

PENGOLAHAN *GREY WATER* DENGAN TEKNOLOGI HYBRID CONSTRUCTED WETLAND SEBAGAI UPAYA DALAM PENGELOLAAN KUALITAS AIR

Anita Rahmawati¹, Eko Noerhayati²,

¹Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail: anita.rahmawati@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,
e-mail: eko.noerhayati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Banyaknya penduduk di provinsi Jawa timur Indonesia tiap tahun semakin meningkat sehingga menghasilkan *grey water* yang tinggi dan membutuhkan teknologi pengolahan limbah yang baik dan ramah lingkungan. *Constructed Wetland* merupakan teknologi yang tepat guna dan efisien dalam perencanaan maupun pengoperasian sistem pengolahan air limbah rumah tangga, serta mempunyai nilai estetik sebagai nilai tambah. *Constructed Wetland* menggunakan tipe aliran *vertical subsurface flow system* dengan media filtrasi tanah, pasir dan batu ziolit. Serta menggunakan *Equisetum Hyemale* sebagai tanaman fitoremediasi. *Constructed Wetland* ini diproyeksikan sampai dengan tahun 2035 dengan sumber limbah yang berasal dari Perumahan Taman Candiloka sebanyak 417,67 m³/hari. Karakteristik limbah pada *Influen* adalah BOD_{in} = 62 mg/L, COD_{in} = 106 mg/L, TSS_{in} = 174,66 mg/L, pH = 8,6, Suhu = 27,6°. Unit yang di rencanakan adalah bak pengumpul, *Constructed Wetland* dan bak indikator. Selain itu di rencanakan pula RTH sebagai nilai tambah dari segi estetika dan fungsi *Constructed Wetland*. Dimensi *Constructed Wetland* yang dihasilkan pada perencanaan ini 125 m x 14 m x 1 m dan kualitas *grey water* pada *effluen* adalah BOD_{ef} = 27, 27 mg/L, COD_{ef} = 26,5 mg/L, TSS_{ef} = 23,17 mg/L. Sesuai dengan Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Desain taman menggunakan desain arsitektur Lanskap dengan fasilitas seperti lapangan, jalan terapi, rute *jogging*, area santai dan area bermain untuk anak-anak.

Kata Kunci: BOD, COD, *Constructed Wetland*, *Grey Water*, TS

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Menurut data BPS Kabupaten Sidoarjo tahun 2017, jumlah penduduk di Desa Ngampelsari Kecamatan Candi yaitu berjumlah 7.459 jiwa dan terbagi menjadi 1958 KK (Badan Pusat Statistik 2018). Pada tahun tersebut, 2759 jiwa diantaranya merupakan penghuni Perumahan Taman Candiloka. Jumlah penduduk yang padat pada daerah tersebut mengakibatkan kuantitas *Grey Water* yang dihasilkan dari aktifitas sehari-hari pastinya akan semakin tinggi dan menyebabkan kebutuhan air bersih juga tinggi. *Grey Water* yaitu limbah yang bersumber dari air bekas cuci piring, cuci pakaian, dan air bekas mandi. Sehingga dibutuhkan adanya suatu teknologi pengolahan air limbah domestik khususnya *Grey Water*.

Constructed Wetland atau lahan buatan. Menurut (Puja et.al.2014) merupakan proses pengolahan limbah yang meniru/ aplikasi dari proses penjernihan air yang terjadi di lahan basah/ rawa (*wetlands*), dimana tumbuhan air (*Hydrophita*) yang tumbuh di daerah tersebut memegang peranan penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alamiah (*self purification*). Selain untuk mengolah *Grey water*, *constructed wetland* juga akan difungsikan sebagai ikon taman yang akan menambah nilai estetik atau keindahan lokasi. Dalam hal ini desain taman akan menggunakan aplikasi *AutoCad* dan *Sketchup* untuk desain taman yang akan dibuat.

Pada perencanaan ini akan menggunakan tanaman air yang sebagai media. Hasil penelitian sebelumnya oleh (Sari 2013) terbukti bahwa *fitoremediasi* dengan tanaman bambu air (*Equisetum Hyemale*) berhasil menurunkan kadar COD pada air limbah laboratorium Fakultas Kesehatan UDINUS dengan prosentase sebesar 73,04% pada pengamatan ke 21 hari, 78,69% pada pengamatan ke 28 hari, 86,09 % pada pengamatan ke 35 hari. Pada Bambu Air (*Equisetum Hyemale*) mampu menyisihkan kadar BOD sebesar 90,34 % sedangkan untuk kadar COD terjadi efisiensi sebesar 89,67%. Dari parameter tersebut maka di pilih tanaman *Equisetum Hyemale* sebagai tanaman fitoremediasi pada *system Sub Surface Flow*.

Rumusan Masalah

1. Apa tipe *Constructed Wetland* yang tepat untuk pengolahan *Grey Water* di Perumahan Taman Candiloka Kabupaten Sidoarjo?
2. Berapa besar efisiensi *removal* (kadar penyisihan parameter BOD, COD, TSS, Suhu, pH,) dalam pengolahan *Grey Water* di Perumahan Taman Candiloka Kabupaten Sidoarjo?
3. Berapa dimensi desain *Constructed Wetland* sebagai unit yang terintegrasi bagi penduduk di Perumahan Taman Candiloka Kabupaten Sidoarjo?
4. Bagaimana konsep desain ruang terbuka hijau/taman yang sesuai dengan fungsi lain *Constructed Wetland* di Perumahan Taman Candiloka Kabupaten Sidoarjo?

Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui tipe *Constructed Wetland* yang tepat untuk pengolahan *Grey Water* di Perumahan Taman Candiloka Kabupaten Sidoarjo..
2. Mengetahui besar *removal* (kadar penyisihan parameter BOD, COD, TSS, Suhu, pH) dalam pengolahan *Grey Water* di Perumahan Taman Candiloka Kabupaten Sidoarjo.
3. Mengetahui dimensi rencana *Constructed Wetland*..
4. Mengetahui konsep desain ruang terbuka hijau/taman yang sesuai dengan fungsi lain *Constructed Wetland* di Perumahan Taman Candiloka Kabupaten Sidoarjo.

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Dapat menyediakan teknologi yang tepat guna dan efisien untuk pengolahan limbah *grey water* di Perumahan Taman Candiloka..
2. Dapat mengurangi beban pencemar pada *Grey Water* yang ada di Perumahan Taman Candiloka.
3. Dapat menjadi bahan referensi untuk penelitian dikemudian hari.

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Air limbah domestik dibagi menjadi 2 yaitu *grey water* dan *black water*. *Grey water* merupakan limbah yang bersumber dari kegiatan cuci piring, bekas mandi, cuci pakaian dan kegiatan toilet lainnya kecuali tinja, *urinoir*, dan *bidet*, sedangkan *black water* merupakan limbah yang berasal dari kegiatan toilet seperti tinja dan urin..

Constructed wetland merupakan proses pengolahan limbah yang meniru dari proses penjernihan air pada lahan basah (*Wetland*) dengan menggunakan tanaman fitoremediasi dan media filtrasi.

Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk merupakan perhitungan untuk memprediksi banyaknya populasi penduduk pada tahun yang direncanakan. .

- Metode Geometri

$$P_t = P_0 (1 + r)^t \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

P_t = Jumlah penduduk tahun ke t (jiwa)

P_0 = Jumlah penduduk tahun ke 0 (jiwa)

r = Laju pertumbuhan penduduk (%/tahun)

t = Rentang waktu antara P_0 dan P_t (tahun)

Perencanaan *Constructed Wetland*

Constructed wetland mempunyai 2 tipe, yaitu tipe aliran atas (*Free water surface flow*) dan tipe aliran bawah (*Subsurface water flow*).

Untuk perhitungan digunakan rumus dibawah ini :

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-Kt - td} \quad (2)$$

$$K_T = K_{20} (1,1)^{T-20} \quad (3)$$

$$td = \frac{-\ln(\frac{C_e}{C_o})}{Kt} \quad (4)$$

$$As = d \cdot W = \frac{Q}{KtS} \quad (5)$$

$$L = \frac{td \cdot Q}{W \cdot d \cdot \alpha} \quad (6)$$

$$As = L \cdot W \quad (7)$$

Keterangan:

- Q = debit rata-rata (m³/hari)
 As = luas permukaan (m²)
 T = suhu (°C)
 Ks = konduktivitas *hidrolik* (m/hari)
 α = porositas media (desimal)
 K₂₀ = koefisien standar pada suhu 20° C (perhari)
 Co = konsentrasi BOD *influen* (mg/L)
 Ce = konsentrasi BOD *efluen* (mg/L)
 S = *Slope* media

Baku Mutu Air Limbah

Baku mutu air limbah diambil dari Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya

Tabel 1 Baku Mutu Air Limbah.

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
BOD	30
COD	50
TSS	50
Minyak dan Lemak	10
pH ;	6-8

