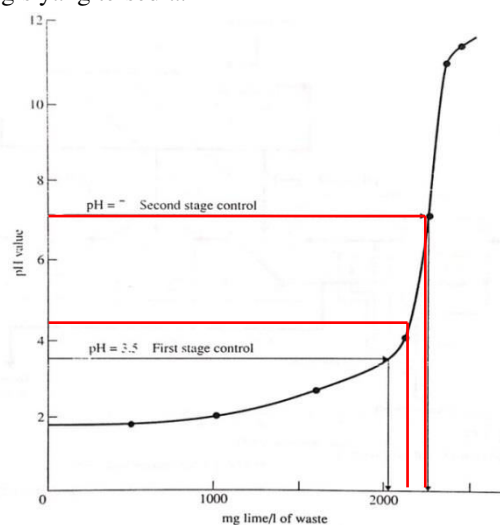
Pada perhitungan didapat nilai $v_h > v_{sc}$ hal tersebut secara teoritis menunjukkan bahwa terjadi penggerusan partikel pada bangunan *grit chamber*.

c. *Bak Ekualisasi*

Terdapatnya efisiensi *removal* pada parameter BOD dan COD mengindikasikan bahwa adanya pengolahan dalam bak ekualisasi. Pada dasarnya didalam bak ekualisasi tidak boleh terjadi pengolahan karena fungsi bak ekualisasi hanya untuk meratakan beban air limbah saja [3]. Untuk volume pada bak ekualisasi berdasarkan perhitungan, volume ideal bak ekualisasi dengan rata-rata debit yang telah dihitung sebelumnya adalah 202,8 m³ namun pada kondisi eksisting volume yang dipergunakan yaitu 1419 m³.

d. *Tanki Asidifikasi*

Dalam tanki asidifikasi proses penurunan pH berjalan maksimum hal ini terjadi karena dosis injeksi lime pada tahap yang optimal. Pada Gambar 2. Grafik menunjukkan dosis lime yang ideal yang dapat diinjeksikan dalam tanki asidifikasi berdasarkan kondisi pH yang akan diolah di reator biologis yang tersedia.



Gambar 2. Grafik Dosis Injeksi Lime (Sumber : Eckenfelder, 1989)

First stage dosage (requires 2200 mg/L lime)

$$\text{Dosis l} = Q \times 8,34 \text{ lb million gal/mg/l} \times 2200 \text{ mg/L} = 3317,30 \text{ lb/day}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1504,398 \text{ kg/hari} \\
 \text{Second stage dosage (requires 300 mg/L lime)} \\
 \text{Dosis 2} &= Q \times 8,34 \text{ lb million gal/mg/l} \times 300 \text{ mg/L} \\
 &= 452,359 \text{ lb/day} \\
 &= 205,145 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

e. *Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*

Nilai *upflow velocity* air limbah pada bangunan UASB tidak memenuhi kriteria desain. Naiknya air limbah yang terlalu cepat mengakibatkan pollutant tidak mengendap dengan baik dan berpotensi terikut keluar pada outlet UASB sehingga, removal tidak efektif. removal kecil pada UASB dikarenakan tidak idealnya volume UASB. Perhitungan pada nilai up-flow velocity memperlihatkan bahwa kecepatan upflow melebihi kriteria desain yaitu 5,2 m/jam dimana kriteria desain yaitu 1-3 m/jam. Dengan perhitungan sebagai berikut:

Upflow Velocity pada saat Q peak:

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{875 \text{ m}^3/\text{hari}}{156 \text{ m}^2} = 5,2 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

Tanki Aerasi

Pada tanki aerasi, beban yang diolah tidak sesuai dengan kemampuan dari volume reaktor. Sehingga pollutant berlebih yang masuk kedalam tanki aerasi tidak dapat diolah dengan sempurna, al tersebut ditunjukkan dari hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{OLR} &= \frac{Q \times S_0}{V} \\
 &= \frac{684 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,6 \text{ kg/m}^3}{432,64 \text{ m}^3} \\
 &= 2,58 \text{ kgCOD/m}^3 \cdot \text{hari}
 \end{aligned}$$

