

Perencanaan Pengelolaan Limbah Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga Berbasis *Reduce, Reuse, Recycle* (3R) di Desa Watubonang Kabupaten Ponorogo

Anindya Zahra Maharsiwi dan Bowo Djoko Marsono
Departemen Teknik Lingkungan, Insititut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: bowodjok@enviro.its.ac.id

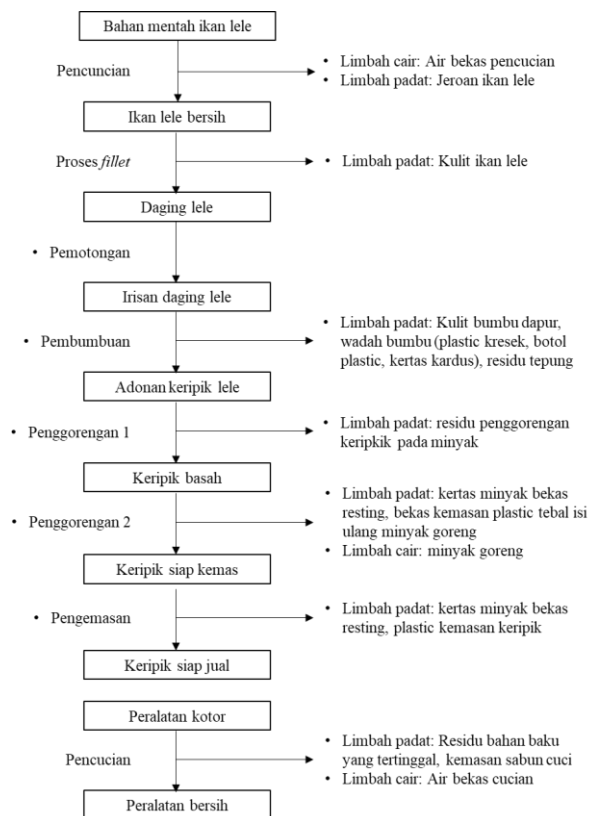
Abstrak—Salah satu industri pangan berskala rumah tangga yang memproduksi makanan ringan berbahan ikan di Ponorogo belum memiliki pengelolaan limbah yang baik, sehingga semua limbah hasil produksi langsung dibuang ke saluran irigasi dan lahan kosong. Limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi sehingga mengakibatkan timbulnya beberapa permasalahan, antara lain bau busuk, kematian ikan dan biota lainnya pada badan perairan penerima limbah, serta eutrofikasi karena kelebihan nitrogen dan fosfor. Dalam upaya untuk mencegah pencemaran lingkungan, mengurangi peredaran limbah, dan mewujudkan proses produksi yang lebih baik dapat dilakukan pengelolaan limbah cair dan padat dengan konsep 3R, yaitu *Reduce, Reuse, Recycle*. Data yang dikumpulkan berupa data primer dengan cara survey lapangan, wawancara, sampling dan analisis laboratorium dan penelitian lapangan, serta data sekunder didapat melalui studi literatur. Perencanaan mencakup pengelolaan berbasis 3R untuk limbah cair dan padat, serta *engineering design* unit untuk kegiatan pengelolaan limbah beserta BOQ dan RAB. Berdasarkan hasil analisis *reduce* dilakukan pada limbah cair, limbah padat *compostable* dan *non-recyclable*. *Reuse* dilakukan pada limbah cair dan limbah padat *recyclable*. *Recycle* dilakukan pada limbah padat *compostable* dan *recyclable*. Berdasarkan perhitungan *Engineering Design* (ED) pengolahan limbah cair dilakukan dengan unit *grease trap* berukuran panjang 0,5 m; lebar 0,25 m; kedalaman 0,45m, bak ekualisasi yaitu panjang 0,65 m; lebar 0,8 m; kedalaman 0,8 m, *anaerobic baffled reactor* yaitu panjang 0,65 m; lebar 0,7 m; kedalaman 1,3 m, dan *constructed wetland* yaitu panjang 5 m; lebar 0,8 m; kedalaman 1 m. Pewadahan limbah padat menggunakan bak plastik HDPE tertutup dengan ukuran, untuk limbah *compostable* 120 L, limbah *recyclable* dan *non-recyclable* 240 L. Pengomposan dilakukan pada limbah padat *compostable* secara aerob di dalam bak plastik HDPE ukuran 280 L sebanyak 8 buah.

Kata Kunci—3R, Industri Makanan Ringan, IPAL, Komposting.

I. PENDAHULUAN

SEJUMLAH penelitian menunjukkan, dalam menjalankan aktivitas bisnisnya, UMKM di Indonesia menghadapi tiga masalah umum, yaitu masalah permodalan, masalah manajerial, dan masalah pemasaran. Sedikit banyak, masalah-masalah tersebut, membuat pelaku UMKM kurang memperhatikan dampak kegiatannya bagi kelestarian lingkungan. Padahal, aktivitas bisnis yang ramah lingkungan memiliki tujuan yang jelas, yakni menjaga kelestarian ekosistem guna mendukung aktivitas ekonomi secara berkesinambungan.

