

Desain IPAL *Subsurface Flow Constructed Wetland* Di Rusunawa Grudo Surabaya

Ahmad Safrodin, Sarwoko Mangkoedihardjo, Adhi Yuniarto

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

Abstract

Pencemaran lingkungan di Kota Surabaya terus meningkat seiring dengan perkembangan penduduk dan keterbatasan sarana sanitasi yang kurang baik. Pencemaran lingkungan ini didominasi limbah domestik sehingga perlu sistem pengolahan yang efektif dan efisien dalam mengurangi senyawa polutan. Teknologi *Constructed wetland* merupakan sistem pengolahan terkontrol yang telah didesain dan dibangun menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi, media, dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah domestik. Teknologi ini dapat diterapkan untuk skala perumahan baik individu atau secara komunal. Rusunawa Grudo Surabaya merupakan rusun yang belum memiliki IPAL untuk mengolah *greywater*. Perencanaan sistem *Constructed wetland* di Rusunawa Grudo Surabaya mempertimbangkan aspek kuantitas dan kualitas air limbah. Kualitas air limbah domestik menunjukkan nilai COD 329,81 mg/L, BOD 182,02 mg/L; dan TSS 103,33 mg/L, sedangkan kuantitas air limbah sebesar 33,6 m³/hari. Sistem ini terdiri dari unit ekualisasi, *Subsurface Flow Constructed Wetland* dengan tanaman *Cyperus alternifolius*, dan kolam penampung. Hasil perencanaan menghasilkan efisiensi pengolahan seluruh sistem untuk COD, BOD, dan TSS masing-masing sebesar 86%, 85%, dan 88%. Desain sistem IPAL menghasilkan luas permukaan 480 m², kedalaman bed 0,5 m, beban pada bed (OLR) 12,75 gr BOD/m².hari, beban hidrolis (HLR) 0,07 m³/m².hari dengan waktu tinggal 3 hari. Kualitas efluen yang didapatkan menunjukkan nilai BOD 25 mg/L, COD 48,35 mg/L dan TSS 11,72 mg/L. Dihilangkan pula standar operasional dan perawatan IPAL serta biaya investasi seluruh sistem *constructed wetland* sebesar Rp. 412.007.328,00

Keywords: constructed wetland; cyperus alternifolius; grey water; limbah domestik; pencemaran

1. Pendahuluan

Pencemaran Lingkungan di Kota Surabaya akan terus meningkat seiring dengan perkembangan penduduk dan keterbatasan sarana sanitasi yang kurang baik. Penurunan Kualitas air yang disebabkan oleh limbah domestik memberikan kontribusi pencemaran sebesar 60% dan limbah industri sebesar 40% [1]. Pencemaran ini terjadi karena tidak adanya sistem pengolahan, tetapi limbah yang langsung di alirkan ke badan air. Berdasarkan data status kualitas air sungai kota Surabaya, pada tahun 2013 Kali Mas Kota Surabaya status mutu kualitas air yaitu BOD (4.06 mg/l) melebihi baku mutu air kelas II yaitu 3 mg/l, TSS (401 mg/l) melebihi baku mutu air kelas II 50 mg/l dan DO (2.395 mg/l) kurang dari baku mutu air kelas III yaitu > 3 mg/l [2].

Rusunawa Grudo merupakan rusunawa milik Pemerintah Kota Surabaya yang menghasilkan limbah domestik berupa limbah *black water* dan *grey water* dengan sistem saluran terpisah. Pada saat ini, limbah *black water* telah terdapat sistem pengolahan, sedangkan limbah *grey water* belum memiliki sistem pengolahan dan dialirkan secara langsung ke saluran drainase yang nantinya akan bermuara ke sungai Kali Mas Kota Surabaya. Hal ini nantinya akan berdampak pada peningkatan pencemaran kualitas air Kali Mas Kota Surabaya. *Grey water* adalah air limbah yang berasal dari kegiatan mandi dan cuci [3]. Karakteristik *Grey water* adalah memiliki zat organik yang cukup tinggi dan *grey water* dari dapur memiliki kandungan organik yang lebih tinggi dibandingkan *grey water* dari kamar mandi [4]. Menurut peraturan yang ada, setiap kegiatan usaha wajib mengolah limbah dan menjaga ekosistem lingkungan [5].

