TUGAS AKHIR – RE 141581

PENINGKATAN KINERJA IPAL SINGGASANA HOTEL SURABAYA DENGAN SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND*

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, M.T.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

FINAL PROJECT – RE 141581

Singgasana Hotel Surabaya Wastewater Treatment Plant Performance Improvement By Constructed Wetland System

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

SUPERVISOR
Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, M.T.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

HALAMAN PENGESAHAN

PENINGKATAN KINERJA IPAL SINGGASANA HOTEL SURABAYA DENGAN SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Sanitasi dan Fitoteknologi

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

FIRMANDI RIZKIANSYAH

NRP. 3312100063

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, M.T..

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

SURABAYA
12 JUNI 2016

Peningkatan Kinerja IPAL Singgasana Hotel Surabaya Dengan Sitem *Constructed Wetland*

Nama Mahasiswa : Firmandi Rizkiansyah
NRP : 3312100063
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, MT.

ABSTRAK

Usaha perhotelan yang berkembang cepat dan limbah rumah tangga yang semakin berlimpah mengakibatkan timbulnya pencemaran yang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Jawa Timur menilai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Singgasana Hotel Surabaya masih belum berfungsi secara maksimal dikarenakan limbah cair yang keluar masih berwarna hitam dan mengalir ke Kali Surabaya. Timbulnya masalah tersebut mengharuskan pihak pengelola hotel untuk mencari solusi dengan alternatif pengolahan teknologi tepat guna.

Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah sistem lahan basah buatan (*Constructed Wetland)*. Teknologi ini dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS secara signifikan. Kadar pencemar yang terkandung pada limbah cair IPAL Singgasana Hotel Surabaya bisa diketahui secara langsung dengan melakukan sampling kuantitas dan kualitas *effluent*. Hal ini bertujuan untuk melakukan analisa awal dalam menentukan perencanaan desain. Dalam perencanaan ini, jenis tanaman yang akan dipakai adalah *Cattail* (*Typha Angustifolia)* dan *Iris Pseudoacorus,* dengan unit yang akan dihitung meliputi bak ekualisasi, reaktor *Subsurface Flow Constructed Wetland*, pipa *otulet Subsurface Flow Constructed Wetland*, kolam indikator, dan pipa *outlet*.

Hasil perencanaan menunjukkan bahwa dengan menggunakan tanaman *Cattail (Typha Angustifolia)* dan *Iris Pseudoacorus*, kualitas *effluent* IPAL Singgasana Hotel Surabaya sudah memenuhi baku mutu air limbah. Luas lahan yang dibutuhkan dari masing-masing tanaman sebesar 1278 m^2 (*Typha Angustifolia)* dan 1528 m^2 (*Iris Pseudoacorus).*

Kata kunci: Air Limbah, *Cattail* (*Typha Angustifolia)*, *Constructed Wetland*, IPAL, *Iris Pseudoacorus*, Singgasana Hotel Surabaya, *Subsurface Constructed Wetland.*

Singgasana Hotel Surabaya Wastewater Treatment Plant Performance Improvement By Constructed Wetland System

Name of Student : Firmandi Rizkiansyah
NRP : 3312100063
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Dr. Ir. IrwanBagyoSantoso, MT.

ABSTRACT

Hospitality business has been developed rapidly and the increasing of household waste leads to the emergence of pollution which is getting worse year by year. Enviromental agency of East Java hadasessed the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of Singgasana Hotel Surabaya and found out that it still does not work optimally since the liquid waste that comes out is still black and flows to Surabaya river. The emergence of that problem obliges the hotel manager to find the solution including alternative processing of apropriate technology.

One of technology which could be applied is artificial wetland system (Constructed Wetland). This technology could siginificantly decrease the BOD, COD, and TSS level. Pollutant level which is contained in liquid waste of Singgasana Hotel Surabaya WWTP could be identified directly by taking quantity and quality of effluent samples. It aims to obtain an initial analysis to determine the design planning. Cattail (Typha Angustifolia) and Iris Pseudoacorus will be used in this planning, and the unitswhich will be counted are equalisation basin, Subsurface Flow Constructed Wetland reactor, Subsurface Flow Constructed Wetland outlet pipe, indicator tank, and outlet pipe.

The result of this planning indicates the effluent quality of Singgasana Hotel Surabaya WWTP by using Cattail (Typha Angustifolia) and Iris Pseudoacorushas met waste-water standard. The required area for each plant is 1278 m^2 (Typha Angustifolia) and 1528 m^2 (Iris Pseudoacorus).

Keywords: *Waste water, Cattail (Typha Angustifolia), Constructed Wetland, WWTP, Iris Pseudoacorus, Singgasana Hotel Surabaya, Subsurface Constructed Wetland.*

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Halaman Pengesahan v
ABSTRAK vii
Kata Pengantar xi
Daftar Isi xiii
Daftar Gambar xvi
Daftar Tabel xiv
Daftar Lampiran xvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 2
1.4 Ruang Lingkup 2
1.5 Manfaat 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Air Limbah 5
2.1.1 Air Limbah Hotel 5
2.2 Sumber Air Limbah 5
2.2.1 Sumber Air Limbah Hotel 6
2.3 Karakteristik Air Limbah. 7
2.3.1 Karakteristik Air Limbah Hotel 7
2.4 Parameter Air Limbah Domestik. 8
2.4.1 Baku Mutu Limbah Cair Hotel 9
2.5 *Wetland* 10
2.6 *Constructed Wetland.* 10
2.6.1 Proses Kinerja dalam *Constructed Wetland* 12
2.6.2 Tipe *Constructed Wetland* 14
2.6.2.1 *Free Water Surface* (FWS) 14
2.6.2.2 *Vertical Flow System* (VFS) 15
2.6.2.3 *Horizontal Flow System* (HFS) 16
2.6.3 Perhitungan *Constructed Wetland* 18
2.6.4 Komponen-komponen *Constructed Wetland* 21
2.6.4.1 Substrat/Media 22
2.6.4.2 Vegetasi dalam *Constructed Wetland* 22
2.6.4.3 Temperatur 30
2.7 Pemeliharaan *Constructed Wetland.* 31