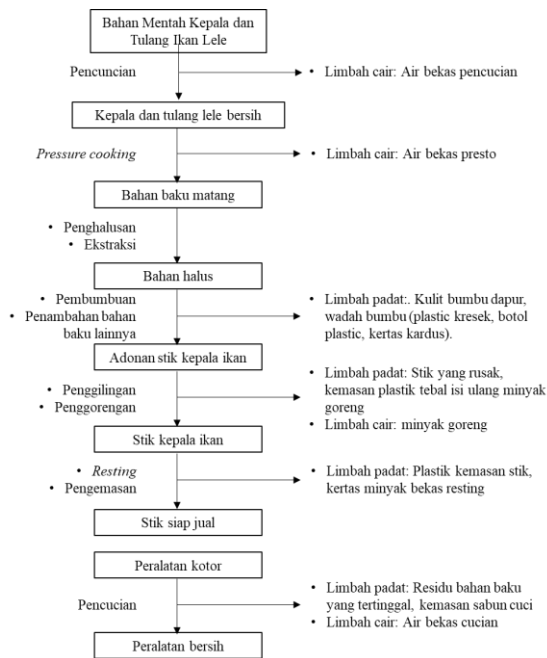
Salah satu industri pangan berskala kecil yang memproduksi makanan ringan berbahan ikan di Ponorogo menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari



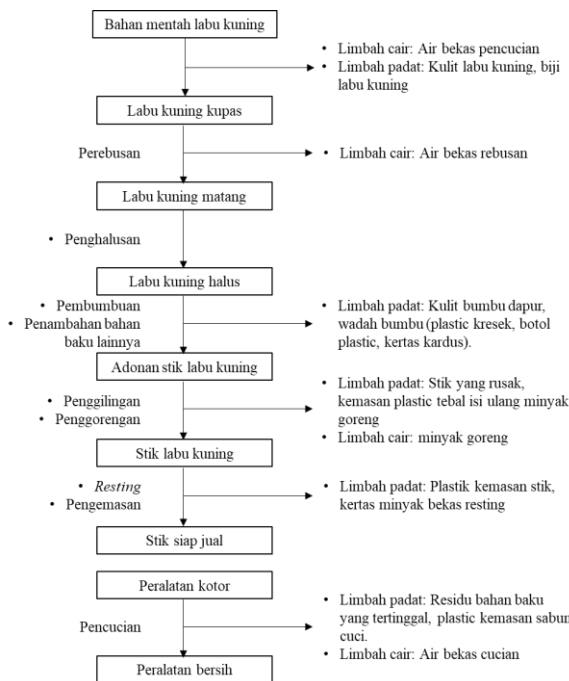
Gambar 1. Proses produksi keripik lele.

lingkungan. Limbah dapat berupa limbah padat maupun cair. Limbah padat dapat bersumber dari hasil samping yang umumnya berupa kepala, jeroan, kulit, tulang, sirip [1]. Limbah cair yang dihasilkan memiliki karakteristik fisik yaitu, bau tidak sedap dan air yang keruh. Diidentifikasi dari proses produksi dan bahan baku utama yang berupa protein hewani, limbah cair industri makanan ringan ini mengandung bahan organik yang tinggi. Bahan organik merupakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan organisme. Pertumbuhan organisme yang terus meningkat nantinya akan mereduksi oksigen terlarut dan menyebabkan kadar oksigen terlarut terus berkurang.

Selain untuk menangani masalah lingkungan, pengelolaan limbah menjadi salah satu syarat suatu produksi dikatakan baik. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK.03.1.23.04.12.2206 Tahun 2012 menyatakan bahwa cara produksi pangan yang baik untuk industri rumah tangga adalah memiliki sistem pembuangan limbah yang telah didesain dan dikonstruksi untuk mencegah resiko



Gambar 2. Proses produksi stik kepala ikan lele.



Gambar 3. Proses produksi labu kuning.

pencemaran pangan dan air bersih. Selain itu terdapat juga izin penunjang usaha yang dikeluarkan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan RI, yaitu Sertifikat Kelayakan Pengolahan (SKP). Dalam Permen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 72/PERMEN-KP/2016 disebutkan bahwa SKP hanya diberikan kepada pelaku usaha yang telah memenuhi beberapa syarat, salah satunya yaitu memenuhi tata cara penerapan sanitasi yang baik.

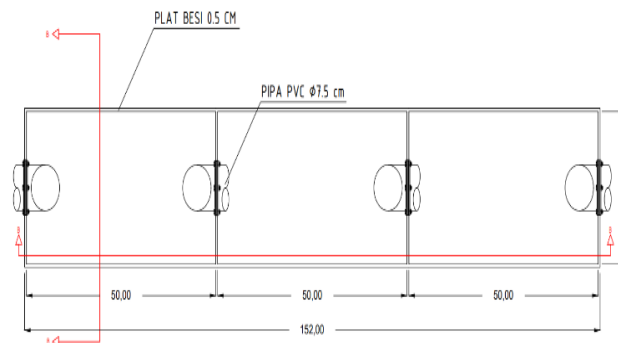
Dalam upaya untuk mengurangi peredaran limbah dan optimalisasi fungsi limbah dapat dilakukan dengan konsep pengelolaan 3R, yaitu *Reduce, Reuse, Recycle*. Apabila upaya 3R telah dilakukan namun hasil belum maksimal karena tergantung kepada jenis produk dan jenis proses produksinya maka harapan terakhir adalah bagaimana upaya untuk melakukan optimalisasi limbah yang dihasilkan [2].