Sumber: Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya

Desain Taman/Ruang Terbuka Hijau

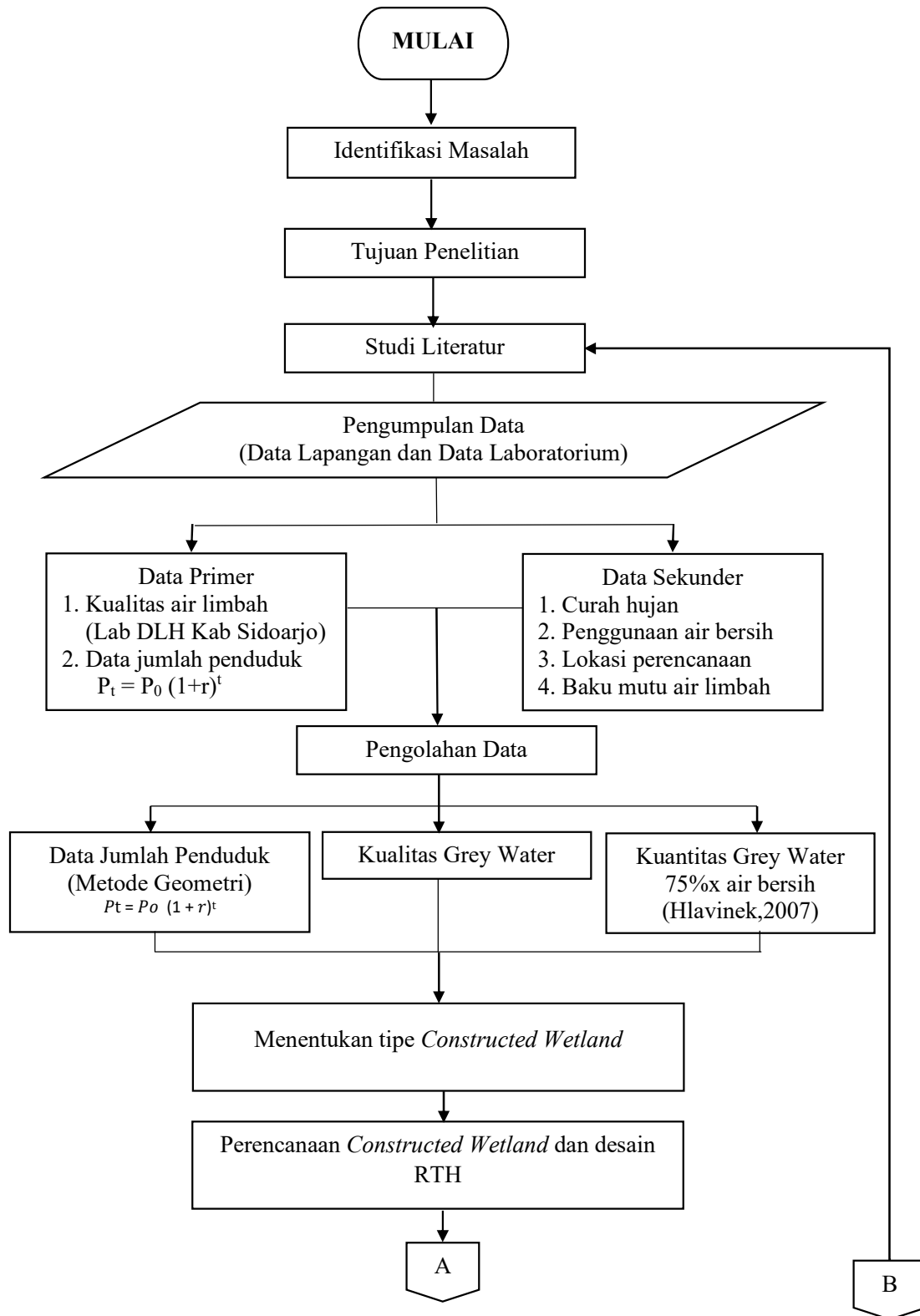
Ruang terbuka hijau/taman merupakan salah satu fungsi lain dari *Constructed wetland*. Menurut (Santoso 2010), desain adalah proses pengorganisasian beberapa unsur, yaitu unsur garis, bentuk, warna, tekstur, ukuran bunyi, cahaya, bau, dan unsur lainnya sehingga melahirkan suatu hasil karya seni tertentu