BAB 3 GAMBARAN WILAYAH PERENCANAAN.....33
3.1 Gambaran Umum Lokasi Perencanaan.....33
3.2 Hasil Uji *Effluent* IPAL Singgasana Hotel Surabaya ...34
3.3 Kondisi Eksisting IPAL Singgasana Hotel Surabaya...35
BAB 4 METODE PERENCANAAN.....37
4.1 Umum.....37
4.2 Tahap Perencanaan.....37
4.2.1 Identifikasi Masalah.....39
4.2.2 Ide Tugas Akhir 39
4.2.3 Studi Literatur.....39
4.2.4 Pengumpulan Data.....40
4.2.5 Analisa dan Pengolahan Data.....40
4.2.6 Perencanaan Desain.....41
4.2.7 Hasil Perencanaan.....42
4.2.8 Kesimpulan dan Saran 42
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....43
5.1 Kuantitas *Effluent* IPAL.....43
5.2 Kualitas *Effluent* IPAL.....45
5.3 Dimensi Pengolahan Air Limbah 46
5.4 *Mass Balance*.....62
5.4 Profil Hidrolis 66
5.5 Luas Lahan yang Tersedia.....67
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 69
6.1 Kesimpulan.....69
6.2 Saran.....69
DAFTAR PUSTAKA 71
Lampiran 75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagan Komposisi Air Limbah..... 7
Gambar 2.2 Pola Aliran Pada FWS..... 15
Gambar 2.3 Pola Aliran Pada VWS..... 15
Gambar 2.4 Pola Aliran Pada HSF..... 16
Gambar 2.5 Tanaman *Cattail* 23
Gambar 2.6 Tanaman *Iris*..... 29
Gambar 3.1 Batas Wilayah Lokasi Perencanaan 33
Gambar 3.2 Lokasi Perencanaan..... 34
Gambar 3.3 IPAL Singgasana Hotel Surabaya 35
Gambar 4.1 Diagram Alir..... 38
Gambar 5.1 Fluktuasi Debit *Effluent* IPAL..... 45
Gambar 5.2 Perbedaan Kualitas TSS, COD, dan BOD..... 46
Gambar 5.3 Volume Kumulatif Bak Ekualisasi 48
Gambar 5.4 Luas Lahan yang Tersedia 67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Domestik 9
Tabel 2.2 Panduan Desain *Constructed Wetland*..... 18
Tabel 2.3 Karakteristik Tipikal Media SFS..... 19
Tabel 2.4 Persentase Penurunan COD dengan Waktu Tinggal dan Jarak Tanaman 24
Tabel 2.5 Persentase Penurunan BOD dengan Waktu Tinggal dan Jarak Tanaman 25
Tabel 2.6 Persentase Penurunan TSS dengan Waktu Tinggal dan Jarak Tanaman 27
Tabel 2.7 Persentase Removal Parameter COD..... 30
Tabel 3.1 Data Hasil Uji *Effluent* IPAL..... 34
Tabel 5.1 Perhitungan Debit *Effluent* IPAL..... 43
Tabel 5.2 Perhitungan Data Analisis Kualitas *Effluent* IPAL..... 45
Tabel 5.3 Perhitungan Volume Kumulatif 47
Tabel 5.4 Perhitungan Desain Unit SSFCW..... 58
Tabel 5.5 Perhitungan HLR dan BOD LR Unit SSFCW..... 58
Tabel 5.6 Perhitungan Kerapatan Tanaman..... 58
Tabel 5.7 Perhitungan Profil Hidrolis *Typha Angustifolia*..... 66
Tabel 5.8 Perhitungan Profil Hidrolis *Iris Pseudoacorus*..... 66
Tabel 5.9 Luas Lahan Untuk Tanaman *Typha Angustifolia* 67
Tabel 5.8 Luas Lahan Untuk Tanaman *Iris Pseudoacorus*..... 68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Spesifikasi Pompa.....75
Lampiran 2 Dokumentasil.....77

ñHalaman ini sengaja dikosongkanò

ñHalaman ini sengaja dikosongkanò

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Usaha perhotelan yang berkembang cepat dan limbah rumah tangga yang semakin berlimpah mengakibatkan timbulnya pencemaran yang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Limbah cair yang berasal dari hotel dapat digolongkan sebagai limbah domestik atau limbah rumah tangga. Namun perbedaannya adalah limbah yang berasal dari hotel jauh lebih banyak daripada limbah yang berasal dari rumah tangga.

Singgasana Hotel Surabaya merupakan salah satu hotel berbintang lima yang berada di Jalan Gunung Sari, Surabaya. Singgasana Hotel Surabaya adalah hotel yang tergolong memiliki lahan yang luas. Limbah cair yang dihasilkan dari Singgasana Hotel Surabaya dikelola dengan menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebelum dibuang ke badan air.

Badan Lingkungan Hidup (BLH) Provinsi Jawa Timur menilai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Singgasana Hotel Surabaya masih belum berfungsi secara maksimal dikarenakan limbah cair yang keluar masih berwarna hitam dan mengalir ke Kali Surabaya. Hal ini menandakan bahwa Singgasana Hotel Surabaya dalam pengolahan limbah cairnya masih belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Timbulnya masalah tersebut mengharuskan pihak pengelola hotel untuk mencari solusi dengan alternatif pengolahan teknologi tepat guna.

Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah dengan sistem lahan basah buatan atau rawa buatan (*Constructed Wetland*) yang merupakan sistem pengolahan air limbah menggunakan teknologi sederhana dengan pendekatan baru untuk menurunkan pencemaran lingkungan berdasarkan pemanfaatan tanaman air dan mikroorganisme. Teknologi ini telah banyak terbukti di banyak negara dapat menurunkan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), *Nitrogen* (N) dan *Phosphor* (P), serta bakteri coli, *nutrient* dan logam berat secara signifikan (Dhokhikah, 2006).

Constructed Wetland sangat cocok diaplikasikan di negara-negara berkembang karena efektif, murah, perawatan

mudah, dan sangat fleksibel dalam ukuran maupun fungsi yang diperlukan (Dallas et al., 2004; Chang et.al., 2011). Sistem ini cocok diterapkan di Indonesia, karena selain lahan yang dibutuhkan masih tersedia, juga iklim tropis yang sangat mendukung, menyediakan lingkungan yang sangat baik untuk lahan basah buatan karena temperatur yang lebih hangat dapat meningkatkan aktivitas biologis dan efisiensi penyisihan.

Di sisi lain, hal penting dari *Constructed Wetland* yang melayani rumah tunggal, hotel dll, adalah nilai estetika tanamannya, terutama dalam pemilihan jenis tanaman, misalnya *Iris pseudacorus*, *Canna* dll. (Brix, 1994). Dengan pemilihan dan penataan tanaman, maka *Constructed Wetland* tidak tampak kotor dan bau, serta tidak menjadi tempat berkembang biak nyamuk (USEPA, 1993).