Kolam stabilisasi sejumlah 21 kolam dinilai mencemari air tanah karena tidak dilapisi membran, beton ataupun tanah lempung [4]. Kondisi lapangan memperlihatkan bahwa semua kolam yang terdapat pada pabrik seluas 13,3 Ha mencemari air tanah. Dari hasil kegiatan evaluasi IPAL eksisting dihasilkan keputusan untuk menambah IPAL lanjutan untuk mengolah limbah yang telah terolah oleh instalasi yang telah ada karena beberapa pertimbangan dibawah ini :

- g. Kolam Stabilisasi tidak menggunakan *liner* baik berupa beton atau membran pada dasar kolam. Tidak adanya *liner* pada dasar kolam berpotensi mencemari air tanah karena sebagian warga masih mempergunakan sumur untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga.
- h. Bangunan IPAL yang tidak sesuai dengan kriteria desain digunakan sebagaimana fungsinya dan tidak mungkin untuk di *rebuilt* kembali.
- i. Efluen yang keluar dari bak sedimentasi pada IPAL inovatif yang ada pada pabrik belum memenuhi baku mutu yaitu Pergub Lampung nomor 7 tahun 2010.
- j. *Trend* kenaikan kebutuhan tepung tapioka mendorong perusahaan untuk meningkatkan produksinya. Direncanakan lahan kolam stabilisasi eksisting akan menjadi lahan untuk sumber bahan baku perusahaan.

Alternatif pengolahan yang dipilih untuk pengolahan lanjutan adalah *anaerobic baffle reactor (ABR)*. Terpilihnya ABR sebagai alternatif pengolah lanjutan untuk air limbah industri tepung tapioka dikarenakan pertimbangan dari segi kemudahan pada pembangunan konstruksinya, lahan yang dibutuhkan tidak besar, dan mudah dalam segi pemeliharaan.

f. *Volume lumpur di zona pengendapan*

$$\begin{aligned}
 \text{TSS Terolah} &= (1-\%RTSS) \times \text{TSSin} \times Q \\
 &= (1-65\%) \times 323,33 \text{ mg/l} \times 279,67 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 90,33 \text{ kg/hr} \\
 \text{Massa Lumpur} &= 90,33 \text{ kg/hr} \times (3 \times 365 \text{ hari}) \times 0,5 \\
 &= 32312 \text{ kg} \\
 \text{Densitas lumpur 5\% Dry solid 95\% air} \\
 \text{Densitas} &= \frac{(2,95 \times 5\%) + (1 \times 95\%)}{95\% + 5\%} \\
 &= 1,08 \text{ kg/L} \\
 \text{Volume Lumpur} &= \text{Massa Lumpur/Densitas} \\
 &= 32312 \text{ kg} / 1,08 \text{ kg/L} \\
 &= 29918 \text{ L} = 29,9 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume air yang masuk ke zona *settler*

$$V = Q_{\text{peak}} \times \text{HRT}$$

$$= 269,2 \text{ m}^3/\text{hari}/24 \text{ jam/hari} \times 3 \text{ jam}$$

$$= 33,65 \text{ m}^3$$

Volume keseluruhan untuk zona *settler* adalah

$$V = 29,9 \text{ m}^3 + 33,65 \text{ m}^3$$

$$= 63,55 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi Settler} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Settler} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Settler} = 63,55 \text{ m}^3/3 \text{ m}/5 \text{ m}$$

$$= 5 \text{ m}$$

Untuk zona kompartemen dilakukan perhitungan dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Kecepatan upflow} = 1,8 \text{ m/jam}$$

$$\text{Kedalaman kompartemen} = 3$$

$$\text{Panjang kompartemen} = 50\% \times 3 = 1,5 \text{ m}$$

Luas permukaan satu kompartemen

$$A = Q/\text{kecepatan upflow}$$

$$= 9 \text{ m}^3/\text{jam}/1,8 \text{ m/s} = 5 \text{ m}^2$$

Lebar satu kompartemen

$$\text{Lebar} = A/\text{Panjang kompartemen}$$

$$= 5 \text{ m}^2 / 1,5 \text{ m} = 3,51 \text{ m} \rightarrow 4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang downflow shaft} = 0,3 \text{ m (direncanakan)}$$