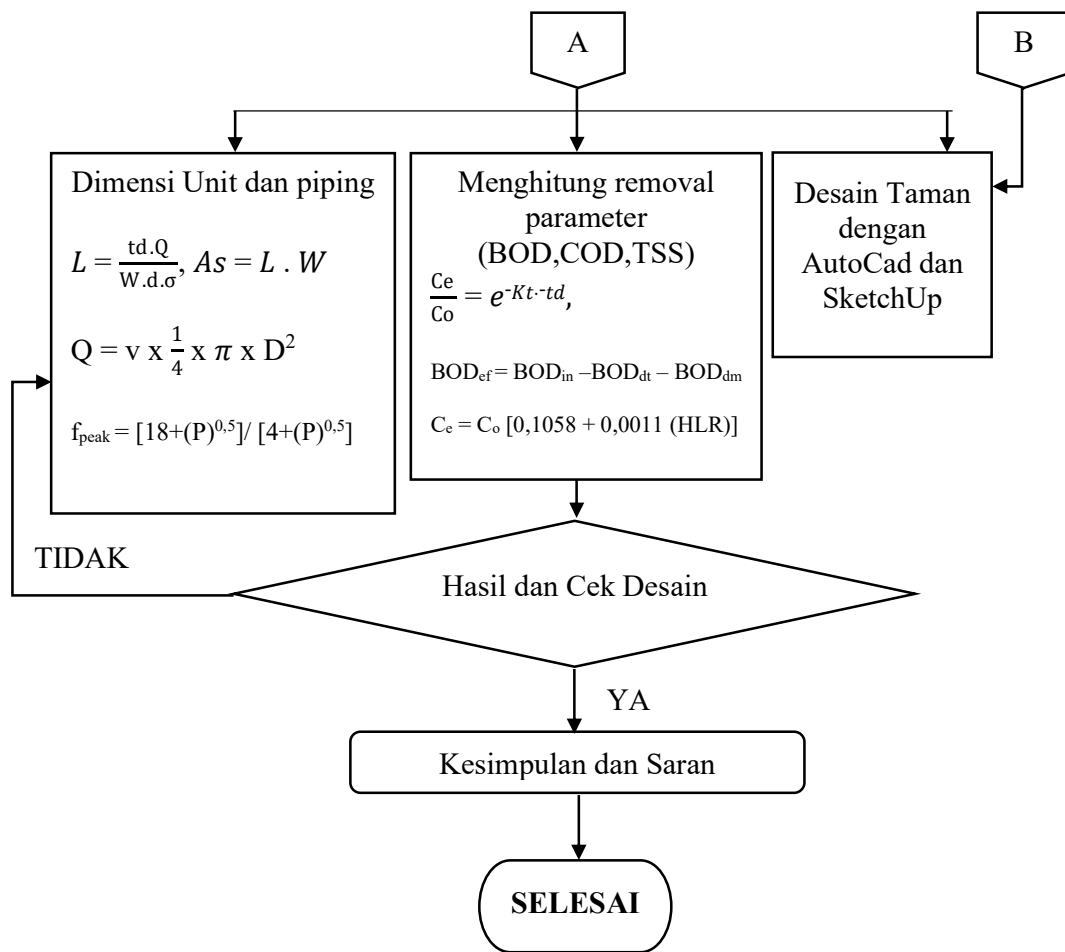
Software SketchUp

Menurut darmawan dalam (Putra dan Nadiar 2020) *Sketchup* merupakan *software* yang menghasilkan gambar grafik tiga dimensi. *Sketchup* memiliki tampilan *tools* yang tidak rumit dan mudah dimengerti.