Oleh karenanya, dilakukan perencanaan *Constructed Wetland* sebagai alternatif pengolahan guna menungkatkan kinerja IPAL Singgasana Hotel Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam perencanaan ini adalah merencanakan penambahan unit *Constructed Wetland* untuk pemenuhan kualitas *effluent* air limbah IPAL di Singgasana Hotel Surabaya.

1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan ini adalah mengaplikasikan *Constructed Wetland* untuk memenuhi kualitas *effluent* IPAL di Singgasana Hotel Surabaya.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam perencanaan ini adalah:

1. Lokasi perencanaan akan dilakukan di Singgasana Hotel Surabaya.
2. Fluktuasi debit selama 24 jam.
3. Parameter yang digunakan dalam perencanaan adalah TSS, COD, dan BOD.
4. Alternatif desain unit *Subsurface Flow Constructed Wetland* dengan tanaman *Cattail (Typha angustifolia)* dan *Iris pseudacarus.*

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan di perencanaan ini adalah:

1. Dapat mengurangi beban pencemar *effluent* IPAL Singgasana Hotel Surabaya.
2. Dapat menjadi solusi pengolahan teknologi tepat guna yang bisa meningkatkan kinerja IPAL di Singgasana Hotel Surabaya.

ñHalaman ini sengaja dikosongkanò

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Menurut Notoatmodjo (2007) air limbah atau air buangan adalah sisa yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat umum lainnya dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. Limbah Cair hotel adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan hotel yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan (Kepmen LH No.52 Tahun 1995).

2.1.1 Air Limbah Hotel

Air limbah hotel adalah air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan hotel di mana air limbah ini bisa berupa sisa-sisa kegiatan memasak, kamar mandi, spa, kolam renang dan lain-lain. Komposisi air limbah hotel dapat terdiri dari beberapa persenyawaan baik yang bersifat organik maupun anorganik. Secara umum air limbah hotel menimbulkan berbagai dampak yang cukup merugikan bagi manusia. Dampaknya dapat menyebabkan atau menimbulkan panyakit Selain mencemari, air lingkungan juga menimbulkan banjir karena banyak orang-orang yang membuang limbah rumah tangga ke sungai, sehingga pintu air mampet dan pada waktu musim hujan air tidak dapat mengalir dan air naik menggenangi rumah-rumah penduduk, sehingga dapat meresahkan penduduk (Bppt,2009).

2.2 Sumber Air Limbah

Air limbah sebagai sumber pencemar dapat berasal dari berbagai sumber yang pada umumnya karena hasil perbuatan manusia dan kemajuan teknologi.

1. Air limbah rumah tangga *(domestic wastewater)*

Air limbah yang berasal dari permukiman penduduk. Pada umumnya air limbah ini terdiri dari *ekstreta* (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, dan umumnya terdiri dari bahan-bahan organik (Notoatmodjo, 2007).

2. Air limbah industri *(industrial wastewater)*

Limbah berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi. Zat-zat yang terkandung di dalamnya sangat bervariasi sesuai dengan baku yang dipakai oleh masing-masing indsutri, antara lain: nitrogen, sulfida, amonia, lemak, garam-garam, zat pewarna, mineral, logam berat, zat pelarut dan sebagainya. Oleh sebab itu, pengolahan jenis air limbah ini agar tidak menimbilkan polusi lingkungan menjadi lebih rumit (Notoatmodjo, 2007).

3. Air Limbah Rembesan dan Tambahan

Apabila air turun di suatu daerah, maka air yang turun secara cepat akan mengalir masuk ke dalam saluran pengering atau saluran air hujan. Apabila saluran ini tidak mampu menampungnya, maka limpahan air hujan akan digabung dengan saluran air limbah, dengan demikian akan merupakan tambahan yang sangat besar (Daryanto, 2004).

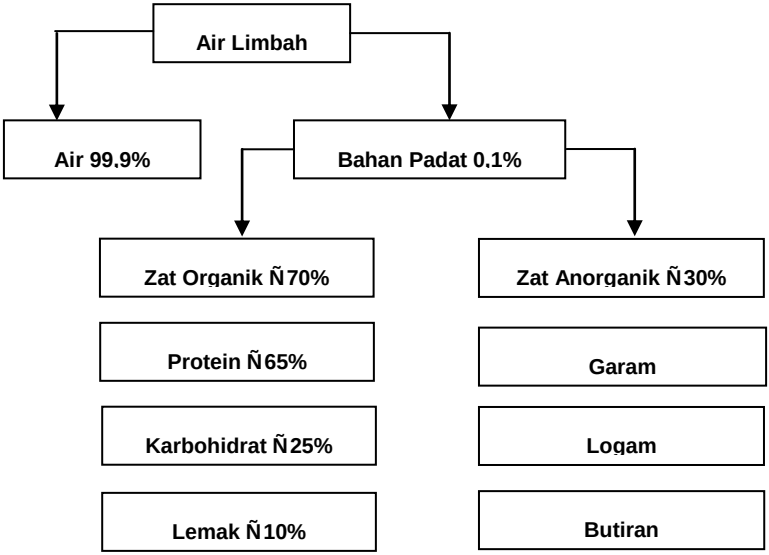
2.2.1 Sumber Air Limbah Hotel

ñHotel adalah jenis akomodasi yang mempergunakan sebagian atau seluruh bangunan untuk menyediakan jasa pelayanan penginapan yang dikelola secara komersial, meliputi hotel berbintang dan hotel melatiò (Kepmen LH No.52 tahun 1995). Hotel juga menyediakan pemenuhan berbagai kebutuhan hidup sehari-hari seperti makan, pencucian/*laundry* dan lain-lain bagi para pengunjungnya, sehingga menghasilkan limbah cair dan sampah layaknya suatu komplek pemukiman penduduk (BPPT, 2009).

ñLimbah cair perhotelan adalah limbah dalam bentuk cair yang dihasilkan oleh kegiatan hotel yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkunganò (Kepmen LH No.52 tahun 1995). Kondisi ini disebabkan karena aktivitas yang ada di hotel relatif sama dengan seperti pada pemukiman dan fasilitas tambahan lainnya yang ada di hotel. Sumber limbah cair perhotelan tersebut antara lain: limbah dari kamar mandi, limbah dari kegiatan di dapur atau restoran, limbah dari kegiatan pencucian/*laundry*, dan limbah dari fasilitas kolam renang.