Teknologi *constructed wetland* dapat diterapkan sebagai teknologi pengolahan limbah *greywater* di rumah atau domestik [6]. *Constructed wetland* merupakan *wetland* buatan yang dikelola dan dikontrol oleh manusia untuk keperluan filtrasi air buangan dengan penggunaan tanaman, aktifitas mikroba dan proses alami lainnya [7]. Prinsip pengolahan air limbah dengan *constructed wetland* dengan mengalirkan air limbah di bawah media sehingga limbah akan di serap melalui akar tanaman. Instalasi pengolahan ini mampu mengolah limbah domestik dan industri dengan baik ditunjukkan dengan efisiensi pengolahan limbah yang tinggi yaitu lebih dari 80% [8]. Penggunaan *constructed wetland* dengan tanaman *Cyperus alternifolius* dapat menjadi alternatif pengolahan air limbah *grey water* skala rusunawa. Keuntungan yang diperoleh dari sistem ini adalah memperoleh nilai efisiensi yang tinggi dan memperoleh desain IPAL yang memiliki nilai estetika.

2. Lokasi Studi

Rumah Susun Grudo Surabaya merupakan rusun milik Pemerintah Kota Surabaya yang terletak di tengah kota Surabaya, tepatnya masuk wilayah Kecamatan Tegay Sari Kelurahan Dr Sutomo Surabaya Pusat yang beralamat di Jl. Grudo Gg.V No. 2 , Surabaya. Sebelumnya lahan rusun ini merupakan lahan Dinas PU Bina Marga Kota Surabaya dan Dinas Kebersihan dan Pertanaman Kota Surabaya. Rusun Grudo ini memiliki nilai yang strategis mengingat tempatnya ditengah kota sehingga melalui paguyuban yang telah dibentuk memiliki pandangan bahwa rusun harus bersih dan nyaman.

Rusunawa Grudo dibangun dengan design struktur 5 lantai. Di dalam rusun ini terdapat 96 unit kamar dan tiap kamar maksimal untuk 4 penghuni dengan luas kamar 24 m² (panjang 6 m, lebar 4 m dan tinggi 3 m) serta dilengkapi adanya fasilitas penunjang. Sistem buangan limbah domestik rusun ini telah terpisah antara *grey water* dan *black water*. Saluran limbah *grey water* dialirkan secara langsung ke drainase dan *black water* menuju ke IPAL komunal. Instalasi air limbah dengan teknologi *constructed wetland* akan didesain di lahan kosong dengan luas lahan tersedia 669 m².

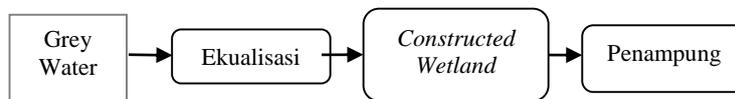
3. Metodologi Penelitian

a. Pengumpulan data

Pengumpulan data dalam perencanaan adalah data primer dan data sekunder. Data Primer dapat berupa karakteristik limbah meliputi BOD, COD, TSS, dan pH. Pengambilan karakteristik limbah ini sebanyak 3 kali dengan 6 titik pengambilan secara composit sampling pada pagi hari. Dilakukan pengukuran luas lahan area IPAL dan mencari data debit air limbah rencana. Untuk data sekunder yang dibutuhkan adalah denah area rusunawa Grudo Surabaya, baku mutu air limbah berdasarkan Pergub Jatim No. 72 tahun 2013, jumlah penghuni rusun dan literatur sebagai dasar perencanaan.

b. Perhitungan Unit IPAL

Sistem unit IPAL yang direncanakan dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem Pengolahan Yang Direncanakan

Unit IPAL yang direncanakan berupa kolam ekualisasi, unit *Constructed wetland*, dan kolam penampungan. Kolam ekualisasi pada pengolahan berfungsi untuk menghomogenkan air limbah dan menjaga air limbah tidak berfluktuasi. Perhitungan desain kolam ekualisasi sebagai berikut:

$$V = (\text{HRT}/24) \times Q \quad (1)$$

Dimana, V = Volum bak ekualisasi (m³)
 HRT = *Hydraulic Retention Time* (jam)
 Q = Debit air limbah

Dimensi unit *constructed wetland* dipengaruhi oleh faktor utama yaitu seberapa besar efisiensi pengolahan yang diinginkan. Efisiensi dipengaruhi oleh faktor utama yaitu waktu tinggal hidraulik (HRT) seberapa lama air limbah berada pada unit *constructed wetland*. Permodelan perhitungan waktu detensi di reaktor *constructed wetland* dengan pendekatan removal BOD/COD [9], persamaan rumus sebagai berikut :

- Efisiensi BOD

$$R_{\text{BOD}} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \quad (2)$$

Dimana: R_{BOD} = Efisiensi pengolahan BOD

C_{in} = Konsentrasi *influent* (mg/L)

C_{out} = Konsentrasi *effluent* (mg/L)

