

Perencanaan IPAL Pengolahan Limbah Cair Industri Pangan Skala Rumah Tangga

Dinda Syifa Sakinah dan Ipung Fitri Purwanti

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: purwanti@enviro.its.ac.id

Abstrak—Beberapa permasalahan timbul jika limbah industri pangan tidak dikelola dengan baik sebelum dibuang ke lingkungan. Seperti halnya yang terjadi pada salah satu industri pangan skala rumah tangga di Surabaya. Permasalahan yang timbul antara lain terganggunya kehidupan organisme perairan sehingga mengakibatkan kematian dan bau busuk, kelebihan nitrogen dan fosfor yang menyebabkan eutrofikasi, dan sebagainya. Dampak negatif tersebut terjadi karena limbah industri pangan mengandung bahan organik yang tinggi. Dampak ini memerlukan upaya pengolahan limbah melalui alternatif teknologi yang efektif dan efisien. Teknologi yang digunakan meliputi unit grease trap, bak pengendap, bak ekualisasi, *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* dan *constructed wetland*.

Perencanaan dimulai dengan pengumpulan data yang terdiri dari data primer maupun sekunder diperoleh melalui survei lapangan, *sampling* maupun dari laporan perencanaan terdahulu. Perhitungan *Engineering Design* mencakup perhitungan dimensi dan aspek hidrolika bangunan IPAL.

Berdasarkan perhitungan *Engineering Design (ED)*, diketahui bahwa IPAL yang digunakan terdiri dari 1 buah *grease trap* dengan volume 0,081 m³. Bak pengendap berjumlah 1 buah dengan volume 0,166 m³. 1 buah bak ekualisasi bervolume 1 m³. *Anaerobic baffled reactor* yang terdiri dari tangki anaerobik dan 4 kompartemen dengan total volume 5,91 m³. *Constructed wetland* berjumlah 1 buah dengan volume 6,19 m³. Perencanaan ini membutuhkan biaya pembangunan IPAL sebesar Rp 75.300.000 dan pengoperasian IPAL sebesar Rp 2.750.000 per bulan.

Kata Kunci—ABR, *Constructed Wetland*, Industri Pangan, IPAL, Kecamatan Rungkut Surabaya, *Scirpus Grossus*.

I. PENDAHULUAN

Salah satu industri pangan skala rumah tangga di Surabaya menghasilkan air limbah yang dapat mencemari lingkungan. Kandungan bahan organik yang tinggi pada air limbah tersebut merupakan sumber nutrisi bagi pertumbuhan mikroorganisme. Hal itu dapat mereduksi oksigen terlarut. Secara normal, air mengandung kira-kira 8 ppm oksigen terlarut. Standar minimum oksigen terlarut untuk kehidupan ikan adalah 5 ppm dan di bawah standar ini akan menyebabkan kematian ikan dan biota perairan lainnya [1].

Sebelumnya, industri pangan ini telah berupaya untuk membangun instalasi pengolahan air limbah namun efluennya masih belum memenuhi baku mutu. Air limbah tersebut menimbulkan dampak negatif berupa penurunan kualitas badan air penerima dan terganggunya kehidupan organisme [2]. Selain itu, kelebihan nitrogen dan fosfor dalam air menyebabkan suatu keadaan yang tidak seimbang disebut eutrofikasi [3]. Oleh karena itu diperlukan teknik penanganan

limbah yang efektif, sesuai dengan kandungan komponen-komponen yang diuraikan dalam limbah industri tersebut.

Teknologi yang digunakan terdiri dari *grease trap*, bak pengendap, bak ekualisasi, *Anaerobic baffled reactor (ABR)*, dan *constructed wetland*. *Grease trap* berfungsi sebagai unit pengolahan primer untuk menyisahkan komponen-komponen ringan seperti minyak dan lemak. Bak pengendap untuk mengendapkan padatan tersuspensi dalam air limbah. Bak ekualisasi digunakan untuk mengatasi masalah operasional seperti variasi debit dan beban air limbah. Pada pengolahan biologis digunakan ABR dan *constructed wetland*. ABR merupakan jenis reaktor anaerob laju tinggi yang terdiri dari beberapa kompartemen bervolume sama dimana antar tiap kompartemen dipisahkan oleh *baffle* secara selang-seling yang memaksa cairan mengalir ke atas dan ke bawah sehingga kontak antara air limbah dan mikroorganisme dalam lumpur di dasar kompartemen meningkat [4]. *Constructed wetland* merupakan unit yang melibatkan vegetasi, media dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah [5].