Tabel 1. Debit Limbah Cair Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga

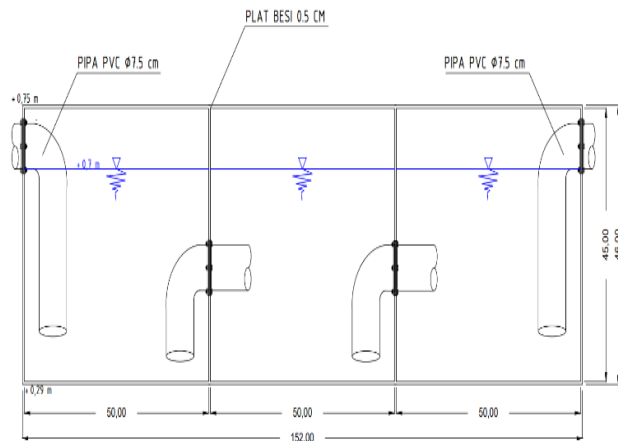
Jenis Sumber	Satuan	Debit
Keripik Lele	L/produksi	692
Stik Kepala Ikan	L/produksi	433
Stik Labu Kuning	L/produksi	573
Total	L/hari	1698

Tabel 2. Kualitas Limbah Cair Budidaya Ikan

Parameter	Satuan	Kualitas air
pH	-	6,44
BOD	mg/L	38,71
COD	mg/L	60,87
TSS	mg/L	50



Gambar 4. Denah unit grease trap.



Gambar 5. Potongan A-A unit grease trap.

II. METODE PERENCANAAN

A. Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan terdiri dari serangkaian kegiatan perencanaan yang dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Pengumpulan Data

Terdapat dua jenis data yang dikumpulkan dan digunakan pada perencanaan ini, yaitu:

a. Data Primer

Data primer yang dibutuhkan dalam melakukan perencanaan antara lain: karakteristik dan kuantitas limbah cair dan padat industri makanan ringan, proses produksi, potensi timbulan limbah industri makanan ringan, kesediaan lahan dan elevasi lokasi.

b. Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam melakukan

Tabel 3.
Kualitas Limbah Cair Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga

Parameter	Satuan	Kriteria Mutu Air	Kripik Lele	Stik Kepala Ikan	Stik Labu Kuning	Kolam Ikan	Limbah Campuran	Cair	Kriteria Mutu
Suhu	°C	38	30,9	26,6	30,2	-	24,1		38
pH	mg/L	6.0-9.0	5,6	5,77	6,7	6,44	6,1		6.0-9.0
TSS	mg/L	400	94	305	1260	50	451,2		100
TDS	mg/L	1000	855	1380	1020	-	1044,56		1000
NH3 – N (Total)	mg/L	20	1,16	0,36	0,53	-	0,74		20
Total Fosfat	mg/L	1	4,1	1,07	1,35	-	2,40		1
BOD ₅	mg/L	6	35	346	1487	38,71	500,5		6
COD	mg/L	50	350	744	1690	60,87	748,2		40
Minyak dan Lemak	mg/L	1	8549	1500	632	-	4079,83		1
DO	mg/L	3	0,4	0,9	1,4	-	0,86		38

Tabel 4.
Kualitas Limbah Cair Budidaya Ikan

Parameter	Hasil Uji Lab
Kadar Air	68%
Rasio C/N	68,61

Tabel 5.
Kuantitas Limbah Padat Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga

Jenis Produksi	Compostable			Non-recycable			Recycable		
	Berat(kg)	Vol(m ³)	Densitas(kg/m3)	Berat(kg)	Vol(m3)	Densitas(kg/m3)	Berat(kg)	Vol(m3)	Densitas
Keripik Lele	2,95	0,01	335,23	1,55	0,06	24,69	1,20	0,05	22,06
Stik Kepala Ikan	2,21	0,01	280,10	0,32	0,01	32,39	2,28	0,02	112,59
Stik Labu Kuning	18,21	0,07	255,96	2,93	0,01	205,92	2,86	0,02	136,68

Tabel 6.
Timbulan Limbah Padat Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga

Timbulan Sampah	Keterangan	
Karakteristik Sampah	Berat (Kg/hari)	Vol (m ³ /hari)
Compostable	23,3700	0,0878
Non-recycable	4,8000	0,0869
Recycable	6,3400	0,0956
Total	34,51	0,2703

perencanaan antara lain: Alternatif pengelolaan limbah berbasis 3R, Baku mutu air untuk budidaya perikanan, Parameter kontrol kompos, Rangkain SNI DT-2007, HSPK Kabupaten Ponorogo 2020.

2) *Pengolahan Data dan Perencanaan Pengelolaan Limbah*

Pengolahan data dan perencanaan pengelolaan limbah meliputi:

- Menganalisis karakteristik dan kuantitas limbah cair dan padat.
- Penerapan konsep *reduce, reuse, recycle* limbah cair dan padat industri makanan ringan skala rumah tangga.
- Menggambarkan diagram alir proses pengelolaan limbah cair dan padat.
- Menyusun *Engineering Design* yang meliputi perhitungan dimensi dan gambar bangunan unit pengolah limbah cair dan padat.

- Merencanakan layout unit pengolah limbah cair dan padat.
- Merencanakan profil hidrolis.
- Membuat BOQ dan RAB yang dibutuhkan dalam pembangunan dan pengoprasiian setiap unit pada kegiatan pengelolaan limbah cair dan padat.