- Waktu detensi pengolahan BOD

$$(\text{BOD}_5)_t = (\text{BOD}_5)_0 \cdot e^{-0.697 t} \quad (3)$$

Dimana: (BOD)_t = Konsentrasi BOD akhir (mg/l)

(BOD)₀ = Konsentrasi BOD awal (mg/l)

td = waktu tinggal (hari)

- Efisiensi pengolahan COD

$$R_{\text{COD}} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \quad (4)$$

Dimana: R_{COD} = Efisiensi pengolahan COD

C_{in} = Konsentrasi *influent* (mg/L)

C_{out} = Konsentrasi *effluent* (mg/L)

- Waktu detensi pengolahan COD

$$COD_t = COD_0 \cdot e^{-0.6401 t} \quad (5)$$

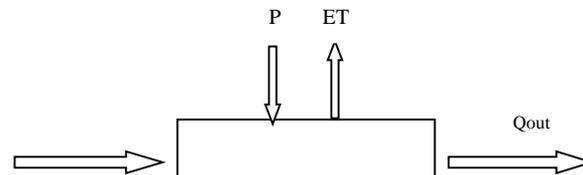
Dimana: $(COD)_t$ = Konsentrasi COD akhir (mg/l)

$(COD)_0$ = Konsentrasi COD awal (mg/l)

t_d = waktu tinggal (hari)

c. Perhitungan Water Balance

Pada unit *Subsurface Constructed Wetland* di pengaruhi proses evapotranspirasi dan presipitasi. Proses evapotranspirasi (ET) mengakibatkan berkurangnya kuantitas air, hal ini dikarenakan tanaman memerlukan air dalam jumlah tertentu untuk reaksi *photosynthesis*. Sedangkan proses presipitasi (P) merupakan bertambahnya kuantitas air akibat pengaruh dari curah hujan. Besarnya nilai air limbah yang keluar di hitung berdasarkan rumus keseimbangan air [10], dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema water balance

$$Q_o = Q_i + (P-ET) / A \quad (6)$$

Dimana ;

Q_o = Output air limbah (m³/hari)

Q_i = Input air limbah (m³/hari)

P = Nilai presipitasi (mm/hari)

ET = Nilai Evapotranspirasi (mm/hari)

A = Luas Area (m²)

d. Perhitungan Kehilangan Tekan

- Perhitungan *headloss* karena dihitung menggunakan rumus modifikasi *Hazen-William*, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$hf = \left[\frac{Q}{0,00155 \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} L \quad (7)$$

Dimana: hf = headloss (m)

Q = debit (m³/s)

C = koefisien kekasaran

L = panjang pipa (m)

- *Headloss* pada aksesoris dihitung menggunakan rumus *Hazen-William*, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$hf = K \left[\frac{kv^2}{2g} \right] \quad (8)$$

Dimana:

H_f = headloss (m)

K = jumlah aksesoris

v = kecepatan di dalam aksesoris (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

- Headloss pada media *SSFCW* dihitung dengan rumus Darcy sebagai berikut:

$$hf = \frac{Q \cdot As}{K \cdot h \cdot W^2} \quad (9)$$

Dimana:

hf = headloss (m)

Q = debit (m³/s)

As = Permukaan *constructed wetland* (m²)

K = konduktifitas hidraulik (m/d)

W = lebar *constructed wetland* (m)

h = kedalaman muka air (m)

- Perhitungan *headloss* karena kecepatan aliran di unit pengolahan dapat ditentukan berdasarkan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut:

$$hf = f \left[\frac{Lv^2}{D \cdot 2g} \right] \quad (10)$$

Dimana : hf = Kehilangan tekanan (m)

f = koefisien

$$f = 1.5 \left(0.01989 + \left(\frac{0.0005078}{4R} \right) \right)$$

L = panjang pipa (m)

V = kecepatan aliran (m/v)

D = Diameter pipa (m)

4. Hasil Dan Pembahasan

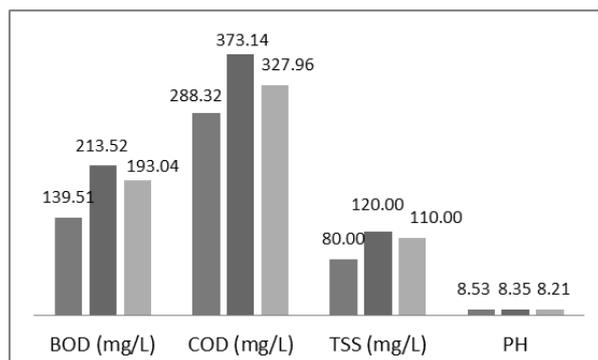
A. Kualitas Air Limbah

Kualitas air limbah *grey water* di Rusunawa Grudo Surabaya diambil dari pipa effluen limbah dari rumah susun pada tanggal 10 maret, 17 maret dan 24 maret 2016 dan masing-masing diambil pada pukul 06.30 wib – 08.00 wib. Teknik sampling yang dilakukan yaitu dengan metode grab sampling dan pengumpulan sampel secara '*composite*' yang merupakan campuran dari beberapa sampel. Pengujian sampel dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan. Berdasarkan hasil sampling digunakan data untuk perencanaan pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik air limbah