2.3 Karakteristik Air Limbah

Menurut Sugiharto (1987) air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat. Akan tetapi, secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah adalah air sebanyak 99,9% dan 0,1% merupakan partikelï partikel padat terlarut (*dissolved solid*) dan tidak terlarut (*suspended solid*). Partikelï partikel padat tersebut, 70% merupakan zat organik yang berupa protein Ñ 65%, karbohidrat Ñ 25%, lemak Ñ 10%, dan 30% zat anorganik. Sebagian besar zat organik sudah terurai dan merupakan makanan serta media yang baik bagi bakteri dan mikroorganisme lainnya. Zat anorganik berupa butiran, garam dan logam berat. Jika digambarkan komposisi air limbah tersebut seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Bagan Komposisi Air Limbah
Sumber: Tebbut, 1998; Mara, 2004

2.3.1 Karakteristik Limbah Cair Hotel

Karakteristik limbah cair dari perhotelan relatif sama seperti limbah cair domestik dari pemukiman, karena aktivitas-aktivitas yang ada di hotel relatif sama seperti aktivitas yang ada

dilingkungan pemukiman. Sementara jumlah limbah yang dihasilkan dari perhotelan tergantung dari jumlah kamar yang ada dan tingkat huniannya. Disamping itu juga dipengaruhi oleh fasilitas tambahan yang ada di hotel tersebut (BPPT, 2009).

Limbah perhotelan pada umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. senyawa fisik
   a. berwarna
   b. mengandung padatan
2. senyawa kimia organik
   a. mengandung karbohidrat
   b. mengandung minyak dan lemak
   c. mengandung protein
   d. mengandung unsur surfactant anatara lain detergen dan sabun
3. senyawa kimia anorganik
   a. mengandung alkalinitas
   b. mengandung khlorida
   c. mengandung nitrogen
   d. mengandung fosfor
   e. mengandung sulfur
4. unsur biologi
   a. mengandung protista dan virus

2.4 Parameter Air Limbah Domestik

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

   Adalah banyaknya oksigen dalam PPM atau milligram/liter yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri pada suhu 20°C selama 5 hari. Biasanya dalam waktu 5 hari , sebanyak 60 ï 70% kebutuhan terbaik karbon dapat tercapai. Kebutuhan oksigen biologi (*Biological Oxygen Demand*) hanya menggambarkan kebutuhan oksigen untuk penguraian bahan organik yang dapat didekomposisikan secara biologis (Mulia, 2005).

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

   Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan

buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Wisnu,1995).

Menurut Mulia (2005) COD Menggambarkan jumlah total oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didekomposisi secara biologis (*biodegradable)* maupun yang sukar didekomposisi secara biologis (*non biodegradable*). Oksigen yang dikomposisikan setara dengan jumlah dikromat yang diperlukan untuk mengoksidasi air sampel.

3. TSS *(Total Suspended Solid)*

   Padatan tidak terlarut *(Suspended Solid)* merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membrane berukuran 0,45 mikron. *Suspended solid* (material tersuspensi) dapat dibagi menjadi zat padat dan koloid. Selain *suspended solid* ada juga istilah *dissolved solid* (padatan terlarut) (Mulia, 2005).

2.4.1 Baku Mutu Limbah Cair Hotel

Baku mutu air limbah hotel adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah hotel yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan. Jadi semua air limbah hotel sebelum dibuang ke perairan/saluran umum harus diolah terlebih dahulu sampai memenuhi baku mutu yang telah di tetapkan.

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	50
TSS	mg/L	50
pH	-	6 - 9
Minyak dan Lemak	mg/L	10

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013

2.5 *Wetland*

Wetland atau lahan basah merupakan zona transisi antara tanah kening *(terrestrial)* dan sistem perairan. *Wetland* mempunyai ciri khusus dengan adanya air yang menggenangi daerah tersebut, dan memiliki tanah yang berbeda dibanding daratan kening yang berdekatan dengan air, serta mendukung vegetasi yang dapat beradaptasi pada kondisi basah dan tergenang.

Menurut Hammer (1989) *wetland* didefenisikan sebagai sistem pengolahan air limbah yang memenuhi tiga faktor:

b. Area yang tergenang air dan mendukung hidupnya tumbuhan air.
c. Media tempat tumbuh tumbuhan air, berupa tanah yang selalu digenangi air.
d. Media tumbuh tumbuhan air, bisa juga bukan tanah, tetapi media yang jenuh dengan air.

2.6 *Constructed Wetland*

C*onstructed Wetland* merupakan sistem pengolahan air limbah yang menggunakan teknologi sederhana dengan pendekatan baru untuk menurunkan pencemaran lingkungan berdasarkan pemanfaatan tanaman air dan mikroorganisme. Proses pengolahan air tercemar pada rawa buatan merupakan sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis, karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman. (Metcalf dan Eddy, 1991). Keunggulan sistem ini adalah konstruksinya sederhana tanpa peralatan dan mesin, relatif murah biaya operasional, dan perawatannya, dan mempunyai kapasitas *buffer* yang luas dan lumpur yang dihasilkan sedikit serta stabil. (Vymazal, 2002).

Aplikasi *wetland* saat ini telah terbukti dibanyak negara dapat menurunkan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended* Solid (TSS), Nitrogen (N) dan Phosphor (P), serta bakteri coli, nutrient dan logam berat secara signifikan (Dhokhikah, 2006). Penerapan Teknologi CW belum popular di Indonesia, karena kajian-kajian dan publikasinya masih kurang.

Constructed Wetland merupakan salah satu solusi pengolah limbah yang mengandalkan akar tanaman air (tanaman rawa) untuk penyaringan, media dan bakteri untuk mengolah berbagai air limbah seperti BOD, SS, bakteri patogen, nutrien dan logam berat. *Constructed Wetland* merupakan teknologi yang efektif, murah dan perawatan mudah (Dallas et al., 2004; Chang et.al., 2011). Di sisi lain, hal penting dari CW sistem kecil yang melayani rumah tunggal, hotel dll, adalah nilai estetika tanamannya, terutama dalam pemilihan jenis tanaman, misalnya *Iris pseudacorus, Canna* dll. (Brix, 1994). Dengan pemilihan dan penataan tanaman, maka CW tidak tampak kotor dan bau, serta tidak menjadi tempat berkembang biak nyamuk (USEPA, 1993).

Constructed Wetland sangat cocok diaplikasikan di negara-negara berkembang karena sangat fleksibel dalam ukuran maupun fungsi yang diperlukan. Sistem ini cocok diterapkan di Indonesia, karena selain lahan yang dibutuhkan masih tersedia, juga iklim tropis yang sangat mendukung, menyediakan lingkungan yang sangat baik untuk lahan basah buatan karena temperatur yang lebih hangat dapat meningkatkan aktivitas biologis dan efisiensi penyisihan.