Perencanaan ini meliputi aspek teknis yaitu *Engineering Design* dan aspek finansial meliputi Rencana Anggaran Biaya (RAB) IPAL.

II. METODE PERENCANAAN

A. Kerangka Perencanaan

Rangkaian kegiatan perencanaan yang terdapat dalam kerangka perencanaan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

Data yang di gunakan untuk perencanaan IPAL industri pangan skala rumah tangga:

a. Data Primer.

Data primer yang diperlukan dalam kegiatan evaluasi, antara lain:

- Kualitas air limbah industri pangan.
- Kuantitas air limbah industri pangan.

b. Data Sekunder.

Data sekunder yang diperlukan dalam kegiatan evaluasi, antara lain:

- Baku mutu air limbah industri.
- Rangkaian SNI-DT 2007.
- Harga Bahan Pokok Kegiatan (HSPK) Surabaya 2016.

2. Pengolahan Data dan Perencanaan IPAL.

- Menganalisis kualitas dan kuantitas limbah industri pangan skala rumah tangga.
- Penetapan jenis pengolahan, yaitu ABR dan *constructed wetland* serta kriteria perencanaan.
- Menggambarkan diagram alir proses IPAL.

- Menghitung kesetimbangan massa (*mass balance*).
- Menyusun *Engineering Design* yang meliputi perhitungan dimensi unit IPAL dan gambar bangunan IPAL.
- Merencanakan *layout* bangunan IPAL.
- Merencanakan profil hidrolis.
- Membuat BOQ dan RAB yang dibutuhkan untuk pembuatan IPAL

III. HASIL PERENCANAAN

A. Perhitungan Debit Air Limbah Industri Pangan Skala Rumah Tangga

Perhitungan debit air limbah didasarkan pada kegiatan di industri pangan yang menghasilkan air limbah. Kegiatan tersebut meliputi perendaman dan pencucian ikan, perebusan, pencucian alat produksi dan lain-lain. Hasil perhitungan debit air limbah selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1.

Perhitungan Debit Air Limbah Industri Pangan Skala Rumah Tangga

No	Kegiatan	Ukuran	Keterangan	Vol. (L)	Per Hari
1	Rendaman dan Cuci Ikan	2 bak (1 minggu sekali)	@bak = 185 L	370	370 / 7 hari = 53 L/hari
2	Rebusan	1,5 panci	@panci = 190 L	285	285 L/hari
3	Cuci Alat	5 bak	@bak = 185 L	925	925 L/hari
4	Lain-lain (Membersihkan lantai produksi)	10 ember	@ember = 74 L	740	740 L/hari
Total					= 2003 L/hari = 2 m ³ /hari

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 1, didapatkan debit air limbah industri pangan skala rumah tangga sebesar **2 m³/hari**.

B. Kualitas Air Limbah Industri Pangan Skala Rumah Tangga

Kualitas air limbah hasil uji laboratorium disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, didapatkan perbandingan hasil analisis limbah campuran dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Diketahui bahwa kualitas air limbah industri pangan skala rumah tangga tidak memenuhi baku mutu, yaitu pada parameter TSS, H₂S, NH₃-N, BOD₅, COD, serta minyak dan lemak.

Tabel 2.

Kualitas Air Limbah Hasil Uji Laboratorium

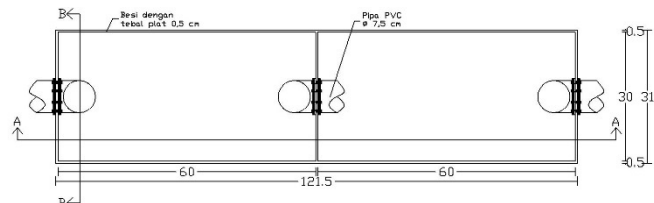
Parameter	Satuan	Hasil Analisis				Baku Mutu
		Limbah Rendaman dan Cuci Ikan	Limbah Rebusan Ikan	Limbah Cuci Alat Produksi	Limbah Campuran	
pH	-	7,50	7,20	7,45	7,40	6,0 – 9,0
TSS	mg/L	660	720	1516	1300,46	30
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,45	0,00	1,52	1,13	1
NH ₃ - N (Total)	mg/L	68,40	239,50	16,84	69,25	5
Khlor Bebas	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	1
BOD ₅	mg/L	9970	7140	2170	3618,81	100
COD	mg/L	22400	12320	3758	6472,33	150
Minyak dan Lemak	mg/L	874	1034	316	501,43	10