Parameter	Satuan	Nilai (<i>Influen</i>)			Rata-rata	Baku Mutu
BOD	mg/L	139.51	213.52	193.04	182.02	30
COD	mg/L	288.32	373.14	327.96	329.81	50
TSS	mg/L	80.00	120.00	110.00	103.33	50
PH	-	8.53	8.35	8.21	8.36	6 - 9

Data perbandingan karakteristik limbah *grey water* dapat ditampilkan dalam grafik pada Gambar 3 berikut.

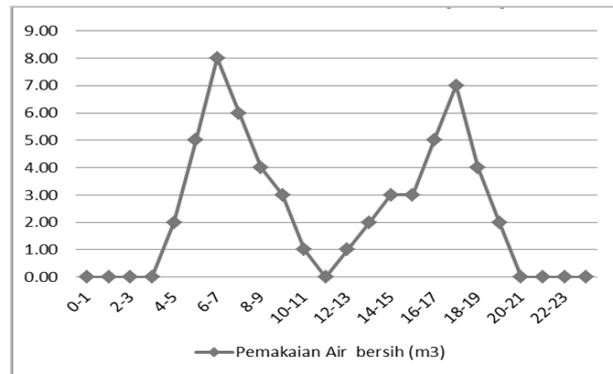


Gambar 3. Karakteristik limbah *grey water*

Berdasarkan hasil analisa di atas, data yang digunakan untuk perencanaan sebagai berikut:
 TSS = 103.33 mg/L ; COD = 329.81 mg/L dan BOD = 182.02 mg/L

B. Kuantitas Air Limbah

Kuantitas air limbah domestik didasarkan dari penggunaan air bersih warga rusunawa. Pemakaian air PDAM diketahui dari analisa meteran induk PDAM rusunawa selama 24 jam. Hasil dari pengumpulan data kuantitas air bersih didapatkan pemakaian air PDAM sebesar 56 m³/hari. Berikut fluktuasi pemakaian air air di rusunawa Grudo Surabaya pada gambar 4.



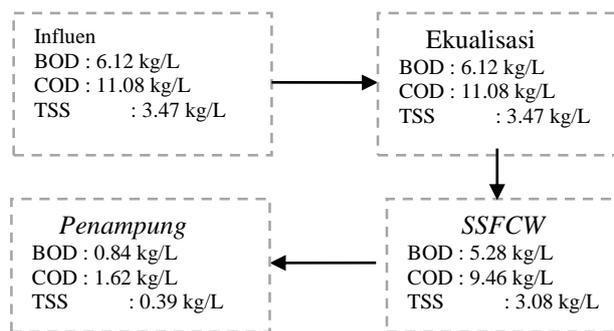
Gambar 4. Fluktuasi pemakaian air bersih

Pada perencanaan ini diterapkan 80% merupakan angka persentase untuk menentukan air limbah dari proses harian penggunaan air bersih warga rusunawa. Hal ini disesuaikan dengan literatur bahwa debit air limbah dapat perkiraan mencapai 80% kebutuhan air bersih pada perumahan [11]. Sehingga diketahui debit air limbah harian sebesar 44.8 m³/hari. Untuk limbah *grey water* diperkirakan 50-80% dari total air limbah perumahan [12]. Oleh karena itu dalam perencanaan ini diterapkan 75% limbah *grey water* dari total air limbah domestik. Di peroleh total debit air limbah *grey water* rusunawa Grudo sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{grey\ water} &= Q_{limbah\ total} \times 75\% \\
 &= 44.8\ m^3/hari \times 75\% \\
 &= 33.6\ m^3/hari
 \end{aligned}$$

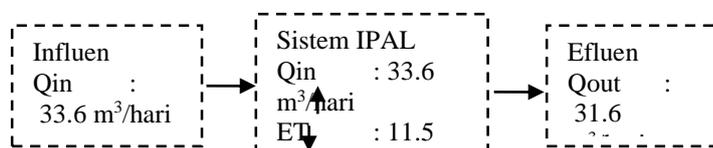
C. Kesetimbangan Massa

Penentuan kesetimbangan massa diperlukan untuk menentukan arah massa yang terbebaskan akibat proses pengolahan air limbah *grey water* dalam IPAL *Subsurface Flow Constructed Wetland*. Adanya kesetimbangan massa juga berfungsi untuk menentukan sistem operasi dan pemeliharaan instalasi pengolahan. *Massa balance* IPAL *Subsurface Flow Constructed Wetland* pada gambar 5.