Keunggulan *Constructed Wetland* dibandingkan dengan fasilitas pengolahan limbah konvensional adalah :

1. Biaya investasi, operasi, dan pemeliharaan yang lebih murah.
2. Pengoperasian dan perawatan lebih mudah sehingga dapat dilakukan oleh tenaga lokal.
3. Mempunyai efisiensi yang cukup tinggi.
4. Relatif toleran terhadap berbagai tingkat konsentrasi bahan pencemar sebagai akibat fluktuasi hidrolis.
5. Bahan pencemar di dalam air limbah dapat didaur ulang untuk menjadi biomassa yang bernilai ekonomis.
6. Cocok dikembangkan di pemukiman kecil, daerah pertanian, dan daerah pertambangan yang mampunyai lahan cukup luas.
7. Memberikan keuntungan yang tidak langsung seperti pemanfaatan tanaman yang digunakan pada *Constructed Wetland* (bahan dasar untuk pakan ternak, kosmetik, obat-obatan, kertas, pupuk, tanaman hias), mendukung fungsi ekologis, kawasan hijau, habitat satwa, dan juga untuk pendidikan dan kawasan rekreasi.

Walaupun memiliki sejumlah keunggulan, teknologi *Constructed Wetland* seperti teknologi pengolah air limbah lainnya juga mempunyai keterbatasan (Hammer, 1989). Beberapa keterbatasan *Constructed Wetland* dibandingkan dengan fasilitas pengolahan limbah konvensional adalah:

1. Memerlukan lahan yang luas.
2. Kriteria desain dan operasi masih belum jelas.
3. Kompleksitas biologis dan hidrologis belum dipahami dengan baik.
4. Kemungkinan berkembangnya vektor penyakit dalam sistem *Constructed Wetland* seperti nyamuk.

2.6.1 Proses dan Kinerja dalam *Constructed Wetlands*

Menurut Haberl dan Langergraber (2002), bahwa proses eliminasi polutan dalam air limbah terjadi melalui proses secara fisik, kimia dan biologi yang cukup komplek yang terdapat dalam asosiasi antara media, tumbuhan makrophyta dan mikroorganisme, antara lain :

- Pengendapan untuk zat padatan tersuspensi.
- Filtrasi dan pretipitasi kimia pada media.
- Transformasi kimia.
- Adsorpsi dan pertukaran ion dalam permukaan tanaman maupun media.
- Transformasi dan penurunan polutan maupun nutrien oleh mikroorganisme maupun tanaman.
- Mengurangi mikroorganisme pathogen.

Mekanisme penyerapan polutan pada Lahan Basah Buatan, menurut Halverson (2004) menyebutkan bahwa secara umum melalui proses abiotik (fisik dan kimia) atau biotik (mikrobia dan tanaman) dan gabungan dari kedua proses tersebut. Proses pengolahan awal (primer) secara abiotik, antara lain melalui :

- *Settling* & sedimentasi, efektif untuk menghilangkan partikulat dan padatan tersuspensi.
- Adsorpsi dan absorpsi, merupakan proses kimiawi yang terjadi pada tanaman, substrat, sediment maupun air limbah, yang berkaitan erat dengan waktu retensi air limbah.

- Oksidasi dan reduksi, efektif untuk mengikat logam-logam B_3 dalam Lahan Basah Buatan.
- Photodegradasi/oksidasi, degradasi (penurunan) berbagai unsur polutan yang berkaitan dengan adanya sinar matahari.
- Volatilisasi, penurunan polutan akibat menguap dalam bentuk gas.

Proses secara biotik, seperti biodegradasi dan penyerapan oleh tanaman juga merupakan bentuk pengurangan polutan seperti halnya pada proses abiotik. Beberapa proses pengurangan polutan yang dilakukan oleh mikrobia dan tanaman dalam Lahan Basah, antara lain sebagai berikut :

- Biodegradasi secara aerobik/anaerobik, merupakan proses metabolisme mikroorganisme yang efektif menghilangkan bahan organik dalam Lahan Basah
- *Phyto*-akumulasi, proses pengambilan dan akumulasi bahan anorganik oleh tanaman.
- *Phyto*-stabilisasi, merupakan bentuk kemampuan sebagian tanaman untuk memisahkan bahan anorganik pada akar tanaman.
- *Phyto*-degradasi, tanaman dapat menghasilkan enzim yang dapat memecah bahan organik maupun anorganik dari polutan sebelum diserap, selama proses transpirasi.
- *Rhizo*-degradasi, akar tanaman dapat melakukan penyerapan bahan polutan dari hasil degradasi bahan organik yang dilakukan oleh mikroba.
- *Phyto*-volatilisasi, evapotranspirasi, penyerapan dan transpirasi pada daun tanaman terhadap bahan-bahan yang bersifat volatil.

Proses penurunan polutan dalam bentuk bahan organik tinggi, merupakan nutrien bagi tanaman. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan C, N, dan energi bagi kehidupan mikrobia (Handayanto, E. dan Hairiah, K., 2007).

Kinerja CWs juga bisa dilihat dari kemampuannya dalam menurunkan kadar pencemar atau parameter pencemar. Beberapa penelitian menunjukkan hasil persentase penurunan polutan misal BOD hingga mencapai 60% - 99.7% (Raude *et al*., 2009; Weissenbacher dan Mullegger, 2009; Dallas, Scheffe dan Ho, 2005). Keterbatasan *Constructed Wetlands* dalam meningkatkan kualitas air adalah: (1) Kecepatan proses: tergantung pada faktor-faktor lingkungan seperti suhu, ketersediaan oksigen, pH, dll.; (2) Keterbatasan hidrologis: *hydraulic overload* ketika arus melebihi kapasitas disain menyebabkan waktu retensi terlalu singkat untuk penghapusan polutan secara efektif (Greg, Young dan Brown, 1998); (3) Keterbatasan lingkungan misal: material organik, nutrisi atau racun, dan kekurangan oksigen; dan (4) Keterbatasan lahan sehingga dimensi *Constructed Wetlands* tidak memenuhi waktu tinggal untuk proses penurunan polutan.

2.6.2 Tipe *Constructed Wetland*

Pada dasarnya aliran air dalam sistem *Constructed Wetland* terdiri dari dua aliran (EPA, 1993), yaitu aliran permukaan (*Free Water Surface*) dan aliran bawah permukaan (*Subsurface Flow System*). Pada *subsurface flow system* ada dua macam pola aliran yaitu aliran horizontal (*Horizontal Subsurface Flow,* HSF*),* dan aliran vertikal (*Vertical Flow System* VFS).