III. HASIL PERENCANAAN

A. *Proses Produksi Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga*

Industri makanan ringan ini memiliki beberapa proses produksi, sesuai dengan produk yang akan dihasilkan, yaitu Keripik Lele, Stik Kelapa Ikan Lele, dan Stik Labu Kuning. Proses produksi tiap jenis produk dan potensi sumber timbulan limbah terdapat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.

Tabel 7.
Analisis Potensi Reduce Pada Proses Produksi

Jenis Limbah	Rincian Limbah	Sumber Limbah	Jenis Produksi	Penerapan Reduce
Limbah Cair	Air bekas pencucian	Pencucian bahan baku	Keripik Lele Stik Kepala Ikan Stik Labu Kuning	Kontrol pada mekanisme pencucian dengan menerapkan SOP yang tepat.
		Pencucian peralatan	Keripik Lele Stik Kepala Ikan Stik Labu Kuning	Penggunaan <i>Pressure washers</i> guna meningkatkan efisiensi pencucian.
Limbah Padat	Kulit ikan lele Kertas minyak bekas resting Kemasan produk	Proses <i>fillet</i>	Keripik Lele	Penggunaan bahan baku ikan lele yang per ekor memiliki berat kurang dari 3 kg.
		Proses Penggorengan Pertama dan Kedua	Keripik Lele	Mengganti metode <i>resting</i> dengan pengeringan keripik menggunakan mesin <i>spinner</i>
		Proses Penggilingan dan Penggorengan	Stik Kepala Ikan Stik Labu Kuning	Penggunaan kertas untuk <i>resting</i>
		Pengemasan	Stik Kepala Ikan Stik Labu Kuning	<i>Re-design</i> kemasan dengan menggunakan bahan yang dapat lebih cepat terdaur ulang

Tabel 8.
Analisis Potensi Reuse Pada Proses Produksi

Jenis Limbah	Rincian Limbah	Penerapan Reuse
Limbah cair	Keseluruhan limbah cair	Digunakan sebagai sumber air dalam budidaya ikan lele setelah dilakukan pengolahan.
Limbah padat	Produk makanan ringan yang rusak	Pakan hewan ternak
	Biji labu kuning	Digunakan langsung sebagai benih untuk budidaya labu kuning
	Jeroan ikan lele	Pakan ikan
	Plastik kresek	Digunakan sebagai tempat sampah
	Gelas atau botol plastik	Digunakan sebagai pot bibit, dan macam-macam kerajinan

Tabel 9.
Analisis Potensi Recycle Pada Proses Produksi

Jenis Limbah	Rincian Limbah	Penerapan Recycle
Limbah Padat	<ul style="list-style-type: none"> Kulit bumbu dapur Kulit labu kuning Residu penggorengan 	Pengomposan
	<ul style="list-style-type: none"> Residu tepung Kulit ikan lele Bekas kemasan plastik tebal isi ulang minyak goreng Gelas dan botol plastik, serta Kertas kardus 	Diolah menjadi kerupuk kulit Daur ulang dengan bantuan pihak ketiga (<i>off site</i>) antara lain pemulung, tukang loak, lapak, bandar kecil dan bandar besar

Tabel 10.
Perhitungan Ukuran Wadah Limbah Padat

Jenis Limbah	Vol timbulan (m ³ /hari)	Ukuran dalam wadah			Vol (m ³)	Jenis Wadah	Warna wadah	Periode pengosongan
		P (m)	L (m)	t (m)				
<i>Compostable</i>	0,09	0,45	0,3	0,9	0,12	Bin	Hijau	1 hari
<i>Non Recycable</i>	0,09	0,6	0,4	1	0,24	Bin	Merah	3 hari
<i>Recycable</i>	0,10	0,6	0,4	1	0,24	Bin	Kuning	3 hari

B. Analisis Kuantitas dan Karakteristik Limbah Cair Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga

Analisis kuantitas dan karakteristik limbah cair industri makanan ringan skala rumah tangga meliputi:

1) Analisis Kuantitas

Kuantitas limbah cair yang dihasilkan merupakan penjumlahan debit hasil pengukuran dari ketiga proses produksi yaitu produksi Keripik Lele, Stik Kelapa Ikan, dan Stik Labu Kuning. Hasil pengukuran debit limbah cair dari proses produksi disajikan pada Tabel 1.

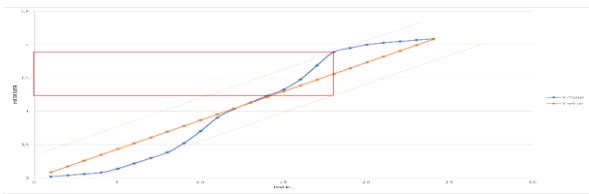
Selain dari proses produksi, dikarenakan terdapat resirkulasi air limbah maka debit juga akan ditambah dari kolam budidaya ikan yang didapat dari hasil perhitungan. Direncanakan terdapat 2 kolam berdiameter 3 m dengan kedalaman air 1 m yang perlu dilakukan pergantian 1/3 air bagian bawah untuk menjaga kualitas air, umumnya hal ini dilakukan antara 2-4 minggu. Sedangkan untuk panen

dilakukan setelah 2-3 bulan [3]. Sehingga volume yang diresirkulasi mencakup volume pergantian air dan pengurusan pada masa panen yaitu sebesar 380 L/hari. Sehingga apabila ditambahkan dengan limbah cair dari proses produksi maka debit limbah cair industri makanan ringan skala rumah tangga sebesar 2079,5 L/hari atau 2,0795 m³/hari.