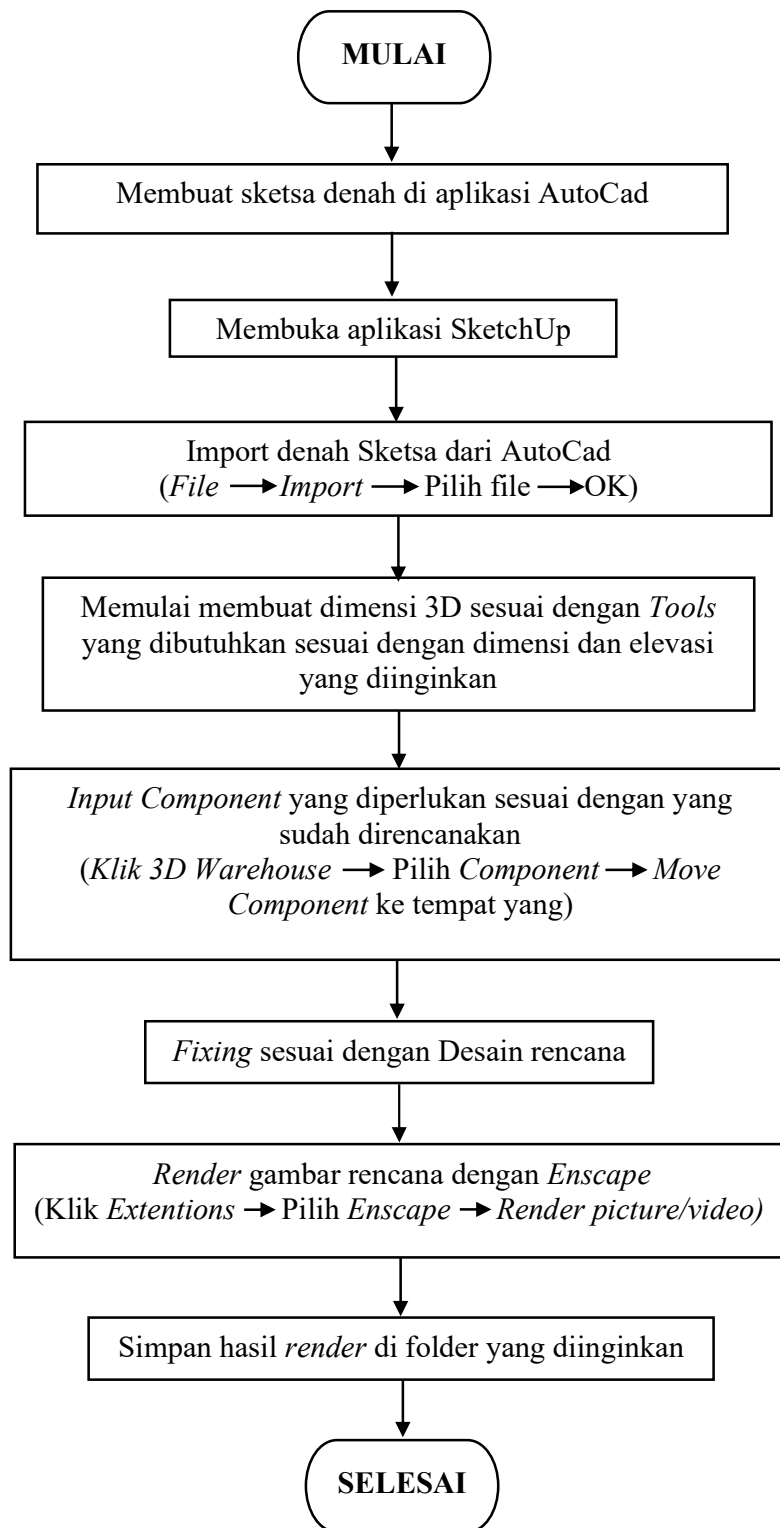
METODE PENELITIAN

Bagan Alir

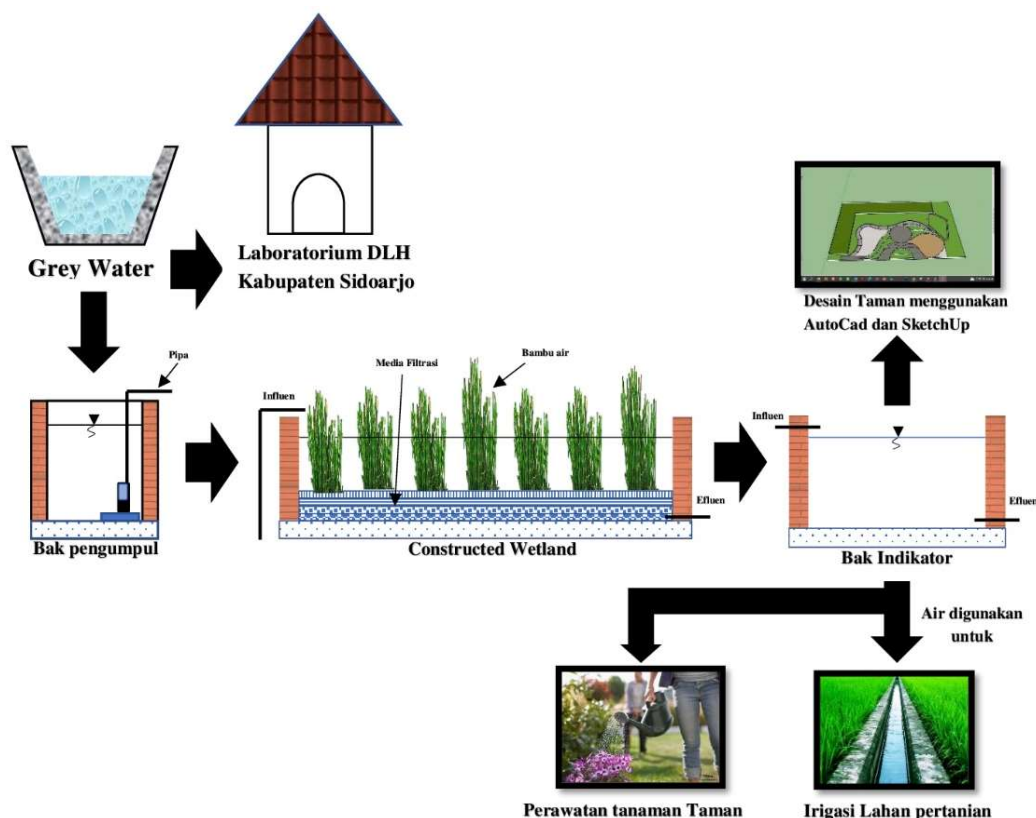




Bagan Alir SketchUp



Lay Out Penelitian



Gambar 2 Lay Out Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penetapan tipe Constructed Wetland

1. Free Water Subsurface Flow (FWS)

Menurut (Apriliya 2016) FWS mempunyai kelebihan antara lain:

- Penerapan sistem ini memerlukan lahan yang cukup luas terutama untuk pengurangan dan penghapusan total nitrogen dan posfor.
- Pengurangan dan penghapusan BOD, total nitrogen, dan fosfor dilakukan secara biologis sehingga sangat bergantung pada kondisi tertentu agar proses tersebut dapat berjalan secara efektif.
- Pada suhu yang rendah reaksi biologis tidak berjalan maksimal.

2. Sub Surface Flow Constructed Wetland (SSF)

- Dapat mengolah limbah domestic, pertanian dan sebagai limbah industry termasuk logam berat
- Efisiensi pengolahan tinggi (80%)
- Biaya perencanaan, pengoprasian dan pemeliharaan tidak membutuhkan biaya dan ketrampilan yang tinggi.

Dari segi efisiensi antara 2 tipe aliran tersebut, berdasarkan hasil penelitian (Putri, Jazuli, dan Dangiran 2016) *Free Water Surface* mampu menurunkan parameter uji menjadi BOD 58,8125 mg/l; COD 160,375mg/l; dan Fosfat 7,545 mg/l dan selisih antara pre dan post untuk BOD adalah 201,438 mg/l; COD 663,563mg/l dan Fosfat 3,285 mg/l sedangkan *Perlakuan SFS* lebih efektif dari FWS dalam penurunan kandungan BOD yaitu SFS 87,22 % dan FWS 74,89 %. *Perlakuan SSF* lebih efektif dari FWS dalam penurunan kandungan COD yaitu SSF 87,81 % dan FWS 76,54 %.

Dari perbandingan tersebut ditentukan bahwa *Constructed Wetland* dengan tipe *Subsurface Flow system* (SSF) dengan arah aliran vertikal merupakan tipe yang tepat untuk pengolahan limbah di lokasi tersebut.