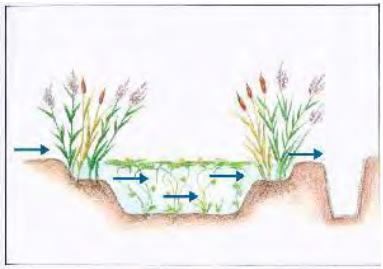
2.6.2.1 *Free Water Surface* (FWS)

Pada sistem ini air mengalir dari satu kolam ke kolam lain dengan permukaan air yang terbuka. Pada bagian dasar tanah telah dilapisi dengan bahan yang kedap air, misalnya lapisan tanah liat, dan plastik.

Pengolahan awal biasanya digunakan terlebih dahulu dan selanjutnya terjadi pengolahan dimana air limbah mengalir pelan melewati batang dan akar tanaman yang ditanam di atas kolam. Proses pengendapan merupakan mekanisme pengolahan utama pada tipe ini.

Kolam berisi tanaman terapung, lapisan tanah di dasar kolam berfungsi sebagai media akar. Kedalaman air berkisar dari 0,3 m sampai 0,8 m, tergantung dari tujuan dibangunnya lahan basah buatan ini. dengan debit air limbah cair berkisar 4 - 75.000

m^3/detik. Bentuk penampang dan pola aliran pada sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.

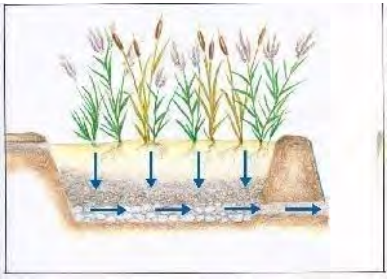


Gambar 2.2 Pola aliran pada FWS
Sumber: http://www.iridra.com/index_eng.htm

Pada prakteknya, *free water system* jarang digunakan karena sistem ini dapat menjadi sarang bagi vektor penyakit (seperti nyamuk) serta menimbulkan bau. Jenis *constructed wetland* yang sering digunakan yaitu HSF dan VSF.

2.6.2.2 *Vertical Flow System* (VFS)

Pada dasarnya tipe ini hampir sama dengan tipe HSF, hanya berbeda pada arah aliran air. Sistem pengalirannya tidak dilakukan secara kontinu tetapi dengan *batch.* Air limbah cair yang masuk dari atas akan mengalir ke bawah dengan melewati zona akar dengan gaya gravitasi akhirnya keluar dari dasar media. Tipe *vertical flow system* dapat dilihat pada Gambar 2.3.

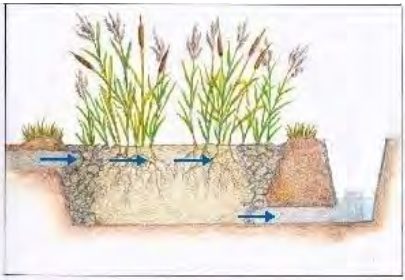


Gambar 2.3 Pola aliran pada VWS
Sumber: http://www.iridra.com/index_eng.htm

VFS baik digunakan untuk proses nitrifikasi karena kemampuan transfer oksigen yang tinggi, serta penyisihan BOD dan COD. VFS kurang bagus untuk penyisihan partikel tersuspensi dan dapat mengakibatkan *clogging* jika pemilihan pasir tidak tepat.

2.6.2.3 *Horizontal Flow System* (HFS)

Horizontal Flow System (HSF) berupa kolam atau reservoir yang berisi material dasar yang dipilih secara *granulometry* dengan tujuan untuk memastikan *hydraulic conductivity* (media yang digunakan umumnya pasir dan kerikil). Fungsi dari material dasar tersebut untuk mendukung pertumbuhan akar. Dasar kolam harus kedap air dengan tujuan untuk mencegah terjadinya presipitasi ke dalam tanah sebelum sempat diolah pada *constructed wetland*, biasanya dilapisi dengan tanah liat atau membran sintetis (HDPE atau LDPE 2 mm). Dasar *Constructed Wetland* biasanya diberi slope (sekiatr 1%) untuk memastikan pada *Constructed Wetland* terjadi aliran dari inlet ke outlet. Tipe *horizontal subsurface flow* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pola aliran pada HSF
Sumber: http://www.iridra.com/index_eng.htm

Kedalaman media berkisar antara 0,3-0,6 m. Tinggi permukaan air dipertahankan selalu berada sekitar 15 cm di bawah permukaan media dengan mengatur ketinggian outlet agar berada di bawah permukaan media. Tanah atau media dalam HSF akan menjadi anaerob karena penggenangan yang terus menerus.

Vegetasi dari HSF ini ditanam di media lapisan paling atas. Tanaman yang berada di atas media memilki kemampuan dalam mengadsorbsi oksigen dengan menggunakan daun dan batang yang berada diatas permukaan media. Oksigen ditransfer ke akar sehingga keadaan di sekitar akar dapat menjadi aerob. Tanaman dapat mentransfer oksigen sekitar 5-45 g oksigen per hari per meter persegi luas permukaan *Constructed Wetland*, tergantung pada kepadatan tanaman dan *oxygen stress levels* pada zona akar. Sebagian dari oksigen yang berada di dalam akar dapat mencapai permukaan akar atau rhizome sehingga membentuk *aerobic microsites. Aerobic microsites* dapat membantu proses aerobik yang terjadi pada mikroorganisme, seperti proses nitrifikasi.

Keuntungan dari tipe HSF ini adalah tidak adanya genangan air yang dapat menimbulkan bau dan menjadi tempat nyamuk berkembang biak. HSF baik digunakan untuk penyisihan partikel tersuspensi karena kemampuannya untuk menyaring, penyisihan BOD, dan denitrifikasi (selama masih tersedia oksigen dalam bentuk nitrat). Bila didesain dan dibuat konstruksi yang baik operasinya akan mudah dan proses pengolahannya berjalan secara alamiah dalam kurun waktu yang cukup lama yaitu 15-20 tahun.

Kekurangan dari HSF yaitu tidak bagus untuk proses nitrifikasi karena keterbatasan kemampuan transfer oksigen. Selain itu bakteri menghasilkan biofilm yang dapat menyumbat pori-pori media sehingga menyebabkan *clogging.* Sering terjadi aliran pendek yang menyebabkan menurunnya efisiensi pengolahan. HSF tidak cocok digunakan untuk pengolahan air limbah yang mempunyai beban *suspended solid* sangat tinggi. Oleh karena itu dianjurkan adanya unit pengolahan pendahuluan seperi bak sedimentasi, tangki septik, tangki imhoff, dll.