Gambar 5. *Massa balance* polutan dalam sistem IPAL

Sesuai dengan diagram alir diatas dijelaskan bahwa penyisihan removal polutan terjadi hanya pada sistem *Constructed wetland* dengan efisiensi removal sebesar BOD 86%, COD 85% dan TSS 88% . Konsentrasi efluen yang dihasilkan sebesar BOD 25 mg/L, COD 48 mg/L dan TSS 17 mg/L. Sedangkan kesetimbangan massa air akibat pengaruh presipitasi dan evapotranspirasi dihitung dengan rumus pada persamaan, ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Kesetimbangan massa air

Berdasarkan diagram alir *water balance* diatas dijelaskan bahwa nilai Evapotranspirasi didapatkan dari hasil penelitian dengan *Cyperus alternifolius* disesuaikan dengan temperatur kota Surabaya sekitar 32°C [5]. Temperatur tersebut, disesuaikan dengan grafik nilai evapotranspirasi berdasarkan penelitian sebesar 24 mm/hari [13]. Sedangkan nilai Presipitasi merupakan hasil perhitungan dari data curah hujan Kota Surabaya sebesar 20 mm/hari. Perhitungan tersebut sebagai berikut:

$$\text{Evapotranspirasi (ET}_{\text{CYP}}) = \frac{24 \text{ mm}}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \times 480 \text{ m}^2$$

$$= 11.52 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Presipitasi (P)} = \frac{20 \text{ mm}}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} \times 480 \text{ m}^2$$

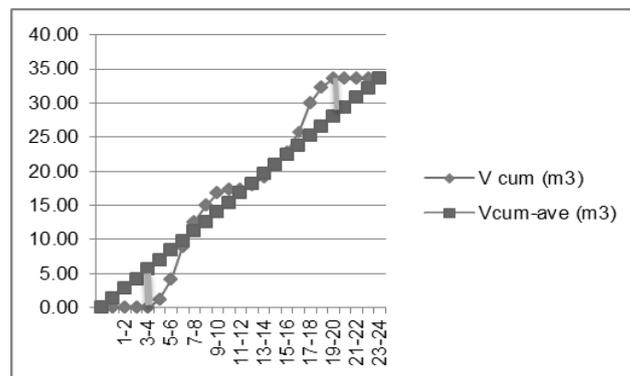
$$= 9.6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

D. Perencanaan Unit-unit Pengolah Air Limbah

Perencanaan IPAL terdiri atas bak ekualisasi, bangunan *Subsurface Flow Constructed Wetland*, bak penampung akhir, dan sistem perpipaan.

1. Perencanaan Bak Ekualisasi

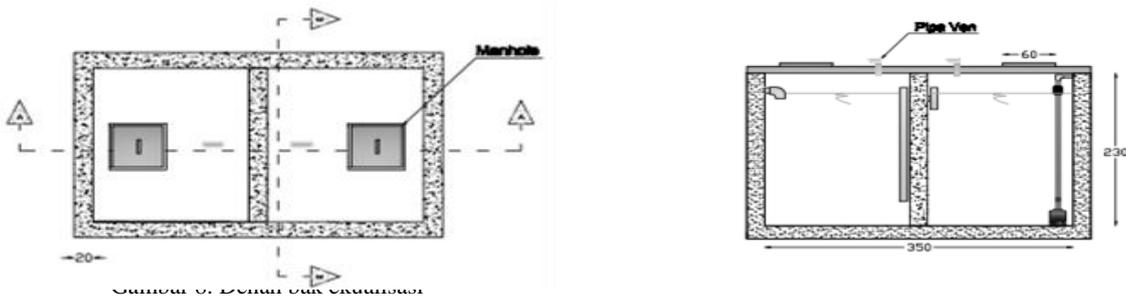
Bak ekualisasi difungsikan sebagai bak penampung awal untuk menjaga kuantitas debit air limbah yang masuk. Debit atau aliran dan konsentrasi limbah yang fluktuatif akan disamakan debit dan konsentrasinya dalam bak ekualisasi, sehingga memberikan kondisi optimum pada pengolahan selanjutnya. Unit ini direncanakan berbentuk persegi panjang dan pengaliran dari bak ekualisasi ke unit berikutnya (SSFCW) dengan pemompaan agar beban air limbah merata. Perhitungan bak ekualisasi diperoleh dari volume kumulatif dari selisih titik kritis. Nilai untuk titik kritis maksimum adalah 5.8 dan titik kritis minimum adalah -5.8. Berikut grafik bak ekualisasi pada gambar 7.