Proyeksi Penduduk

$$P_t = P_0 (1 + r)^t$$

$$P_t = P_0 \times (1 + r)^t$$

$$P_t = 2759 \times (1 + 0,034)^{15}$$

$$= 2759 \times 1,67$$

$$= 4640,57 \sim 4641 \text{ jiwa}$$

Kuantitas Air Limbah

$$Q \text{ Grey Water} = 75\% \times Q \text{ air bersih (Hlavinek dkk. 2007)}$$

$$= 75\% \times 120 \text{ L/orang/hari}$$

$$= 90 \text{ L/orang.hari}$$

Penduduk pada tahun 2035 berjumlah 4641 orang

$$Q \text{ Grey Water pada tahun 2035} = 90 \text{ L/orang/hari} \times 4641$$

$$= 417.670 \text{ L/.hari}$$

$$Q \text{ Grey Water rata-rata (Q}_{ave}) = 417,67 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,0048 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Perencanaan Dimensi

$$f_{peak} = [18 + (P)^{0,5}] / [4 + (P)^{0,5}]$$

$$= [18 + (4641)^{0,5}] / [4 + (4641)^{0,5}]$$

$$= 86,12 / 72,12$$

$$= 1,19$$

$$\text{Debit influen (Q}_{in}) = Q_{ave} \times f_{peak}$$

$$= 417,67 \times 1,19$$

$$= 497,03 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,0058 \text{ m}^3/\text{detik}$$

1. Bak Pengumpul

$$Vol_{bak} = Q \times td \text{ (waktu tinggal)}$$

$$= 0,0058 \times 300$$

$$= 1,74 \text{ m}^3$$

- Panjang bak (P)

$$P = \sqrt{\frac{V}{h}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,74}{1}}$$

$$= 1,32 \text{ m} \sim 1,5 \text{ m}$$

- Lebar Bak (L)

$$L = P \text{ bak}$$

$$= 1,5 \text{ m}$$

- Kedalaman air (H_{air})

$$H_{air} \text{ saat } Q_{peak} = \frac{Q \times td}{As}$$

$$= \frac{0,0058 \times 300}{2,25}$$

$$= 0,78 \text{ m, untuk mengantisipasi di buat } 1 \text{ m}$$

Dihasilkan dimensi 1,5m x 1,5m x 1,3m

2. Dimensi *Constructed Wetland*

- Cross sectional area (Ac)

$$Ac = \frac{Q}{K_s \times s}$$

$$Ac = \frac{417,67 \frac{m^3}{Hari}}{5000 / m^2 \cdot hari \times 0,01}$$

$$= 8,35 m^2$$

- Lebar *Constructed Wetland* (W)

$$W = \frac{Ac}{d}$$

$$W = \frac{8,35}{0,6}$$

$$= 13,92 m \sim 14 m \text{ (disederhanakan)}$$

- Panjang *Constructed Wetland* (L)

$$L = \frac{t \times Q}{W \times d \times \alpha}$$

$$L = \frac{1 \times 417,67}{14 \times 0,6 \times 0,4}$$

$$= 124,3 m \sim 125 m \text{ (disederhanakan)}$$

- Kedalaman

Menyesuaikan tinggi media dan panjang akar yang dipakai, untuk penelitian ini menggunakan tanaman *Equisetum Hyemale* (Bambu air) dan ketebalan filter setebal 0,6m. di tambah tinggi jagaan menjadi 1m. Maka dihasilkan dimensi : lebar 14m, panjang 125m dan tinggi 1m.

3. Bak Indikator

$$Q_{in} = Q_{ave} \text{ efluen } \textit{Constructed Wetland}$$

$$= 351,52 m^3/hari$$

$$= 0,004 m^3/detik$$

- Volume bak (Vol_{bak})

$$Vol_{bak} = Q_{in} \times t_d$$

$$= 0,004 m^3/detik \times 600$$

$$= 2,4 m^3$$

- Panjang bak (P)

$$P = \sqrt{\frac{Vol_{bak}}{2}}$$

$$= \sqrt{\frac{2,4}{2}}$$

$$= 1,09 m \sim 1 m$$

- Lebar bak (L)

$$L = 2 \times P$$

$$= 2 \times 1$$

$$= 2 m$$

- Luas efektif bak (AS_{ef})

$$AS_{ef} = P \times L$$

$$= 1 \times 2$$

$$= 2 m^2$$

- Kedalaman Air (H_{air})

$$H_{air} = \frac{Q_{ave} \times t_d}{AS}$$

$$= \frac{0,004 \times 600}{2}$$

$$= 1,2 m + \text{jagaan } 0,3m$$

Maka dihasilkan dimensi : 2m,x 1m x 1,5m .

Perhitungan Removal Parameter Uji

1. BOD

$$BOD_{dt} = 4,4\% \times 62 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,73 \text{ ml/L} \\
 \text{BOD}_{\text{dm}} &= \text{BOD}_{\text{in}} - \text{BOD}_{\text{ef}} \\
 &= (62 - 30) \text{ mg/L} \\
 &= 32 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD}_{\text{ef}} &= \text{BOD}_{\text{in}} - \text{BOD}_{\text{dt}} - \text{BOD}_{\text{dm}} \\
 &= (62 - 2,73 - 32) \text{ ml/L} \\
 &= 27,27 \text{ mg/L} \sim \mathbf{OK} \\
 \text{Efisiensi Removal BOD} &= \frac{(\text{BOD}_{\text{in}} - \text{BOD}_{\text{e}})}{\text{BOD}_{\text{in}}} \times 100\% \\
 &= \frac{(62 - 27,27)}{62} \times 100\% \\
 &= 56\%
 \end{aligned}$$