Untuk mendesain *wetland horizontal subsurface flow* ada beberapa kriteria desain yang telah ditetapkan melalui beberapa percobaan. Pada Tabel 2.4 dapat dilihat kriteria desain yang dapat digunakan pada *susbsurface wetland.*

2.6.3 Perhitungan *Constructed Wetland*

1. Parameter Desain

Parameter desain yang sangat penting untuk sistem constructed wetland adalah waktu detensi hidrolis, kedalaman basin (panjang dan lebar), laju beban BOD_5, dan laju beban hidrolis. Rentang tipikal yang disarankan untuk perancangan diberikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Panduan Desain Untuk Constructed Wetland

Paramater desain	Unit	Tipe sistem	
		FWS	SFS
Hydraulic detention time	day	4 ï 15	4 ï 15
Water depth	ft	0.3 ï 2.0	1.0 ï 2.5
BOD5 loading rate	lb/acre	< 60	< 60
Hyraulic loading rate	Mgal/acre.d	0.015 ï 0.050	0.015 ï 0.05
Specific area	Acre/(Mgal/d)	67 ï 20	67 ï 20

Sumber : Metcalf & Eddy, 1991

Hydraulic Detention Time

Waktu detensi (T) untuk sistem SFS dapat diperoleh dari persamaan di bawah ini (Metcalf & Eddy, 1991):

$$\frac{Ce}{Co} = \exp(-K_T \hat{t}o) \quad (1)$$

$$K_T = K_{20}(1.06)^{(T-20)} \quad (2)$$

$$K_{20} = 0.678\ d^{-1} \quad (3)$$

Model yang sama telah disarankan untuk menentukan waktu detensi yang diperlukan untuk sistem SFS untuk penyisihan BOD (Metcalf & Eddy, 1991):

$$\frac{Ce}{Co} = \exp(-K_T \hat{t}o) \quad (4)$$

tô didefinisikan sebagai waktu detensi teoretis berdasarkan porositas dari medium (Metcalf & Eddy, 1991) :

$$tô = \frac{L\ W\ \alpha\ d}{Q} \qquad (5)$$

Dimana : tô= waktu detensi wilayah pori, d
L = panjang basin, ft
W = lebar basin, ft
α = porositas medium basin
d = kedalaman basin, ft

Waktu detensi aktual t adalah fungsi dari konduktivitas hidrolis media dan panjang basin, yang dinyatakan oleh persamaan berikut (Metcalf & Eddy, 1991):

$$t = \frac{L}{k_s\ S} \qquad (6)$$

Dimana : L = panjang basin, ft
k_s= konduktivitas hidrolis, ft3/ft2.d
S = slope basin, ft/ft

Karakteristik tipikal media yang digunakan pada sistem SFS terdapat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristik Tipikal Media Untuk SFS

Media Type	Max 10% grain size, mm	Porosity, α	Hydraulic Condictivity, ks, $ft^3/ft^2.d$	K_{20}
Medium sand	1	0.42	1.380	1.84
Coarse sand	2	0.39	1.575	1.34
Gravelly sand	8	0.35	1.640	0.86

Sumber : Metcalf & Eddy, 1991

Penyumbatan merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan pada filtrasi horizontal. Bila penyumbatan *(clogging)* ini terjadi maka konstruksi tersebut tidak akan berfungsi dengan semestinya dan perlu dilakukan pembongkaran dan pergantian media dan hal tersebut merupakan pekerjaan yang menyulitkan. Karena itu pemilihan media merupakan salah satu masalah yang

amat penting dalam mendesain filtrasi horizontal sehingga media yang lazim digunakan untuk filtrasi horizontal adalah gravel (kerikil).

Bentuk gravel yang relatif bulat dan ukuran yang regular memberikan *void ratio* yang tinggi. Sebenarnya bentuk demikian akan mengurangi kinerja dari *treatment*, tetapi menghindari masalah penyumbatan. Bagian muka *(front part)* dari media harus sedemikian hingga mempunyai void yang kecil hingga dapat menahan SS sebaik mungkin, tetapi juga harus luas agar dapat meratakan SS tersebut agar tidak mengumpul di satu tempat saja. Berdasarkan pengalaman empiris, pemakaian gravel dengan bentuk bulat dan *uniform* dengan ukuran diameter antara 8 ï 15 mm adalah paling baik.

2. Kedalaman Air

Untuk sistem FWS, perencanaan kedalaman air tergantung dari kedalaman optimum dari vegetasi yang dipilih. Sedangkan untuk sistem SFS, kedalamannya dikontrol oleh penetrasi dari rizoma dan akar-akar karena tamanan mensuplai oksigen ke dalam air melalui rizoma/sistem akar.

Geometri basin akan tergantung dari sistem yang digunakan SFS atau FWS. Untuk sistem SFS, *cross sectional area* ditentukan dari persamaan berikut (Metcalf & Eddy, 1991):

$$Ac = \frac{Q}{k_s S} \qquad (7)$$

Kecepatan aliran didefinisikan oleh (k_s S) harus dibatasi hingga nilai 22 ft/d (6.8 m/d) untuk mengurangi pengikisan lapisan bakteri. Lebar basin yang diperlukan adalah fungsi dari cross-sectional area dengan desain kedalaman, dan dihitung berdasarkan persamaan berikut (Metcalf & Eddy, 1991):

$$W = \frac{Ac}{d} \qquad (8)$$

Secara tipikal, lebar basin dari sistem SFS lebih besar daripada panjang basin. Untuk panjang basin sendiri (L) bisa dicari menggunakan persamaan berikut (Metcalf & Eddy, 1991):

$$L = \frac{tôQ}{W\ d\ \alpha} \quad (9)$$

Setelah didapatkan panjang (L) dan lebar (W) dari basin maka bisa dicari pula luas permukaan basin (As) dengan menggunakan persamaan berikut (Metcalf & Eddy, 1991):

$$As = L \times W \quad (10)$$

3. BOD_5 Loading Rate

Beban BOD_5 harus dibatasi sehingga kebutuhan oksigen untuk air buangan tidak melebihi kapasitas transfer oksigen oleh vegetasi *wetland*. BOD5 *loading rate* maksimum untuk sistem SFS harus dibatasi hingga 120 lb/acre.d (133 kg/ha.d). Perhitungan beban BOD_5 bisa dicari menggunakan persamaan berikut (Metcalf & Eddy, 1991):

$$\text{Beban } BOD_5 = \frac{Q \times BOD\ in}{As} \quad (11)$$

4. Hydraulic-Loading Rate

Menurut Suprijanto & Nieke, (2008) *hydraulic-loading rate* yang digunakan untuk sistem SFS adalah < 0,4 m^3/m^2.hari. Nilai *hydraulic-loading rate* bisa dicari menggunakan persamaan berikut (Metcalf & Eddy, 1991):

$$HLR = \frac{Q}{As} \quad (12)$$

2.6.4 Komponen-komponen *Constructed Wetland*

Agar pengolahan air limbah efektif maka *Constructed Wetland* membutuhkan beberapa komponen penting (Hammer, 1989), yaitu:

- Substrat/ media (tanah, pasir, kerikil, dll) dengan berbagai tingkat konduktivitas hidrologis.
- Tumbuhan akuatik, baik yang tumbuh melekat pada substrat maupun yang mengapung dalam air.
- Genangan air baik yang mengalir di atas atau di bawah permukaan tanah.
- Mikroorganisme aerob dan anaerob.