Cek kecepatan up-flow

$$V = Q/(p \times l \text{ kompartemen})$$

$$= 9 \text{ m}^3/\text{jam}/(1,5 \times 4)$$

$$= 1,57 \text{ m/jam}$$

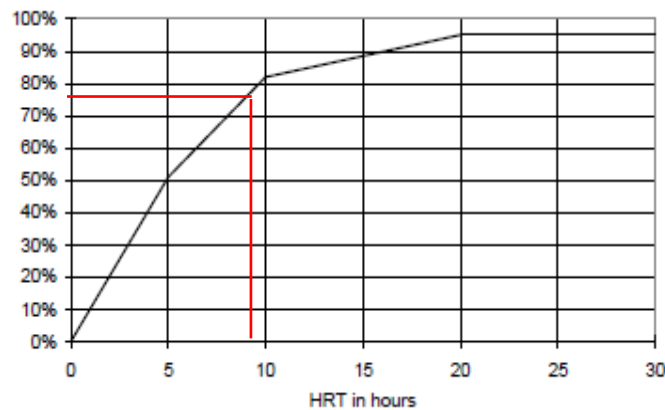
Pada proses operasional kompartemen akan mengalami pengurangan volume sebanyak 5% [5]. Panjang *shaft* direncanakan sepanjang 0,3 m

HRT satu kompartemen

$$\text{HRT} = V/Q/105\%$$

$$= 21,6 \text{ m}^3/9 \text{ m}^3/\text{jam}/105\%$$

$$= 2,3 \text{ jam}$$



Gambar 3. Kurva Hubungan %Removal BOD dengan Nilai HRT pada Kompartemen
(Sumber : Sasse, 2009)

berdasarkan *plotting* pada kurva diatas didapat HRT untuk menentukan jumlah kompartemen berdasarkan efisiensi *removal* yaitu 75% adalah sebesar 9 jam. Maka jumlah kompartemen yang dibutuhkan adalah :

$$\text{Jumlah kompartemen} = \text{HRT rencana}/\text{HRT kompartemen}$$

$$= 9 \text{ jam}/2,3 \text{ jam}$$

$$= 3,91 \rightarrow 4$$

$$\text{Vol. total kompartemen} = (1,5+0,3) \times 4 \times 3 \times 4$$

$$= 86,4 \text{ m}^3$$

Diasumsikan HRT akan berkurang sebanyak 5% karena adanya lumpur yang mengendap (Sasse, 2009) maka HRT menjadi

sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{HRT} &= \text{Vol total} / Q / 105\% \\ &= 86,4 \text{ m}^3 / 9 \text{ m}^3/\text{jam} / 105\% \\ &= 9 \text{ jam} \end{aligned}$$

Beban organik air limbah

$$\begin{aligned} \text{Org.Load. BOD} &= [\text{BOD}] \text{ in } \times Q \times 24 / V \cdot \text{Komp} / 1000 \\ &= 467,67 \text{ mg/l} \times 9 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 / 86,4 \text{ m}^3 / 1000 \\ &= 0,62 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Masing-masing kinerja unit pengolahan air limbah tapioka eksisting dengan debit air limbah yang masuk kedalam IPAL yaitu 684 m³/hari adalah untuk unit *Grit Chamber*, Nilai $V_h > V_s$ menunjukkan partikel tersuspensi tergerus dan tidak mengendap sempurna. Unit bak ekualisasi, volume bak sesuai yaitu, 202,8 m³. Volume besar mengakibatkan waktu tinggal lama, proses dalam limbah menjadi anaerobik dan timbul bau. Unit tangki asidifikasi, injeksi Ca(OH)₂ (*lime*) efektif sebesar 1709 kg/hari.

