

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Alkohol di Desa Bekonang

Pandu Wijaya dan Alfian Purnomo

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: alfianpurnomo@gmail.com

Abstrak—Industri alkohol skala rumah tangga yang berada di Desa Bekonang Kabupaten Sukoharjo merupakan industri alkohol yang sudah lama ada dan sudah turun temurun dari generasi ke generasi. Proses produksi alkohol di Desa Bekonang dilakukan dengan cara distilasi dengan bahan baku utama tetes tebu. Air limbah hasil distilasi ini memiliki warna coklat pekat dan berbau sedikit menyengat. Air limbah ini juga memiliki nilai COD, BOD, TSS dan nutrisi yang tinggi sehingga perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu akan direncanakan instalasi pengolahan air limbah untuk mengolah air limbah hasil produksi alkohol di Desa Bekonang. Perencanaan ini dilakukan dengan melakukan pengambilan data primer melalui survey dan uji laboratorium serta data sekunder dengan melakukan tinjauan pustaka. Dari tinjauan pustaka didapat kriteria desain yang kemudian digunakan untuk perhitungan unit pengolahan. Dari hasil perhitungan kemudian dilakukan penggambaran sesuai kaidah gambar teknik. Berdasarkan hasil dari perencanaan, didapat debit air limbah rata-rata sebesar 5,88 m³/hari dan debit air limbah maksimum sebesar 9,408 m³/hari. Air limbah dari masing-masing industri diangkut menuju IPAL dengan menggunakan mobil bak. Teknologi pengolahan yang digunakan adalah saringan, bak ekualisasi, anaerobik baffled reaktor, moving bed bioreactor, dan clarifier. Kualitas air limbah hasil pengolahan didapat sebesar TSS 74 mg/L, COD 193 mg/L, BOD 84 mg/L. Luas lahan yang diperlukan untuk pembangunan IPAL sebesar 246 m² dengan total biaya investasi sebesar Rp208.103.096,43.

Kata Kunci—Air Limbah Industri, Industri Alkohol Bekonang, Pengolahan Air Limbah.

I. PENDAHULUAN

SENTRA industri alkohol yang berada di Desa Bekonang merupakan industri alkohol yang cukup terkenal di Jawa Tengah. Industri alkohol yang berada di Desa Bekonang ini adalah industri yang ada sejak dulu. Industri ini sudah turun-temurun dari generasi ke generasi. Pembuatan alkohol ini menggunakan bahan dasar utama tetes tebu yang merupakan produk samping dari industri gula. Tetes tebu ini di fermentasi selama kurang lebih 10 hari dan kemudian didistilasi dan disuling untuk menghasilkan alkohol. Salah satu masalah yang muncul dari industri alkohol ini adalah adanya air limbah dari proses distilasinya. Limbah cair industri alkohol ini memiliki kadar bahan organik yang sangat tinggi karena memiliki bahan dasar dari tetes tebu. Rata-rata produksi alkohol yang dihasilkan di desa bekonang sebanyak 1000-1500 liter/hari dengan air limbah sebanyak 7000-10.000 liter/hari [1]. Volume tersebut tergolong volume limbah cair yang cukup besar untuk proses produksi alkohol. Industri alkohol merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah paling besar dimana 88% dari bahan bakunya akan menjadi limbah. Dalam industri alkohol 15 liter limbah dihasilkan untuk setiap 1 liter produksi alkohol. Air

Tabel 1.
Kualitas air limbah

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji	Baku Mutu
1	TSS	mg/L	3630	[4]	100
2	BOD	mg/L	32299	[5]	100
3	COD	mg/L	304000	[6]	300
4	Sulfida	mg/L	0,119	[7]	0,45
5	pH	-	4,1	[8]	6-9

limbah distilasi berwarna coklat gelap, bersifat asam, dan memiliki kandungan COD dan BOD yang sangat tinggi. Air limbah distilasi juga mengandung 2% melanoidin, yaitu pigmen yang menyebabkan air limbah berwarna coklat gelap. Melanoidin terbentuk karena reaksi Maillard antara asam amino dan gula [2]. Apabila air limbah distilasi ini dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu maka dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dibuat teknologi pengolahan air limbah yang dapat menjadi solusi penanganan air limbah di industri alkohol Desa Bekonang. Dalam proses pemilihan pengolahan perlu dipertimbangkan beberapa faktor baik dari faktor efisiensi proses dalam penyisihan beban polutan, faktor finansial, maupun faktor operasi dan perawatannya.