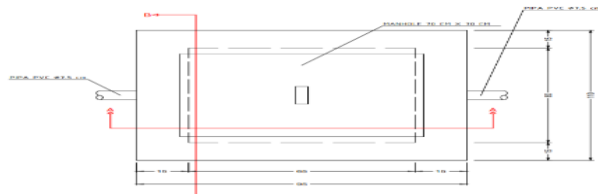
2) Analisis Karakteristik

Karakteristik limbah cair proses produksi didapat dari uji laboratorium sedangkan karakteristik limbah cair kolam budidaya ikan didapat dari data sekunder yang disajikan pada Tabel 2.

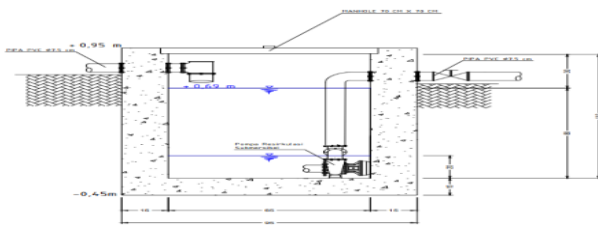
Hasil uji laboratorium karakteristik limbah cair dari proses produksi dapat dilihat dalam Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, didapatkan perbandingan hasil analisis limbah campuran dengan Kriteria Mutu Air kelas III (kegiatan budidaya perikanan) PP Nomor 22 Tahun 2021. Diketahui bahwa kualitas air limbah industri makanan ringan skala rumah



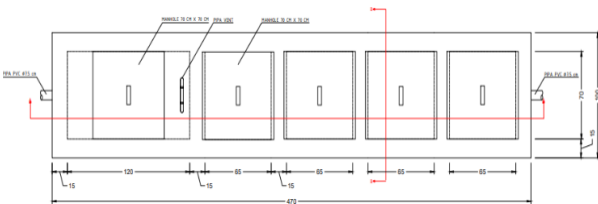
Gambar 6. Kurva volume kumulatif dan waktu.



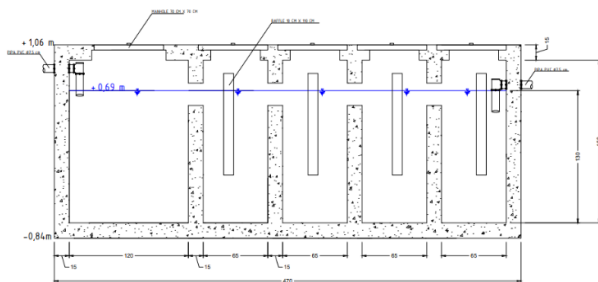
Gambar 7. Denah unit bak ekualisasi.



Gambar 8. Potongan A-A unit bak ekualisasi.



Gambar 9. Denah unit ABR.



Gambar 10. Potongan A-A unit ABR.

tangga tidak memenuhi baku mutu, yaitu pada parameter TSS, TDS, Total Fosfat, BOD₅, COD, minyak dan lemak, serta DO.

C. Analisis Kuantitas dan Karakteristik Limbah Cair Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga

Analisis kuantitas dan karakteristik limbah cair industri makanan ringan skala rumah tangga meliputi:

1) Analisis Karakteristik

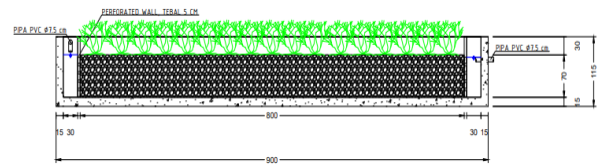
Guna menerapkan potensi 3R dari limbah padat yang dihasilkan maka limbah padat pada tugas akhir ini dibagi menjadi 3 kategori berdasarkan karakteristiknya, yaitu sampah *compostable*, *recyclable*, dan *non-recyclable*. Uji kualitas limbah padat dilakukan pada sampah *compostable* untuk melihat apakah terdapat limbah padat yang berpotensi untuk dikomposkan. Hasil uji laboratorium limbah padat *compostable* dapat dilihat pada Tabel 4.

2) Analisis Kuantitas

Data hasil pengukuran limbah padat yang didapat antara



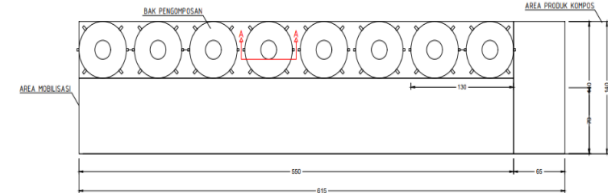
Gambar 11. Denah unit *constructed wetland*.



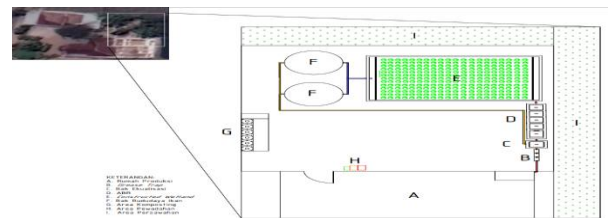
Gambar 12. Potongan A-A Unit *Constructed Wetland*.



Gambar 13. Desain bak pengomposan.



Gambar 14. Denah area pengomposan.