C. Perhitungan Engineering Design (ED)

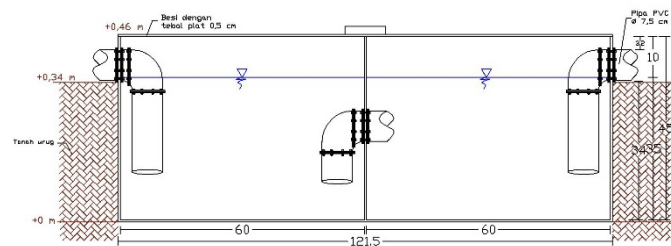
1. Grease Trap

Grease trap terdiri dari 2 kompartemen. Kompartemen 1 untuk menampung air limbah awal (*sewage pit*) sedangkan kompartemen 2 untuk menyisihkan minyak dan lemak. Waktu detensi (td) *grease trap* berdasarkan kriteria desain adalah 30 - 60 menit [6]. Direncanakan terdapat 2 kompartemen *grease trap* yang dipasang seri dengan dimensi yang sama.

Berdasarkan debit perencanaan sebesar 2 m³/hari dan rasio panjang (P) : lebar (L) yaitu 2 : 1, maka direncanakan lebar bak 0,3 m. Didapatkan panjang bak 0,6 m dan kedalaman air (H) ditentukan sedalam 0,45 m, sehingga volume sebesar 0,081 m³. Berdasarkan volume tersebut, waktu detensi *grease trap* yaitu 58 menit, dimana telah memenuhi kriteria desain (30 – 60 menit). Denah *grease trap* disajikan pada Gambar 1 dan Potongan A-A *grease trap* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Denah Grease Trap



Gambar 2. Potongan A-A Grease Trap

Pada *grease trap* terjadi penyisihan untuk parameter minyak dan lemak yaitu sebesar ± 95% [2]. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, konsentrasi minyak dan lemak inlet adalah 501,43 mg/L. Dengan menggunakan efisiensi penyisihan sebesar 98,5%, maka konsentrasi minyak dan lemak outlet yaitu 7,5 mg/L (memenuhi baku mutu yaitu < 10 mg/L).

2. Bak Pengendap

Bak pengendap direncanakan berjumlah 1 buah dengan td selama 2 jam. Berdasarkan td dan debit yang masuk, diperoleh volume bak sebesar 0,166 m³. Ditetapan kedalaman (H) yaitu 2 m, maka luas permukaan bak yaitu 0,083 m².

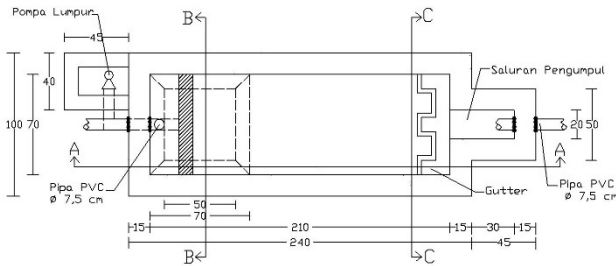
Pengecekan terhadap OFR (*Over Flow Rate*) didapatkan sebesar 24 m³/m².hari, dimana telah memenuhi kriteria desain (20-80 m³/m².hari). Lalu dicek pula *Vupflow* berdasarkan debit dan td, maka dihasilkan nilai sebesar 1 m/jam (memenuhi kriteria desain yaitu < 2 m/jam).