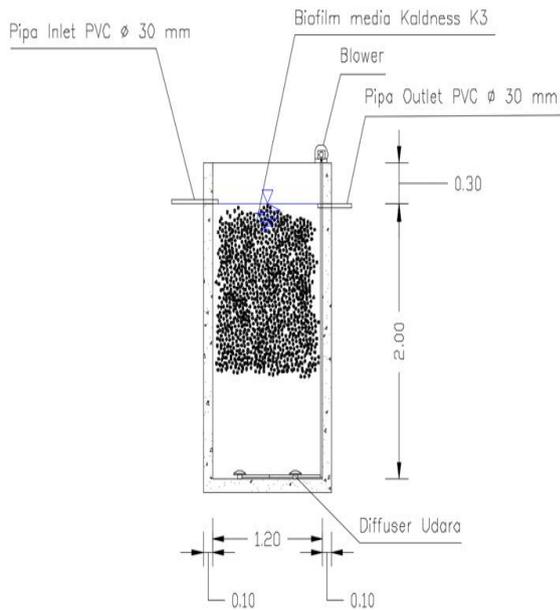
II. METODE PERENCANAAN

A. Ide Perencanaan

Ide perencanaan penanganan air limbah industri alkohol skala rumah tangga ini berawal pada kondisi yang ada di sekitar industri. Kondisi yang terjadi adalah tidak adanya pengolahan air limbah pada industri alkohol ini. Efluen yang berasal dari distilasi alkohol hanya dibuang begitu saja ke badan air sungai. Akibatnya timbul pencemaran yang diindikasikan dari nilai BOD, COD, TSS yang melebihi baku mutu dan timbulnya bau serta kekeruhan.

B. Rumusan Masalah dan Tujuan

Permasalahan yang timbul yaitu ketidaksesuaian antara kondisi eksisting dengan kondisi ideal yang seharusnya. Kondisi eksisting yang terjadi yaitu terjadi pencemaran air di badan air di sekitar lokasi yang belum memenuhi standar baku mutu. Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan distilasi alkohol ini menyebabkan terganggunya ekosistem sungai. Sehingga, untuk mencapai kondisi ideal dimana air sungai tersebut dapat memenuhi standar diperlukan teknologi pengolahan air limbah. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan air limbah agar dapat dibuang sesuai baku mutu yang berlaku, dengan menentukan dan menganalisa kualitas air limbah distilasi alkohol, mendesain teknologi pengolahan air limbah, dan menentukan anggaran biaya yang diperlukan untuk perancangan IPAL.



Gambar 5. Potongan unit moving bed bioreactor.

diproduksi akan menghasilkan air limbah sebanyak 70 L. Dari hasil survei lapangan, didapat produksi alkohol rata-rata perhari sebanyak 2520 L maka didapat jumlah air limbah rata-rata yang dihasilkan perharinya sebanyak 5880 L.

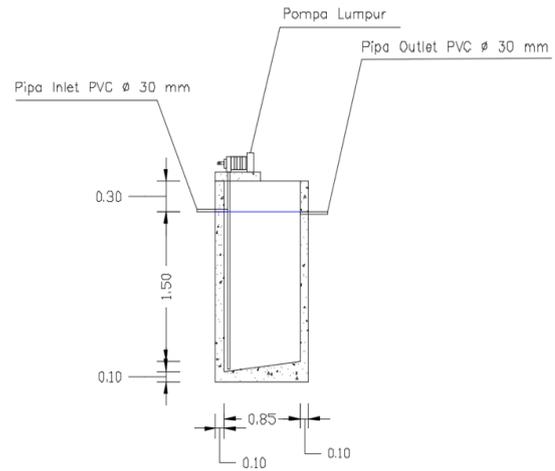
B. Kualitas Air Limbah Industri Alkohol

Kualitas air limbah hasil produksi alkohol didapat dengan uji sampling laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan pada beberapa tempat karena jumlah industri tidak hanya satu. Pengambilan sampel dipilih pada industri yang memiliki produksi alkohol paling besar. Berdasarkan baku mutu, hasil uji kualitas air limbah industri alkohol di Desa Bekonang yang masih belum memenuhi diantaranya BOD, COD, dan TSS [3]. Kualitas air limbah dapat dilihat pada Tabel 1 [4-8].