2. TSS

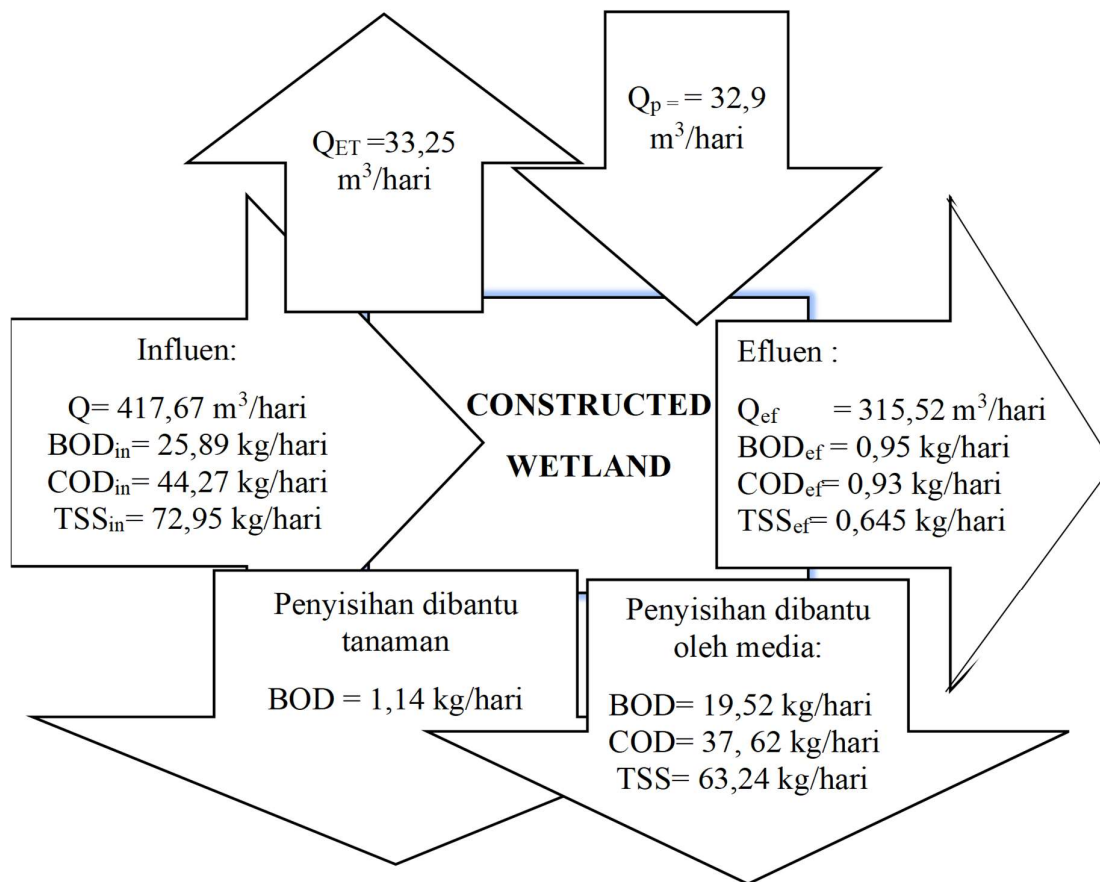
$$\begin{aligned}
 C_e &= C_o [0,1058 + 0,0011 (\text{HLR})] \\
 C_e &= 174,66 [0,1058 + 0,0011(23,9)] \\
 &= 23,17 \text{ mg/L} \sim \mathbf{OK} \\
 \text{Efisiensi Removal TSS} &= \frac{(\text{TSS}_{\text{in}} - \text{TSS}_{\text{e}})}{\text{TSS}_{\text{in}}} \times 100\% \\
 &= \frac{(174,66 - 23,17)}{174,66} \times 100\% = 86,7\%
 \end{aligned}$$

3. COD

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi COD akhir (COD}_{\text{ef}}) &= (100 - 85)\% \times 106 \text{ mg/L} \\
 &= 26,5 \text{ mg/L} \sim \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Mengacu pada penelitian terdahulu yaitu (Akratos dan Tsihrintzis 2007) tentang kinerja *Constructed Wetland* yang baik mempunyai nilai efisiensi *removal* sebesar $\pm 85\%$.

Kesetimbangan Massa



Gambar 3 Massa balance Constructed Wetland

Desain Taman

1. Konsep

Taman ini akan dibuat menggunakan desain arsitektur lanskap. Pemilihan konsep arsitekturnya ini dipengaruhi oleh rencana pengolahan tapak yang mempunyai bidang lokasi datar yang di ambil dari nilai dan prinsip desain lanskap. Fasilitas seperti lapangan, jalan terapi, rute *jogging*, area santai dan area bermain untuk anak-anak.