Zona Pengendapan

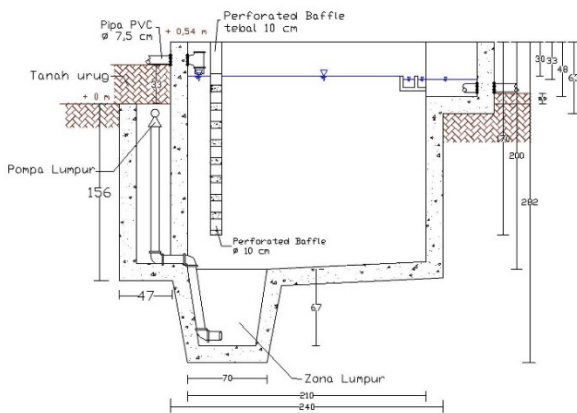
Dimensi bak pengendap dihitung dengan perbandingan panjang : lebar yaitu 3 : 1. Berdasarkan perhitungan luas permukaan, diperoleh lebar bak 0,7 m dan panjang 2,1 m. Pengecekan *scouring* dilakukan untuk memastikan partikel tidak terangkat kembali dan tidak berpindah dari posisinya (tetap mengendap). Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan kecepatan *scouring* (V_{sc}) yaitu 0,036 m/detik, sedangkan kecepatan horizontal (V_h) yaitu 0,000016 m/detik. Dengan

demikian, dapat diketahui bahwa $V_h < V_{sc}$, sehingga tidak terjadi *scouring*.

Aliran laminar dapat dicapai bila N_{Re} yaitu kurang dari 2000 dan untuk menghindari *short circuit* dapat dicapai bila N_{Fr} lebih dari 10^{-5} . Berdasarkan perhitungan, diperoleh N_{Fr} sebesar $4,3 \cdot 10^{-10}$. Denah bak pengendap dirujuk pada Gambar 3 dan potongan A-A dirujuk pada Gambar 4.



Gambar 3. Denah Bak Pengendap



Gambar 4. Potongan A-A Bak Pengendap

Zona Inlet

Pada zona inlet, terdapat *perforated baffle* yang diletakkan 0,2 m di depan inlet. *Perforated baffle* terdiri dari diameter lubang 0,1 m, panjang *baffle* sama dengan lebar bak yaitu 0,7 m, tebal *baffle* 0,1 m dan tinggi *baffle* 1,7 m. *Perforated baffle* digunakan untuk mendapatkan aliran laminar dan menghindari terjadinya *short circuit*. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh V_h sebesar 0,072 m/detik. Jumlah lubang dihitung dengan susunan sebagai berikut:

- Horizontal = 5 buah (jarak antar horizontal 0,03 m)
- Vertikal = 9 buah (jarak antar vertikal 0,06 m)

Selanjutnya dicek ulang N_{Re} dan N_{Fr} . Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa N_{Re} sebesar 1144 dan N_{Fr} 0,01, dimana telah memenuhi kriteria desain.

Zona Lumpur

Direncanakan dimensi ruang lumpur dengan panjang ruang lumpur atas sama dengan lebar bak, yaitu 0,7 m, sedangkan panjang lumpur bawah 0,5 m. Lebar ruang lumpur atas 0,7 m, sedangkan lebar ruang lumpur bawah 0,5 m. H ruang lumpur rencana merupakan satu per tiga dari H bak pengendap, sehingga didapatkan 0,67 m. Sedangkan H ruang lumpur sebenarnya adalah 0,7 m. Dengan membagi H lumpur rencana dengan H lumpur sebenarnya, dapat diketahui bahwa ruang lumpur akan penuh dalam waktu 1 hari.

Zona Outlet

Pada zona outlet, dengan lebar bak 0,7 m, ditetapkan lebar *gutter* (l) 0,1 m, tebal *weir* 0,2 m, dan panjang *gutter* 0,3 m. Kemudian diperoleh jumlah *gutter* sebanyak 3 buah dengan Q tiap *gutter* $0,0000077 \text{ m}^3/\text{detik}$ sedangkan tinggi air di atas *gutter* adalah 0,001 m.