Gambar 15. *Layout* unit pengelolaan limbah cair dan padat.

lain data timbulan limbah padat perhari dalam satuan berat dan volume, serta densitas. Hasil pengukuran kuantitas limbah padat dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

D. Penerapan Konsep Reduce Limbah Cair dan Padat Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga

Prinsip reduce adalah meminimalisasi limbah, terutama hasil akhir proses produksi. Meski demikian, bukan tidak mungkin tahap ini juga dapat dilakukan sedari awal yaitu bahan baku dan proses produksi. Hal ini menunjukkan semua proses produksi pada dasarnya mampu diupayakan untuk menghasilkan limbah seminimal mungkin [2]. Dilakukan identifikasi sumber timbulan limbah beserta limbah apa saja yang dihasilkan, lalu dilakukan perencanaan pengurangan limbah pada setiap rangkaian proses produksi. Hasil analisis dan indentifikasi penerapan konsep *reduce* dari keseluruhan proses produksi dapat dilihat pada Tabel 7.

E. Penerapan Konsep Reuse dan Recycle Limbah Cair dan Padat Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga

Penerapan Konsep Reuse dan Recycle Limbah Cair dan Padat Industri Makanan Ringan Skala Rumah Tangga meliputi:

1) Penerapan Konsep Reuse

Konsep *reuse* merupakan upaya pemanfaatan kembali limbah yang dihasilkan selama proses produksi [2]. Pemanfaatan dapat berupa proses lanjutan atau pemanfaatan untuk kegiatan di bidang yang lain. Hasil analisis dan indentifikasi penerapan konsep *reuse* dari keseluruhan proses produksi dapat dilihat pada Tabel 8.

2) Penerapan Konsep Recycle

Recycle merupakan konsep pengurangan peredaran limbah dengan prinsip proses daur ulang dari limbah yang telah dihasilkan sehingga bisa dimanfaatkan untuk kepentingan lain di luar proses produksi tanpa mengurangi produksi [2]. Hasil analisis dan indentifikasi penerapan konsep *recycle* dapat dilihat pada Tabel 9.

F. Perhitungan Engineering Design Unit Pengolah Limbah Cair

Perhitungan Engineering Design Unit Pengolah Limbah Cair meliputi:

1) Grease Trap

Grease trap direncanakan terdiri dari 3 kompartemen yang dipasang secara seri dengan dimensi yang sama untuk meningkatkan efisiensi penyisihan minyak. Menurut kriteria design, waktu detensi (td) unit *grease trap* adalah 30-60 menit.

Berdasarkan debit limbah yang masuk ke unit *grease trap*, yaitu 1,698 m³/hari dan rasio P:L unit sebesar 2:1, maka direncanakan lebar bak sebesar 0,25 m. Didapatkan Panjang bak 0,5 m, kedalaman bak 0,45 m, dan volume per kompartemen 0,056 m³. Berdasarkan dimensi tersebut didapatkan waktu detensi sebesar 47,7 menit dan telah sesuai dengan kriteria design. Denah dan potongan A-A unit *grease trap* disajikan secara berturut-turut pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Pada unit *grease trap* terjadi penyisihan parameter minyak dan lemak sebesar 95% [4]. Direncanakan terdapat penyisihan sebesar 95% pada setiap kompartemen, sehingga konsentrasi parameter minyak dan lemak pada outlet sebesar 0,5 mg/L (memenuhi kriteria mutu, yaitu <1 mg/L).

2) Bak Ekualisasi

Air limbah yang akan masuk ke dalam unit bak ekualisasi adalah air limbah dari effluen unit *grease trap* dan juga air limbah resikulasi dari budidaya ikan lele, sehingga debit yang masuk sebesar 2,0795 m³/hari atau 0,0870 m³/jam, dengan BOD in sebesar 500,54 mg/L.

Untuk menghitung dimensi dari bak ekualisasi dibutuhkan data fluktuasi dari debit air limbah yang masuk ke dalam bak ekualisasi untuk selanjutnya diplot dalam kurva dengan sumbu y adalah volume kumulatif dan sumbu x adalah waktu selama 24 jam. Nilai slope (dari garis awal hingga titik akhir kurva volume kumulatif) merepresentasikan debit harian rata-rata. Volume bak ekualisasi direpresentasikan oleh garis merah tegak lurus dalam kurva pada Gambar 6 dan didapatkan volume bak ekualisasi sebesar 0,674 m³.

Kedalaman dan lebar bak ekualisasi direncanakan 0,8 m, sehingga didapatkan Panjang bak sebesar 1,05 m dengan waktu detensi 7,8 jam. Denah dan potongan A-A unit bak ekualisasi disajikan secara berturut-turut pada Gambar 7 dan Gambar 8.

3) Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) diantaranya sebagai berikut:

a. Tangki Pengendap

Direncanakan terdapat tangki pengendap yang terintegrasi dengan ABR. Tangki pengendap direncanakan dengan HRT selama 2 jam. Faktor HRT adalah faktor yang menunjukkan hubungan antara penyisihan COD pada tangki pengendap dengan lamanya waktu tinggal air. Berdasarkan perhitungan faktor HRT, diperoleh efisiensi penyisihan COD 35%. Berdasarkan grafik rasio BODrem/CODrem, didapatkan efisiensi penyisihan BOD sebesar 37% dan TSS 56%. Sehingga konsentrasi air limbah yang tersisihkan adalah BOD sebesar 186,61 mg/L, COD 263,17 mg/L, dan TSS 254,17 mg/L. Direncanakan periode pengurasan adalah 24 bulan, maka diperoleh penurunan volume lumpur yaitu 66% dengan akumulasi lumpur sebesar 0,0033 L/kg BODrem. Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan volume tangki pengendap 2,76 m³. Penentuan panjang tangki pengendap berdasarkan faktor debit air limbah tiap hari, pengurasan, konsentrasi BOD, waktu tinggal air limbah, dan laju akumulasi lumpur [5], sehingga didapatkan volume tangki anaerobic sebesar 1,10 m³ dengan panjang tangki adalah 1,2 m.