2. Analisa tapak

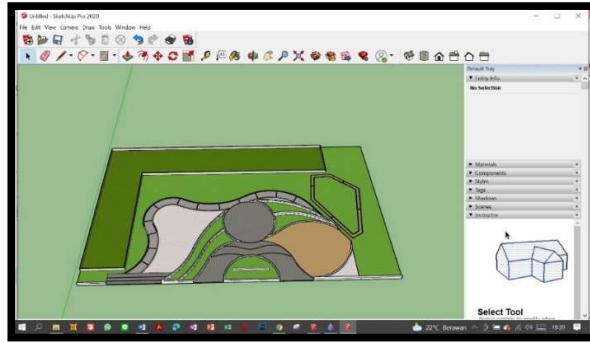
- Lokasi merupakan lahan kosong yang mempunyai luas yang cukup untuk menjadi area terbuka hijau.
- Lokasi di sekitar tapak merupakan perumahan padat penduduk yang membutuhkan area taman untuk sekedar melepas penat atau berolahraga.
- Lokasi tidak jauh dari jalan utama Desa Ngampelsari, sehingga mudah menjangkau.
- Bidang lokasi datar, sehingga mudah melakukan eksplorasi.

3. Desain 3D

Desain 3D ini menggunakan *software SketchUp* dengan Langkah sebagai berikut

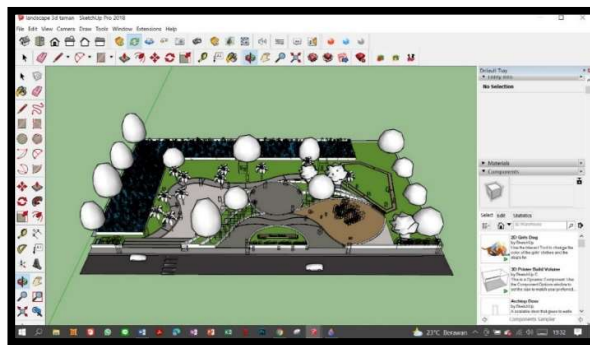
- *Importing* gambar 2D sebagai perencanaan *Constructed Wetland* dan taman dari *AutoCad* ke *Sketchup* sebagai dasar *drawing*

- Pembuatan model landscape dari desain yang sudah ada.



Gambar 4 Pembuatan lanskap *Constructed wetland* dan Taman

- *Adding vegetation* dan pemodelan material



Gambar 5 Proses penambahan komponen taman (Sketchup)

- *Fixing desain* dan *rendering*



Gambar 6 Letak *Constructed wetland* pada taman (Sketchup)

PENUTUP

Kesimpulan

1. Teknologi yang tepat guna dan efisien untuk pengolahan limbah *Grey Water* di Perumahan Taman Candiloka Desa Ngampelsari Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo adalah menggunakan teknologi *Constructed Wetland* dengan tipe aliran *Vertical Subsurface Flow System*.
2. *Constructed Wetland* yang direncanakan mempunyai efisiensi *removal* BOD, COD, TSS sebesar 56%, 85%, 86,7% dan mempunyai berat *removal* pada *efluen* masing masing sebanyak 0,95 Kg/Hari, 0,95 Kg/Hari, 0,645 Kg/Hari.
3. Dimensi unit yang di rencanakan yaitu unit bak pengumpul sebanyak 1 unit dengan dimensi 1,5 m x 1,5 m x 1,3 m., *Constructed Wetland* sebanyak 1 unit dengan dimensi 125 m x 14 m x 1 m, unit bak indikator sebanyak 1 unit dengan dimensi 2 m x 1 m x 1,5 m.
4. Ruang Terbuka Hijau/Taman menggunakan desain arsitektur lanskap dengan konsep taman sebagai penambah nilai estetik *Constructed Wetland*, Perumahan Taman Candiloka. Taman mempunyai nama

“Taman Triloka” dengan fasilitas penunjang fisik (rute *jogging*, lapangan, dll), serta fasilitas untuk bersantai (Gazebo, bangku taman,dll) dan ruang bermain anak-anak.

Saran

1. Perlunya penambahan parameter uji yang dapat direduksi, seperti Posfor , logam besi dll.
2. Perlunya pembahasan lebih lanjut tentang RAB, *BOQ*, dan *SOP* untuk realisasi, sehingga dapat menyesuaikan kondisi keuangan dari pemerintah Desa Ngampelsar

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliya, I. (2016). *Peningkatan Kualitas Limbah Cair Menggunakan Teknologi Lahan Basah Buatan Tipe Aliran Permukaan (Free Water Surface Treatment Wetlands , FWS)*.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Kecamatan Candi Dalam Angka 2018*. BPS Kabupaten Sidoarjo.
- Indonesia, P. R. (2013). Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Putra, E. R., & Nadiar, F. (2020). Literatur Review: Studi Tentang Pengembangan Media 3d Sketchup Pada Materi Proyeksi Perspektif Dengan Menggambar Tampak Rumah Sederhana. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan*, 6(1).
- Santoso, B. B. (2010). *Pengantar Arsitektur Pertamanan*.
- Sari, O. (2013). Penurunan Kadar COD pada Limbah Cair Laboratorium Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro dengan Tanaman Bambu Air. *Semarang: Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Semarang (Skripsi)*.
- Rahmawati, A. (2020). Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk Menghasilkan Air Bersih di Perumahan Green Tombro Kota Malang. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 4(1), 1–8.