Gambar 7. Volume Kumulatif bak ekualisasi

- Dimensi Kolam Ekualisasi :
 - Volume efektif = 11.6 m³
 - H rencana = 2 m
 - Luas = 5.8 m²
 - Freboard = 0,3 m
 - Panjang efektif = 3.5 m
 - Lebar efektif = 2 m
- Spesifikasi pompa:
 - Merek : UNILIFT CC5
 - Tipe : M - 1
 - Daya : 0.214 kWt
 - Debit (flow) : 2.178 m³/h
 - Total Head : 2.84 m (5 m max)

Desain unit kolam Ekualisasi dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9 sebagai berikut.



Gambar 9. Potongan bak ekualisasi

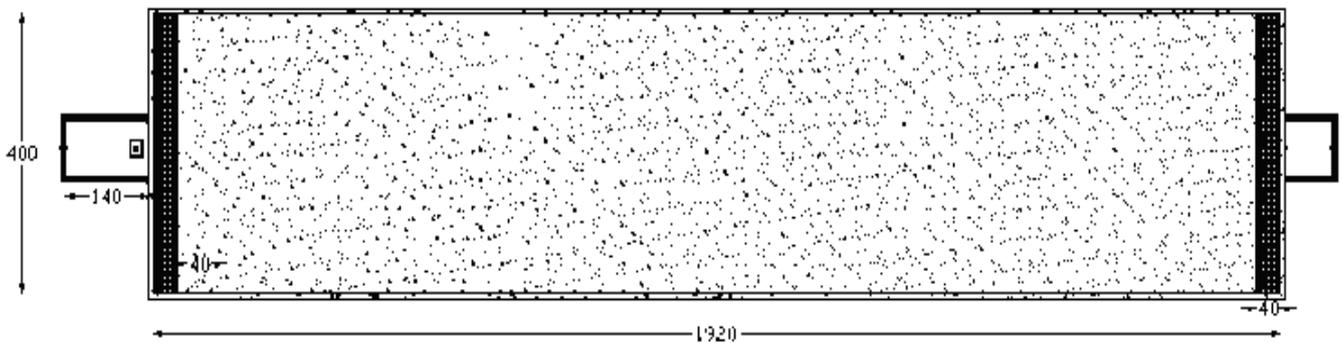
2. Perencanaan Unit Subsurface Flow Constructed Wetland

Unit *Subsurface Flow Constructed Wetland* (SSFCW) direncanakan berbentuk persegi panjang dan terbagi atas beberapa kompartmen. Pembagian kompartmen bertujuan untuk meratakan persebaran air dan memudahkan dalam perawatan unit SSFCW. Waktu detensi (HRT) di unit SSFCW selama 3 hari. Tanaman yang digunakan pada unit adalah *Cyperus alternifolius* dengan kerapatan penanaman dalam 1 m² terdapat 1 rumpun (10-20 stems). Media yang digunakan pada unit ini terdiri dari *Medium sand* yang digunakan sebagai media melekatnya akar yang tercelup air limbah dan media *gravel* sebagai penyangga dibagian inlet dan outlet.

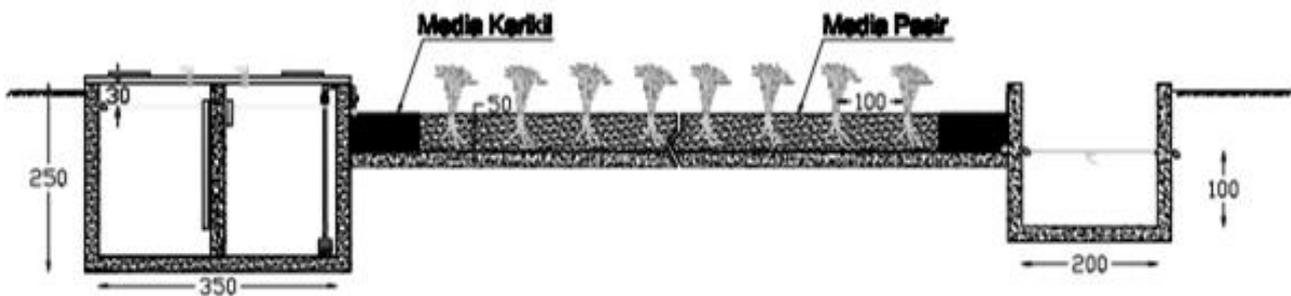
Berdasarkan perhitungan teoritis diperoleh spesifikasi unit SSFCW sebagai berikut:

- P bangunan efektif : 48 m
- L bangunan efektif : 10 m
- Kedalaman air : 1 m
- Freeboard : 0,5 m
- Volume media : 240 m³
- Area surface : 480 m²
- HLR (*hidrolic loading rate*) : 0.07 m³/ m². hari
- BOD loading rate : 12.75 g/m². hari

Desain unit SSFCW dapat dilihat pada gambar 10 dan gambar 11 sebagai berikut.



Gambar 10. Denah SSFCW



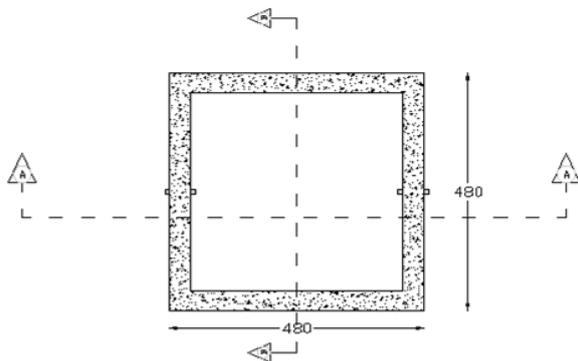
Gambar 11. Potongan SSFCW

3. Perencanaan Unit Kolam Penampung

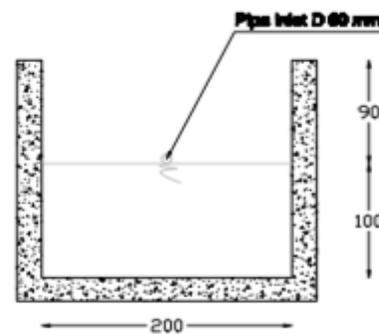
Unit bak penampung digunakan untuk menampung air olahan dari SSFCW sebelum dibuang ke badan air. Kola mini mempermudah proses operasi dan pemeliharaan khususnya pada proses pengambilan sampel efluen air limbah untuk diuji konsentrasinya disesuaikan dengan baku mutu yang ada.. Maka, diperoleh dimensi kolam penampung sebagai berikut:

- Volume efektif : 4.2 m³
- Luas Efektif : 4.2 m²
- Kedalaman air : 1 m
- Panjang unit : 2 m
- Lebar unit : 2 m
- Freeboard : 0,5 m
- Tebal dinding : 0.2 m

Desain unit SSFCW dapat dilihat pada Gambar 12, dan Gambar 13 sebagai berikut.



Gambar 12. Denah Kolam Penampung



Gambar 13. Potongan Kolam Penampung

4. Perencanaan Sistem Pengaliran dan Profil Hidrolis

Sistem pengaliran antar unit menggunakan sistem saluran tertutup berupa pipa. Penentuan dimensi pipa ditentukan berdasarkan nilai headloss serendah mungkin namun dengan diameter pipa yang tidak terlalu besar, supaya tidak diperlukan nilai slope yang tinggi pada pipa dan mendapatkan pipa dengan harga seefisien mungkin. Perhitungan headloss meliputi perhitungan headloss mayor dan minor pada sistem IPAL. Adapun perhitungan seluruh headloss dalam sistem IPAL ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan headloss pada sistem IPAL

No	Unit	Hf
1	Kolam Ekualisasi	0,0482 m
2	SSFCW	0,0687 m
3	Kolam Penampung	0,0307 m

5. Operasional dan Maintenance Teknis IPAL

Pengoperasian dan *maintanance* IPAL dapat dilakukan dengan beberapa perlakuan yang mendukung sistem IPAL tetap berjalan yaitu:

- a) Bak Ekualisasi :
 1. Limbah dikumpulkan di kolam ekualisasi.
 2. Bak dengan pompa *Submersible* utama dan cadangan.
 3. Pompa dijalankan secara bergantian selama 24 jam
 4. Dilakukan pengecekan dan pembersihan pada *propeller*
 5. Arus listrik dalam kondisi mati atau terputus saat dilakukan pembersihan
 6. Bak ekualisasi sebaiknya dikuras minimal 2 bulan sekali
- b) IPAL *Constrcuted wetland*
 1. Vegetasi yang memiliki nilai estetika
 2. Pemanenan tanaman *Cyperus* selama 7 bulan sekali
 3. Pemanenan akan dilakukan dengan pembagian area
 4. Pengendapan pada media, akan dilakukan penggantian media yang baru