b. Kompartemen Baffled

Jumlah kompartemen direncanakan 4 buah, lebar kompartemen 0,7 m dan kedalaman 1,3 m. Panjang kompartemen merupakan 50% dari kedalaman, yaitu 0,65 m. Sehingga diperoleh volume per kompartemen yaitu 0,59 m³ dan volume total ABR yaitu 2,36 m³. Besarnya OLR (Organic Loading Rate) dicek dari faktor BOD dan debit yang masuk juga dari volume total ABR. Sehingga didapatkan nilai OLR adalah 0,43 kg COD/ m³.hari (memenuhi kriteria desain < 3 kg COD/ m³.hari). Dicek besarnya Vupflow berdasarkan debit dan td, maka didapatkan Vupflow 0,19 m/jam (memenuhi kriteria desain < 2 m/jam). Berdasarkan beberapa faktor diantaranya yaitu: faktor overload adalah 1; faktor strength 0,95; faktor temperatur 1, 09; dan faktor jumlah kompartemen 0,96, didapatkan efisiensi penyisihan BOD sebesar 83%. Berdasarkan penyisihan BOD dan grafik penyisihan COD, didapatkan faktor penyisihan COD yaitu 0,96. Dengan demikian, diperoleh efisiensi penyisihan COD pada kompartemen sebesar 79% dan TSS 68%. Setelah terjadi penyisihan parameter pencemar limbah cair didapati *effluen* limbah cair dari unit ABR memiliki konsentrasi BOD sebesar 1384,2 mg/L, COD 2481,9 mg/L, dan TSS 54,91 mg/L, COD 100,85 mg/L, dan TSS 62,29 mg/L. Denah Anaerobic Baffled Reactor disajikan pada Gambar 9 dan potongan A-A Anaerobic Baffled Reactor disajikan pada Gambar 10.

Dimensi total ABR adalah lebar 0,7 m, kedalaman 1,3 m, freeboard 0.3 m, panjang bak pengendap 1,2 m, panjang tiap kompartemen 0,65 m, tebal dinding tiap kompartemen 0,15 m, jumlah kompartemen 4 buah, panjang total ABR 4,7 m (Gambar 9).

c. Constructed Wetland

Constructed wetland direncanakan berjumlah 1 unit dengan kedalaman media yaitu 1 m dan kemiringan (slope) 0,01. Kedalaman media disesuaikan dengan panjang akar tanaman yang digunakan yaitu *Scirpus grossus* dan *Limnocharis flava* (genjer) yang mempunyai panjang akar ±

0,7 m saat dewasa. Media yang digunakan adalah medium gravel yang mempunyai nilai $K_s = 5.000 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}$; $\alpha = 0,4$; dan $K_{20} = 1,104$ [6]. Kriteria desain untuk Hydraulic Loading Rate (HLR) adalah $0,2 - 1 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}$. Proses degradasi dalam CW tidak hanya dibantu oleh media saja, tetapi juga dibantu oleh tanaman dan rhizobacteria. Rhizobacteria merupakan bakteri yang berkoloni pada akar dan hidup bermutualisme dengan tanaman. Bakteri tersebut memanfaatkan limbah sebagai sumber nutrisi untuk hidup. CW yang ditumbuhi dengan tanaman (planted) memiliki nilai removal BOD yang lebih besar bila dibandingkan dengan CW tanpa tanaman (unplanted). Planted CW mempunyai nilai removal BOD lebih besar 4,4% daripada unplanted CW [7]. Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi dari unit CW yaitu panjang 8 m; lebar 5,5 m; dan kedalaman 1 m (media dan freeboard 0,3 m). Sedangkan HLR dari CW tersebut sebesar $0,047 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari}$. Pada perencanaan CW ini, dibuat saluran penampung air sebelum masuk ke dalam media wetland. Saluran ini direncanakan dengan lebar 0,3 m, kedalaman 1 m, dan panjang 5,5 m. Direncanakan perforated wall yang dipasang pada zona inlet dan outlet dengan diameter lubang yaitu 0,1 m. Efisiensi removal BOD untuk konsentrasi BOD adalah 100%. Sedangkan efisiensi removal COD pada CW sebesar 80% [8], efisiensi removal TSS sebesar 89%. Pada outlet unit *constructed wetland* konsentrasi parameter pencema sudah memenuhi kriteria mutu untuk sumber air budidaya ikan yaitu COD 20,17 mg/L; BOD 0,0 mg/L; TSS 6,91 mg/L; TDS 777 mg/L; Total P 0,64 mg/L; DO 3 mg/L. Denah disajikan pada Gambar 11 dan Potongan A-A disajikan pada Gambar 12.