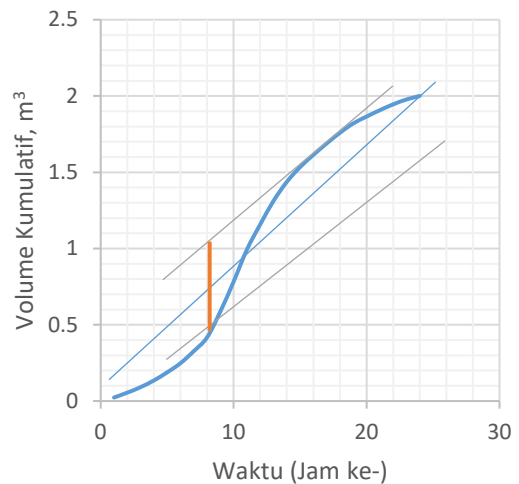
Berdasarkan hasil perhitungan untuk tinggi limpasan air (*weir*), didapatkan y_c 0,0015 m dan y_u 0,002 m. Sedangkan kedalaman air pada *gullet* (h) sama dengan y_u . Dengan perhitungan yang sama, maka diperoleh y_c 0,008 m dan y_u 0,014 m.

Air limpahan *weir* ditampung pada saluran pengumpul dengan panjang saluran ditetapkan 0,3 m dan H saluran 0,48 m. Direncanakan kecepatan pada saluran 0,6 m/detik. Dari hasil perhitungan, didapatkan *Across* $0,1 \text{ m}^2$. Berdasarkan *Across*, diperoleh lebar sebesar 0,2 m.

3. Bak Ekualisasi

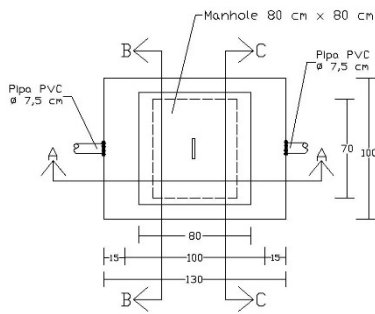
Data fluktuasi debit air limbah yang masuk diperlukan untuk menghitung dimensi bak ekualisasi. Pengaliran air per jam pada bak ekualisasi yaitu $0,083 \text{ m}^3/\text{jam}$. Konsentrasi BOD yang masuk sebesar 2171,29 mg/L.

Tabel data fluktuasi debit air limbah dibuat, untuk selanjutnya diplotkan volume kumulatif (sumbu y) dan waktu selama 24 jam (sumbu x) dalam sebuah kurva. Nilai slope (dari garis awal hingga titik akhir kurva volume kumulatif) merepresentasikan debit harian rata-rata yang merupakan hasil dari proses ekualisasi debit. Volume bak ekualisasi direpresentasikan oleh garis tegak (warna merah) grafik [7]. pada Gambar 5.

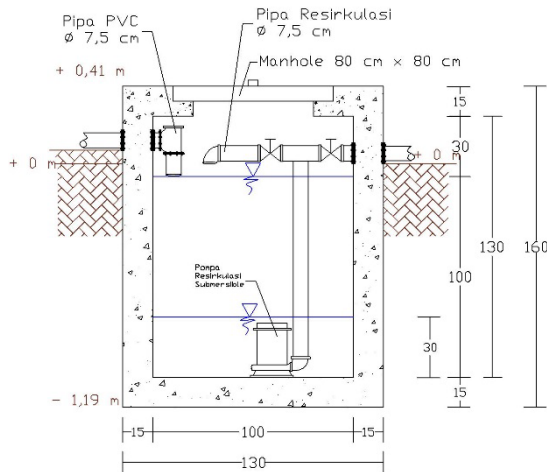


Gambar 5. Hasil Plot Volume Kumulatif dan Waktu

Berdasarkan Gambar 5, didapatkan volume bak ekualisasi sebesar $0,6 \text{ m}^3$. Kedalaman pada bak ekualisasi direncanakan 1 m, sehingga didapatkan luas permukaan yaitu sebesar $0,6 \text{ m}^2$. Lebar bak direncanakan 0,7 m, sehingga dari perhitungan luas permukaan, maka didapatkan panjang bak sebesar 1 m. Berdasarkan volume dan debit, maka didapatkan t_d selama 7,2 jam. Kedalaman air saat maksimum yaitu 1 m dan minimum yaitu 0,3 m. Denah bak ekualisasi dapat dilihat pada Gambar 6 dan potongan A-A bak ekualisasi pada Gambar 7.