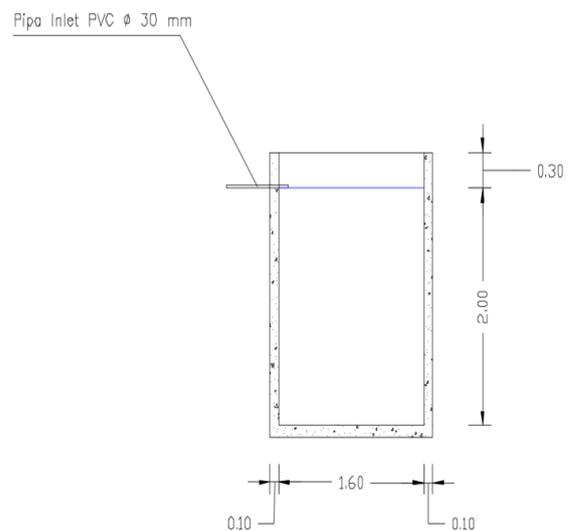
C. Pemilihan Alternatif Pengolahan Air Limbah

Alternatif pengolahan merupakan pilihan pengolahan yang digunakan untuk mereduksi parameter pencemaran pada air limbah agar sesuai dengan baku mutu. Berdasarkan hasil uji laboratorium karakteristik air limbah mengandung COD dan BOD yang tinggi. COD dan BOD yang tinggi ini dikarenakan bahan baku yang digunakan merupakan tetes tebu dimana merupakan bahan organik. Beberapa alternatif pengolahan yang dipertimbangkan untuk mengolah air limbah ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Dari kedua alternatif dipilih alternatif 1 karena efisiensi penyisihan dapat memenuhi baku mutu yang ada. Pengolahan menggunakan MBBR juga lebih baik karena unit pengolahan membutuhkan lahan yang lebih kecil dibanding dengan tangka aerasi. Lahan yang lebih kecil ini akan berpengaruh pada biaya investasi pembangunan IPAL yang lebih murah. IPAL akan dilengkapi dengan saringan untuk menyaring pasir atau partikel besar yang terbawa dalam pengangkutan. Proses anaerobik dengan ABR dinilai efektif untuk penyisihan air limbah dengan kadar organik yang tinggi dan memiliki proses operasi dan perawatan yang sederhana.



Gambar 6. Potongan unit bak pengendap 2.



Gambar 7. Potongan unit bak pengumpul lumpur.

D. Perhitungan Detail Engineering Design IPAL

1) Unit Screen

Dalam pengolahan air limbah distilasi ini bak penampung di setiap industri terletak didalam ruangan dan terhindar dari adanya sampah, kayu atau partikel yang besar. Maka dari itu saringan yang cocok untuk digunakan adalah saringan jenis mesh. Dalam perencanaan ini akan digunakan saringan mesh berbentuk silinder dengan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Direncanakan:
 - Jenis saringan : Wedge wire screen
- b. Hasil perencanaan:
 - Nama Saringan : Wedge Wire Screen
 - Ukuran Bukaannya : 0,1 mm
 - Bahan : Stainless Steel
 - Diameter : 20 cm
 - Tinggi : 80 cm
 - Bentuk : Silinder
 - Merek : Lehrer, China

Gambar desain potongan AA unit screen yang direncanakan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 8. Layout IPAL.

Keterangan:

1. Screen
2. Bak ekualisasi
3. Anaerobic Baffled Reactor 1
4. Anaerobic Baffled Reactor 2
5. Moving Bed Bioreactor
6. Bak pengendap 2
7. Bak penampung lumpur
8. Kamar mandi
9. Gudang
10. Taman
11. Kantor
12. Pos jaga
13. Tempat parkir
14. Pintu masuk dan keluar
15. Efluen ke badan air

2) Unit Bak Penampung

Bak penampung akan digunakan sebagai penyimpanan sementara air limbah sebelum dipompakan ke unit ABR.

a. Direncanakan:

Produksi air limbah rerata per hari	: 5880 L
Faktor peak	: 1,6
Faktor safety	: 20%
P:L	: 1:1
Kedalaman	: 3 m

b. Hasil perencanaan:

Panjang	: 2 m
Lebar	: 2 m
Kebutuhan head pompa	: 3,2 m
Spesifikasi pompa	: HCP F-21P

Gambar desain potongan AA unit bak pengumpul yang direncanakan disajikan pada Gambar 3.