Pada unit UASB *Up-flow velocity* sebesar 5,2 m/jam tidak sesuai dengan kriteria desain sehingga dapat mengakibatkan partikel tidak tersuspensi sempurna. Pada tangki aerasi, nilai *organic loading rate* melebihi kriteria desain sehingga reaktor tidak mampu mengolah beban yang masuk. Selanjutnya pada bak sedimentasi, waktu detensi sebesar 11,78 jam ternyata melebihi kriteria. Bak sedimentasi menimbulkan bau, tidak memiliki *weir* dan tidak terdapat ruang lumpur.

Kondisi eksisting kolam stabilisasi tidak terdapat *liner* membran atau tanah lempung di dasar kolam sehingga berpotensi mencemari air tanah. Dirancang alternative pengolahan pengganti yaitu kombinasi ABR-Kolam Fakultatif dengan nilai investasi Rp. 761.313.124.- untuk proses pemenuhan baku mutu efluen.

Daftar Pustaka

- [1] B. Santoso, "Proses Pengolahan Air Buangan Industri Tapioka," Jakarta, 2010.
- [2] N. P. M. Huynh, "Integrated Treatment of Tapioca-Processing Industry Wastewater: Based on Environmental Bio-Technology," Wageningen, 2006.
- [3] Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse*, 4th ed. New York: Mc Graw Hill Book Co., 2003.
- [4] C. A. de L. Chernicharo, *Anaerobic Reactor Biological Wastewater Treatment Series*. New Delhi: IWA Publishing, 2007.
- [5] L. Sasse, B. Gutterer, T. Panzerbieter, and T. Reckerzugel, *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*. United Kingdom: Borda, 2009.

Use the "Insert Citation" button to add citations to this document.

- [6] Barana, C. A., and Cereda, P. M. 2000. "Cassava Wastewater (Maniupera) Treatment Using A Two-Phase Anaerobic Biodigester". J. Cienc. Tecnol. Aliment. Vol. 20. No. 2. Campinas. Brazil.
- [7] Basheer, A.G.M. 2011. "Toxicity Effect of *Ocimum basilicum* L. (Basil) and *Ricinus communis* L. (Castor) Different Extracts". International Journal Adverb Pharmacy Biochemical, 3: 319–328.
- [8] Betty Sri, L.J dan Winiati P.R.1983. Penanganan Limbah Industri Pangan. Bogor : PAU Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.
- [9] Djarwati, I., Fauzi, dan Sukani. 1993. Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka secara Kimia Fisika. Semarang: Laporan Penelitian, Departemen Perindustrian RI.
- [10] Eckenfelder, W.W., 1989. Industrial Water Pollution Control, 2nd ed. New York : Mc Graw Hill Inc.
- [11] Fajarudin. 2002. Pengaruh Jumlah Air Ekstraksi dan Lama Pengendapan Terhadap Karakteristik Limbah Cair Tapioka Pada Sistem Batch. Lampung: Skripsi Universitas Lampung.
- [12] Gintings, P. 1992. Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- [13] Leslie G. and Henry C. 1980. Biological Wastewater Treatment Theory and Application, New York: Marcel Dekker.
- [14] Metcalf dan Eddy. 2014. Wastewater Engineering Treatment And Resource Recovery. 5th edition. New York: Mc Graw Hill.
- [15] Metcalf dan Eddy. 2003. Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse, 4th ed, New York: Mc Graw Hill Book Co.
- [16] Said, Nusa I. 2002. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dengan Proses Biologis, Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. Samarinda: BPPT – BAPEDALDA.