Gambar 6. Denah Bak Ekuialisasi



Gambar 7. Potongan A-A Bak Ekuialisasi

4. Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

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 23%. Berdasarkan grafik rasio BODrem/CODrem [8], didapatkan efisiensi penyisihan BOD sebesar 25% dan TSS 56,3%. Sehingga konsentrasi air limbah yang tersisihkan adalah BOD sebesar 542,8 mg/L, COD 893,18 mg/L, dan TSS 292,8 mg/L.

Direncanakan periode pengurasan adalah 24 bulan, maka diperoleh penurunan volume lumpur yaitu 66% dengan akumulasi lumpur sebesar 0,00332 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 [9], sehingga didapatkan panjang tangki adalah 2,6 m.

Dengan demikian, didapatkan konsentrasi air limbah yang masuk ke dalam kompartemen ABR yaitu BOD sebesar 1628,5 mg/L, COD 2990,2 mg/L, dan TSS 227,3 mg/L.

Kompartemen ABR

Jumlah kompartemen direncanakan 4 buah, lebar kompartemen 0,7 m dan kedalaman 1,5 m. Panjang kompartemen merupakan 50% dari kedalaman, yaitu 0,75 m. Sehingga diperoleh volume per kompartemen yaitu 0,788 m³ dan volume total ABR yaitu 3,15 m³.

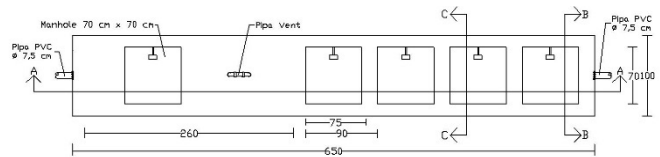
Besarnya OLR (*Organic Loading Rate*) dicek dari faktor BOD dan debit yang masuk juga dari volume total ABR. Sehingga didapatkan nilai OLR adalah 1,89 kg COD/ m³.hari (memenuhi kriteria desain < 3 kg COD/ m³.hari [10]). Dicek besarnya *Vupflow* berdasarkan debit dan td, maka didapatkan *Vupflow* 0,2 m/jam (memenuhi kriteria desain < 2 m/jam [8]).

Berdasarkan beberapa faktor diantaranya yaitu: faktor *overload* adalah 1, faktor *strength* 1,07; faktor temperatur 1, dan faktor jumlah kompartemen 0,96, didapatkan efisiensi penyisihan BOD sebesar 85%. Berdasarkan penyisihan BOD dan grafik penyisihan COD, diapatkan faktor penyisihan COD yaitu 0,98. Dengan demikian, diperoleh efisiensi penyisihan COD pada kompartemen sebesar 83% dan TSS 68,4%.

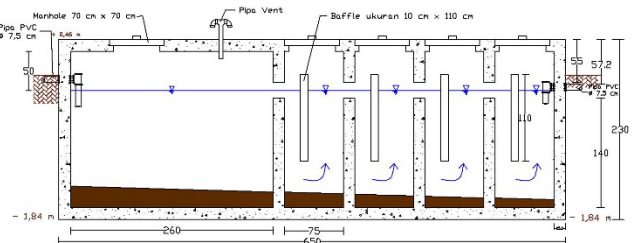
Besarnya penyisihan beberapa parameter air limbah secara total terdiri dari BOD sebesar 1384,2 mg/L, COD 2481,9 mg/L, dan TSS 155,5 mg/L. Sehingga didapatkan konsentrasi efluen BOD 244,3 mg/L, COD 508,3 mg/L, dan TSS 71,8 mg/L. Denah *Anaerobic Baffled Reactor* disajikan pada Gambar 8 dan potongan A-A *Anaerobic Baffled Reactor* disajikan pada Gambar 9.

Dimensi total ABR adalah:

- Lebar ABR = 0,7 m
- Kedalaman = 1,5 m
- Freeboard* = 0,5 m
- Panjang bak pengendap = 2,6 m
- Panjang tiap kompartemen = 0,75 m
- Tebal dinding tiap kompartemen = 0,15 m
- Jumlah kompartemen = 4 buah
- Panjang total kompartemen = 3,75 m
- Panjang total ABR = 6,5 m



Gambar 8. Denah Anaerobic Baffled Reactor



Gambar 9. Potongan A-A Anaerobic Baffled Reactor

5. *Constructed Wetland* (CW)

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* yang mempunyai panjang akar ± 0,7 m saat dewasa [11]. Media yang digunakan adalah *medium gravel* yang mempunyai nilai Ks = 5.000 m³/m².hari; α = 0,4; dan K₂₀ = 1,104 [12]. Kriteria desain untuk *Hydraulic Loading Rate* (HLR) adalah 0,2 - 1 m³/m².hari [13].