3) Unit Anaerobic Baffled Reactor

Anaerobic Baffle Reactor (ABR) merupakan salah satu jenis pengolahan suspended growth yang memanfaatkan sekat (baffle) dalam pengadukan yang bertujuan memungkinkan terjadinya kontak antara air limbah dan mikroorganisme.

a. Direncanakan:

Periode pengurasan	: 2 – 3 tahun
Td tangki pengendap	: 2 – 6 jam

SS/COD	: 0,35 – 0,45
Organic Loading Rate (OLR)	: <3 kg COD/m ³ .hari
Hydraulic Retention Time	: 8 – 20 jam
Kecepatan Aliran	: <0,6 m/jam
Panjang Kompartemen	: 50 – 60% kedalaman

b. Hasil perencanaan zona pengendap:

Debit Rencana	: 0,000436 m ³ /detik
Waktu Detensi	: 3 jam
Kedalaman	: 3 m
Luas Permukaan	: 9,4 m ²
Lebar	: 1,5 m
Panjang	: 6,3 m
Removal BOD	: 39%
Removal COD	: 60%
Removal TSS	: 60%

c. Hasil perencanaan zona kompartemen:

Debit Rencana	: 0,000436 m ³ /detik
Kecepatan aliran	: 0,6 m/jam
Luas Permukaan	: 15,68 m ²
Kedalaman	: 3 m
Lebar	: 10,5 m
Panjang	: 1,5 m (per kompartemen)
HRT	: 30 jam
Removal BOD	: 85%
Removal COD	: 80%
Removal TSS	: 20%

Gambar desain potongan AA unit ABR yang direncanakan disajikan pada Gambar 4.

4) Unit Moving Bed Bioreactor

Moving Bed Bioreactor (MBBR) merupakan proses pengolahan yang sederhana yang menggunakan kombinasi antara sistem terlekat dan tersuspensi. Teknologi MBBR menggunakan media biofilm sebagai media tumbuh mikroorganisme dalam reaktor dengan aerasi.

a. Direncanakan:

Jumlah bak	: 1 unit
Removal Flux	: 15 g./m ² .hari (96%removal)
P:L	: 1:1
MLSS	: 3500 mg/L
MLVSS/MLSS	: 0,8
Jenis Media	: Kaldness K3
Luas Permukaan media	: 500 m ² /m ³

b. Hasil Perencanaan:

1. Perhitungan Bak

BOD Flux	: BOD removal fluk/(%removal/100)
	: 15,7 g BOD/m ² .hari
Area Media	: BOD flux x BOD in / Q
	: 15,7 x 1682 / 0,000361 x 60 x 60 x 6
	: 833 m ²
Volume media	: Area media / Luas biofilm
	: 833 / 500
	: 1,66 m ³
Volume bak	: Volume media / 60%
	: 1,66 / 0,6
	: 2,7 m ³
H rencana	: 2 m
As bak	: 1,38 m ²
P bak	: 1,2 m
L bak	: 1,2 m

HRT : 8,8 jam

2. Kebutuhan Oksigen

Px bio : $yQ(S_o - S_e) / 1 + (kd \times srt)$
 : $0,72 \times 7,8 \times (1,682 - 0,1682) / 1 + (0,1 \times 6)$
 : 5,6 kg/hari

Kebutuhan O₂ : $Q(S_o - S_e) - Re(Px_{bio})$
 : $(7,8(1,682 - 0,1682)) - 1,42(5,6)$
 : 4,5 kg/hari
 : 0,7 kg/jam (6 jam operasi)

3. Diffuser Udara

Faktor Keamanan : 1,5
 Kandungan O₂ dalam udara : 20%
 Densitas udara : 1,157 kg/m³
 Efisiensi diffuser : 27%
 Jenis Diffuser : Coarse bubble
 SOTR : 0,21 kg O₂/jam
 Jumlah diffuser : 4 difuser
 SAE : 7,5 kg O₂/kwh
 Kebutuhan energi : 4,5 / 7,5
 : 0,6 kwh

4. Produksi Lumpur

Px TSS : $Px_{bio} / (MLVSS/MLSS)$
 : 5,6 / 0,8
 : 7 kg/hari

Gambar desain potongan AA unit MBBR yang direncanakan disajikan pada Gambar 5.