G. Perhitungan Engineering Design Unit Pengolah Limbah Padat

Perhitungan Engineering Design Unit Pengolah Limbah Padat meliputi:

1) Pewadahan

Tahap pertama pengelolaan limbah padat industri makanan ringan adalah pewadahan dikarenakan pada kondisi eksisting limbah padat masih tercampur dan belum ada pewadahan limbah yang layak. Terdapat 3 wadah limbah padat berdasarkan kategori limbah padat yang telah ditentukan, yaitu limbah padat *compostable*, *recyclable*, dan *non-recyclable*. Ketiga wadah akan dibedakan berdasarkan warnanya. Direncanakan jenis wadah berupa bin berbahan HDPE yang terdapat di pasaran. Volume wadah limbah padat pada setiap kategori disajikan pada Tabel 10.

2) Komposting

Pengolahan limbah padat yang akan dilakukan secara *on-site* adalah pengolahan limbah padat *compostable*. Perlu direncanakan luas area pengomposan sesuai dengan metode komposting terpilih yaitu pengomposan dengan bak secara aerobik dan timbulan limbah padat industri makanan ringan. Bak pengomposan didesain terdapat pipa berlubang di dalamnya sebagai jalur resirkulasi udara, sketsa desain bak pengomposan terdapat pada Gambar 13

Direncanakan 1 bak komposting berkapasitas limbah *compostable* selama 2 hari. Berdasarkan timbulan limbah

padat *compostable* per hari yaitu $0,09 \text{ m}^3 / \text{hari}$, volume bak komposting yang dibutuhkan sebesar 280 L sejumlah 8 buah, dengan jarak antar bak 0,1 maka Panjang total area komposting 5,5 m dengan lebar 0,6 m. Direncanakan luas area mobilisasi sebesar $4,4 \text{ m}^2$ dan area produk kompos seluas $0,91 \text{ m}^2$. Gambar denah area pengomposan terdapat pada Gambar 14.

H. Layout Area Pengelolaan

Dengan demikian, *layout* unit pengelolaan limbah cair maupun padat selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 15.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan IPAL industri pangan skala rumah tangga, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) Penerapan *reduce* dilakukan pada limbah cair, limbah padat *compostable* dan *non-recyclable*. *Reuse* dilakukan pada limbah cair dan limbah padat *recyclable*. *Recycle* dilakukan pada limbah padat *compostable* dan *recyclable*. (2) Berdasarkan perhitungan *Engineering Design* (ED) pengolahan limbah cair dilakukan dengan unit *grease trap* berukuran panjang 0,5 m; lebar 0,25 m; kedalaman 0,45 m, bak ekualisasi yaitu panjang 0,65 m; lebar 0,8 m; kedalaman 0,8 m, *anaerobic baffled reactor* yaitu panjang 0,65 m; lebar 0,7 m; kedalaman 1,3 m, dan *constructed wetland* yaitu panjang 5 m; lebar 0,8 m; kedalaman 1 m. Pewadahan limbah padat menggunakan bak plastik HDPE tertutup dengan ukuran, untuk limbah *compostable* 120 L, limbah *recyclable* dan *non-recyclable* 240 L. Pengomposan dilakukan pada limbah padat *compostable* secara aerob di dalam bak plastik HDPE ukuran 280 L sebanyak 8 buah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. M. Dwi Ujianti, "Produksi bersih pada industri pangan berbasis perikanan," *J. Ilmu Pangan dan Has. Pertan.*, vol. 1, no. 1, pp. 28–36, 2017, doi: 10.26877/jiphp.v1i1.1383.
- [2] M. Nasir, E. P. Saputro, and S. Handayani, "Manajemen pengelolaan limbah industri," *J. Manag. dan Bisnis*, vol. 19, no. 2, pp. 143–152, 2015, doi: 10.23917/benefit.v19i2.2313.
- [3] I. N. Ardika, N. W. Suniti, I. M. Mega, and N. N. Yastini, "Teknis pemeliharaan ikan lele pada kolam hemat air dan efisien pakan di Desa Lumbung Kecamatan Selemadeg Barat Kabupaten Tabanan," *Bul. Udayana Mengabdi*, vol. 19, no. 1, pp. 21–26, 2020, doi: 10.24843/bum.2020.v19i01.p05.
- [4] J. Wongthanate, N. Mapracha, B. Prapagdee, and C. Arunlertaree, "Efficiency of modified grease trap for domestic wastewater treatment," *J. Ind. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 10–22, 2014.
- [5] D. S. Sakinah and I. F. Purwanti, "Perencanaan IPAL pengolahan limbah cair industri pangan skala rumah tangga," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.29178.
- [6] Q. Chen, Y. Li, M. Liu, B. Zhu, J. Mu, and Z. Chen, "Removal of Pb and Hg from marine intertidal sediment by using rhamnolipid biosurfactant produced by a *Pseudomonas aeruginosa* strain," *Environ. Technol. Innov.*, vol. 22, p. 101456, 2021, doi: 10.1016/j.eti.2021.101456.
- [7] O. Carranza-Diaz, L. Schultze-Nobre, M. Moeder, J. Nivala, P. Kuschik, and H. Koeser, "Removal of selected organic micropollutants in planted and unplanted pilot-scale horizontal flow constructed wetlands under conditions of high organic load," *Ecol. Eng.*, 2014, doi: 10.1016/j.ecoleng.2014.07.048.
- [8] C. S. Akrotos and V. A. Tsihrintzis, "Effect of temperature, HRT, vegetation and porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands," *Ecol. Eng.*, vol. 29, no. 2, pp. 173–191, 2007, doi: 10.1016/j.ecoleng.2006.06.013.