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

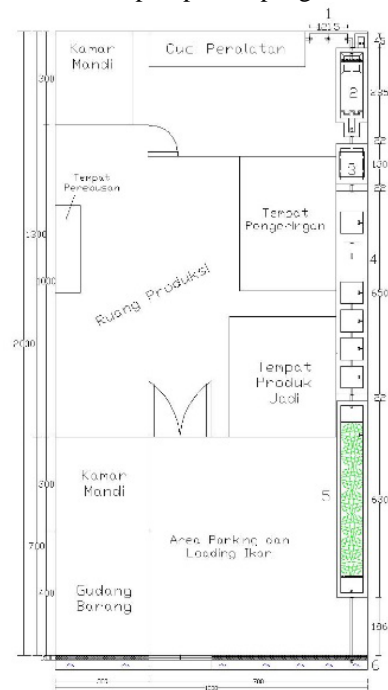
hidup bermutualisme dengan tanaman. Bakteri tersebut memanfaatkan limbah sebagai sumber nutrisi untuk hidup. CW yang ditumbuhi dengan tanaman (*planted*) memiliki nilai *removal* BOD yang lebih besar bila dibandingkan dengan CW tanpa tanaman (*unplanted*). *Planted* CW mempunyai nilai *removal* BOD lebih besar 4,4% daripada *unplanted* CW [14]. Fungsi tanaman pada CW selain mempunyai nilai estetika, yaitu menyediakan jalur hidraulik pada media dan menjaga agar konduktivitas hidraulik limbah tetap stabil [15].

Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi dari unit CW yaitu panjang 5 m; lebar 0,7 m; dan kedalaman 1,4 m (media dan *freeboard* 0,4 m). Sedangkan HLR dari CW tersebut sebesar 0,57 m³/m².hari. Pada perencanaan CW ini, dibuat saluran penampung air sebelum masuk ke dalam media wetland. Saluran ini direncanakan dengan lebar 0,7 m, kedalaman 1,4 m, dan panjang 0,5 m.

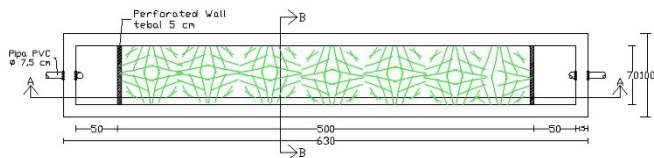
Direncanakan *perforated wall* yang dipasang pada zona inlet dan outlet dengan diameter lubang yaitu 0,1 m. Susunan lubang horizontal 5 buah (jarak antar horizontal 0,03 m) dan vertikal 8 buah (jarak antar vertikal 0,06 m).

Efisiensi *removal* BOD untuk konsentrasi BOD adalah 84,25%. Sedangkan efisiensi *removal* COD pada CW sebesar 85% [14]. Konsentrasi penyisihan TSS pada *sub-surface flow* CW didapatkan sebesar sebesar 12 mg/L. Sehingga, efisiensi *removal* TSS sebesar 82%. Denah disajikan pada Gambar 10 dan Potongan A-A disajikan pada Gambar 11.

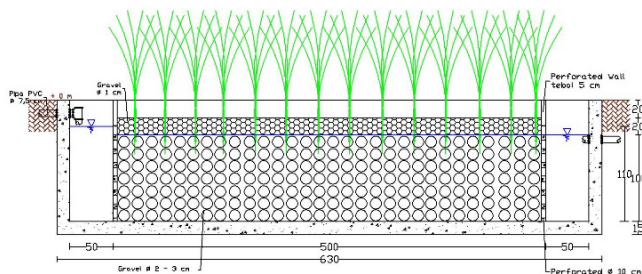
biaya IPAL sebesar Rp 75.300.000. Adapun biaya operasional IPAL adalah sebesar Rp 2.750.000 per bulan yang meliputi biaya penggunaan listrik untuk pompa dan pengurasan lumpur.