5. Air olahan dapat dimanfaatkan dan memenuhi baku mutu
- c) Kolam Penampung
1. Pengecekan luaran efluen air limbah untuk mengindikasikan terjadinya pengendapan
 2. Pengecekan kualitas air limbah setiap 1 bulan sekali
 3. Sebaiknya dilakukan pengurusan kolam penampung 6 bulan sekali

6. Rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) digunakan untuk menentukan jumlah investasi yang diperlukan untuk pembangunan IPAL. Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan volume pekerjaan dan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2015 dikalikan volume pekerjaan. Hasil perhitungan RAB ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. RAB IPAL

No	Uraian Pekerjaan	Harga Pekerjaan
1	Pembersihan lapangan dan Peralatan Tanaman	Rp 79,679,352
2	Pekerjaan Penggalian Tanah	Rp 49,391,719
3	Pekerjaan Pengurugan pasir dengan pemadatan	Rp 9,951,900
4	Pekerjaan beton K-225	Rp 152,053,309
5	Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (Polos / Ulir)	Rp 1,887,785
6	Pekerjaan bekisting dinding	Rp 49,323,548
7	Pekerjaan bekisting lantai	Rp 37,107,248
8	Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg besi + bekisting)	Rp 1,084,562
9	Pekerjaan pengurugan tanah kembali	Rp 621,165
10	Pekerjaan pengurugan pasir, kerikil, dan tanaman pada SSFCW	Rp 21,857,975
11	Pompa, Pipa, Aksesoris	Rp 9,100,460
Total Biaya		Rp 412.059.022

5. Kesimpulan

Dari studi perencanaan dan desain IPAL di Rusunawa Grudo ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. IPAL *Constructed wetland* mampu mengolah limbah domestik *grey water* dengan nilai konsentrasi BOD sebesar 25 mg/l, COD sebesar 48.35 mg/L dan TSS 11.72 mg/L. Didapatkan desain unit ekualisasi memiliki luas bangunan sebesar 5.8 m², unit IPAL *Constructed wetland* luasnya 480 m², dan kolam penampung memiliki luas bangunan sebesar 4.2 m².
2. Terdapat Pedoman Operasional dan *Maintenance IPAL Constructed Wetland*
3. Anggaran biaya yang dibutuhkan untuk mewujudkan unit IPAL adalah sebesar Rp. 412.059.022,-

Daftar Pustaka

- [1] BLH, "Kualitas Air Surabaya Mengalami Penurunan," 2010. [Online]. Available: <http://ih.surabaya.go.id/web/blh/?c=main&m=detail.&iid=35>.
- [2] BLH, "Buku Data Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah (SLDH) Kota Surabaya tahun 2013," 2013.
- [3] R. Crites and G. Tchobanoglous, *Small and Decentralized Wastewater Management Systems: Wetlands and Aquatic Treatment Systems*. Singapore: Mc Graw- Hill, 1998.
- [4] W. Li, F and R. K., Otterpohl, "Review of the Tecnology Approach for Grey Water Treatment and Reuse," *Sci. Total Environ.*, vol. 407, pp. 3439–2449, 2009.
- [5] Presiden Republik Indonesia, "Peraturan perundang-undangan Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan," 2009.
- [6] W. Gunawan and Suswati, "Pengolahan Limbah Domestik Dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands)," *Indones. Green Technol.*, vol. 2, 2013.
- [7] Heskett and Bartholomew, "Constructed wetland," 2001. [Online]. Available: <http://www.epa.gov/-owow/wetland.com>.
- [8] I. D. A. A. Tangahu, B.V Warmadewanthi, "Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (*Typha Angustifolia*) dalam Sistem Constructed Wetland," *Purifikasi*, vol. 2, no. 3, 2001.

- [9] Supradata, "Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius* Dalam sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan," Universitas Diponegoro, 2005.
- [10] C. Leto, "Effects of plant species in a horizontal subsurface flow constructed wetland-phytoremediation of treated urban wastewater with *Cyperus alternifolius* and *Typa Latifolia L.* in the West of Sicily (Italy)," Palermo, 2013.
- [11] Tchobanoglous, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition*. New York: Mc. Graw Hill, 2003.
- [12] L. Laurence K, *Guidelines for the Reuse of Gray Water*. State Of Hawaii: Departemen of Health Wastewater Branch, 2009.
- [13] Tuttolomondo, "Effect of plant species on water balance in a pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetland planted with *Arundo donax L* and *Cyperus alternifolius L.*," Palermo, 2014.

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

- [14] <http://www.accuweather.com/id/id/surabaya/203449/current-weather/203449>