5) Unit Bak Pengendap 2

Bak pengendap 2 digunakan untuk mengendapkan lumpur hasil dari pengolahan pada unit MBBR.

a. Direncanakan:

X MLSS : 3500 mg/L
 Q : 0,000361 m³/detik
 Xr : 9000 mg/L
 Jumlah bak : 1
 Freeboard : 0,3 m
 SLR : 50 kg/m².hari

b. Hasil Perencanaan:

Volume : $SLR \times MLSS / Q$
 : $50 \times 3500 / 0,000361 \times 60 \times 60 \times 6$
 : 0,54 m³
 Kedalaman : 1,5 m
 As : 0,36 m²
 Total M solid MBBR : $MLSS \times Volume \text{ media}$
 : $3500 \times 1,66$
 : 5,8 kg
 Lebar : 0,45
 Panjang : 0,85
 OFR : As / Q
 : $0,38 / 7,8$
 : 20,4 m³/m².hari
 Waktu Detensi : V / Q
 : 1,68 jam
 Densitas lumpur : 1015 kg/m³
 %solid : 3%
 Volume lumpur : 0,191 m³/hari

Gambar desain potongan AA unit bak pengendap 2 yang direncanakan disajikan pada Gambar 6.

6) Unit Bak Penampung Lumpur

Penampung lumpur digunakan sebagai tempat penyimpanan lumpur IPAL sementara. Berdasarkan

Lampiran 9 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup lumpur IPAL dari fasilitas IPAL terpadu di kawasan industri tergolong sebagai limbah B3 kategori 2 dengan kode limbah B108d. Akan tetapi ada kemungkinan bahwa lumpur ini dapat dimanfaatkan kembali. Pemanfaatan lumpur IPAL ini perlu dikaji lebih lanjut.

a. Direncanakan:

Waktu penyimpanan : 26 hari kerja (1 bulan)
 Lumpur BP2 : 0,19 m³/hari
 Total lumpur : 0,19 m³/hari

b. Hasil Perencanaan:

Volume lumpur : 4,9 m³/bulan
 Kedalaman : 2 m
 P:L : 1:1
 Panjang : 1,6 m
 Lebar : 1,6 m

Gambar desain potongan AA unit bak penampung lumpur yang direncanakan disajikan pada Gambar 7, dan untuk keseluruhan layout IPAL disajikan pada Gambar 8.

E. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya IPAL

Rencana Anggaran Biaya dihitung berdasarkan kebutuhan volume BOQ dikalikan dengan satuan pekerjaan yang terdapat pada HSPK Kota Semarang. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan total rencana anggaran biaya untuk pembangunan IPAL adalah sebesar Rp208.103.096,43 \cong Rp208.104.000,00.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan perencanaan, maka dapat ditarik kesimpulan: (1) Berdasarkan hasil Laboratorium, kualitas air limbah industri alkohol belum memenuhi baku mutu yang berlaku dimana nilai pH 3,84, Suhu 36,7 C, BOD 197.496 mg/L, COD 304.000 mg/L, TSS 3.630 mg/L, dan Sulfida 0,119 mg/L. Teknologi yang digunakan untuk pengolahan air limbah adalah Saringan, Bak Ekualisasi, Anaerobic Baffled Reactor, Moving Bed Bioreactor, dan Bak Pengendap 2. (2) Berdasarkan DED diperoleh dimensi bangunan IPAL antara lain: Bak Ekualisasi (2 x 2 x 3 m), ABR (15,3 x 1,5 x 3 m), MBBR (1,2 x 1,2 x 2 m), BP 2 (0,85 x 0,45 x 1,5). Hasil pengolahan air limbah menghasilkan nilai COD 193 mg/L, BOD 84 mg/L, dan TSS 74 mg/L. (3) Luas lahan yang diperlukan untuk pembangunan IPAL adalah sebesar 246 m² dan biaya investasi sebesar Rp208.103.096,00.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Nurcahani dan B. Utami, "Pengolahan Limbah Cair Industri Alkohol Bekonang Menggunakan Proses Fermentasi," *Prosiding KPSDA Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam*, vol. 1, no. 1, 2015.
- [2] M. Kobyya dan E. Gengec, "Decolourization of Melanoidins by a electrocoagulation process using aluminium electrodes," *Environmental Teknologi*, vol. 22, no. 21, pp. 2429-2438, 2012. doi: 10.1080/09593330.2012.671371.
- [3] Menteri Lingkungan Hidup, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah," Kementrian Lingkungan Hidup, Jakarta, 2014.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, "IKP 7.2.4. Uji Sulfida," Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2009.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 6989.11:2019. Cara Uji Derajat Keasaman (pH) menggunakan pH Meter," Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2009.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 6989.2:2019. Cara Uji Kebutuhan

- Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri,” Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2009.
- [7] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 6989.3:2019. Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solids/TSS) Secara Gravimetri,” Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2009.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 6989.72:2009. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD),” Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2009.