Gambar 12. Layout IPAL Industri Pangan Skala Rumah Tangga



Gambar 10. Tampak Atas Constructed Wetland



Gambar 11. Potongan A-A Constructed Wetland

Dengan demikian, *layout* IPAL industri pangan skala rumah tangga selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 12 dengan keterangan sebagai berikut:

- 1 : Grease trap 5 : Constructed wetland
- 2 : Bak Pengendap 6 : Badan air penerima
- 3 : Bak Ekuialisasi
- 4 : Anaerobic baffled reactor

D. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Hasil perhitungan biaya yang diperlukan untuk IPAL industri pangan skala rumah tangga adalah sebagai berikut, yang terdiri dari 1 unit *grease trap* seharga Rp 4.223.008, 1 unit bak pengendap seharga Rp 9.477.029, 1 unit bak ekuialisasi seharga Rp 21.235.138, 1 unit *anaerobic baffled reactor* Rp 22.877.149 dan 1 unit *constructed wetland* seharga Rp 17.428.452. didapatkan total

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil perencanaan IPAL industri pangan skala rumah tangga, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. IPAL industri pangan skala rumah tangga terdiri dari 1 unit *grease trap*, 1 unit bak pengendap, 1 unit bak ekuialisasi, 1 unit *anaerobic baffled reactor* dan 1 unit *constructed wetland*.
2. Kualitas *effluent* air limbah telah memenuhi baku mutu yang mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

Anggaran biaya untuk pembangunan IPAL sebesar Rp 75.300.000, sedangkan untuk operasional IPAL per bulan sebesar Rp 2.750.000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. S. L. Jenie, W. P. Rahayu, and Institut Pertanian Bogor. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi., *Penanganan limbah industri pangan*. Jakarta: Kanisius, 1993.
- [2] H. E. Muga and J. R. Mihelcic, "Sustainability of wastewater treatment technologies," *J. Environ. Manage.*, vol. 88, no. 3, pp. 437-447, Aug. 2008.
- [3] C. H. Sim, *The use of constructed wetlands for wastewater treatment*. Malaysia: Wetlands International, 2003.
- [4] M. K. Sharma, A. Khurshed, and A. A. Kazmi, "Modified septic tank-anaerobic filter unit as a two-stage onsite domestic wastewater treatment system," *Environ. Technol.*, vol. 35, no. 17, pp. 2183-2193, Sep. 2014.
- [5] I. Risnawati and T. P. Damanhuri, "Penyisihan Logam Pada Lindi Menggunakan Constructed Wetland," Institut Teknologi Bandung, 2009.
- [6] *Pergub Provinsi DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 tentang Pengolahan Air Limbah Domestik di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta.*
- [7] R. R. Yasmine, "Perancangan Sistem Pengolahan Air Limbah pada Gedung Perkantoran (Studi Kasus: MIPA Tower ITS Surabaya)," 2017.
- [8] L. Sasse, B. Gutterer, T. Panzerbieter, and T. Reckerzugel, *Decentralised*

- Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*. United Kingdom: Borda, 2009.
- [9] R. T. Setiawati and I. F. Purwanti, "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. D42–D46, Aug. 2016.
- [10] Metcalf & Eddy Inc. *et al.*, *Wastewater engineering: treatment and resource recovery*. McGraw-Hill, 2003.
- [11] Konnerup, Dennis, T. Koottatep, and Hans Brix, "Treatment of domestic wastewater in tropical, subsurface flow constructed wetlands planted with canna and heliconia," *Ecol. Eng.*, vol. 35, pp. 248–257, 2008.
- [12] Environmental Protection Agency (EPA), "Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment," 2003.
- [13] J. B. Ellis, R. B. E. Shutes, and D. M. Revitt, "Guidance manual for constructed wetlands," 2003.
- [14] M. M. Diaz, Otoniel Carranza Luciana Schultze-Nobre, J. Nivalac, P. Kusch, and Heinz Koeser, "Removal Of selected organic micropollutants in planted and unplanted pilot-scale horizontal flow constructed wetlands under conditions of high organic load," *Ecol. Eng.*, vol. 71, pp. 234–245, 2014.
- [15] D. . Mara, "Constructed wetlands are not a viable alternative or addition to waste stabilization ponds," in *IWA Specialist Conference on Waste Stabilization Ponds*, 2006.