- Hewan yang bertulang belakang dan tidak bertulang belakang.
- Komponen biotik dan abiotik pada *Constructed Wetland* saling berinteraksi membentuk keseimbangan jaring-jaring makanan dan perpindahan energi. Ketika air limbah masuk ke dalam sistem tersebut, bahan pencemar yang terkandung di dalamnya akan menjadi salah satu bahan baku dalam mata rantai makanan yang akan didegradasi oleh mikroorganisme dan diserap oleh tanaman.

2.6.4.1 Substrat/Media

Media yang digunakan pada *Constructed Wetland* secara umum dapat berupa tanah, pasir, batuan atau bahan-bahan lainnya. Tingkat permeabilitas dan konduktivitas hidrolis media tersebut sangat berpengaruh terhadap waktu detensi air limbah, dimana waktu detensi yang cukup akan memberikan kesempatan kontak antara mikroorganisme dengan air limbah, serta oksigen yang dikeluarkan oleh akar tanaman (Tangahu & Warmadewanthi, 2000).

Peranan utama dari media pada Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-*Wetlands*) tersebut adalah :

- Tempat tumbuh bagi tanaman.
- Media berkembang-biaknya mikroorganisme.
- Membantu terjadinya proses sedimentasi.
- Membantu penyerapan (adsorbsi) bau dari gas hasil biodegradasi.

Sedangkan peranan lainnya adalah tempat terjadinya proses transformasi kimiawi, tempat penyimpanan bahan-bahan nutrien yang dibutuhkan oleh tanaman.

2.6.4.2 Vegetasi dalam *Constructed Wetland*

Jenis tamanan yang sering digunakan untuk Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan adalah jenis tanaman air atau tanaman yang tahan hidup diair tergenang *(Submerged Plants atau Amphibiuos Plants)*.

Pada umumnya tanaman air tersebut dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) tipe/kelompok, berdasarkan area

pertumbuhannya didalam air. Adapun ketiga tipe tanaman air tersebutadalah sebagai berikut :

a. ***Emergent Plant*,** merupakan tanaman air yang memiliki sistem perakaran pada tanah di dasar perairan dan daun berada jauh diatas permukaan air.
b. ***Submergent Plant***, merupakan tanaman air yang seluruh tanaman (akar, batang, daun) berada didalam air.
c. ***Floating Plant***, merupakan tanaman air yang akar dan batangnya berada dalam air, sedangkan daun diatas permukaan air.

1. *Cattail (Typha angustifolia)*

Cattail (Thypa angustifolia) adalah jenis tumbuhan herba serta besifat kolonial. Tumbuhan ini juga mempunyai rizom serta berbentuk panjang dan ramping. Rizomnya akan menjalar di bawah permukaan tanah yang berlumpur untuk memulakan tumbuhan baru secara melintang. Tumbuhan ini mempunyai jangka hayat selama beberapa musim dan akan terus membiak apabila mencapai tahap kematangan tumbuh secara rumpun (Bagwell, 1998).

Gambar 2.5 Tanaman *Cattail (Typha angustifolia)*

Tanaman *cattail (Thypa Angustifolia)* mempunyai akar serabut yang sangat lebat, daun yang berbentuk tirus panjang (*narrow-leave*), dan agak lebar sedikit *(broad-leave)* sehingga

penyerapan terhadap bahan pencemar terhadap unsur hara yang dibutuhkan relatif besar. *Cattail* (*Thypa Angustifolia*) merupakan sejenis tumbuhan semi-akuatik yang mana tidak memerlukan kuantiti air yang banyak sebagaimana tumbuhan akuatik yang sebenarnya.

Tujuan penggunaan tanaman pada *constructed wetland* adalah untuk menyediakan oksigen di zona akar tanaman dan untuk menambah luas permukaan bagi pertumbuhan mikroorganisme yang tumbuh di zona akar selain itu tanaman juga dapat menyerap logam dari air limbah yang diolah (Hidayah dan Wahyu, 2010).

Efisiensi Penurunan COD dengan tanaman *Typha angustifolia*

Data hasil penelitian penurunan konsentrasi COD pada air limbah domestik setelah melalui bak reaktor dengan variasi jarak tanaman dan waktu tinggal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Persentase Penurunan COD dengan Variasi Jarak Tanaman dan Waktu Tinggal

Waktu (hari)	Jarak Tanaman				
	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
	%	%	%	%	%
1-3	18,4	79,6	83,7	77,6	79,6
6	59,2	81,6	87,6	83,7	81,6
9	71,4	83,7	89,8	85,7	85,7
12	75,5	87,8	91,8	83,7	85,7
15	75,5	85,7	91,8	85,7	87,8

Sumber: (Hidayah dan Wahyu, 2010)

Berdasarkan data dari Tabel 2.4 maka didapat bahwa prosentase penurunan konsentrasi COD tertinggi adalah 91. 8% dan terendah adalah 18.4%. Prosentase tertinggi terjadi di bak reaktor dengan jarak tanaman 10cm pada waktu tinggal 12 dan 15 hari. Sedangkan prosentase terendah terjadi di bak reaktor kontrol pada waktu tinggal 1-3 hari. Kemampuan penurunan kandungan COD meningkat pada proses lamanya waktu tinggal. Pada waktu tinggal pertama di bak reaktor kontrol atau 0 cm penurunan kandungan COD hanya 18.4% dan kemudian meningkat setelah di proses 3 hari selanjutnya pada waktu tinggal 6 hari,

prosentasennya menjadi 59.2%. Efisiensi penyisihan kandungan air limbah bergantung pada konsentrasi dan lamanya waktu penahanan di dalam lahan basah. Tingkat permeabilitas dan koduktivitas hidrolis media tersebut sangat berpengaruh terhadap waktu detensi air limbah, damana waktu detensi yang cukup akan memberikan kesempatan kontak antara mikroorganisme dengan air limbah (Supradata, 2005). Bahan organik yang terdapat didalam air limbah akan dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa lebih sederhana dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrient, sedangkan sistem perakaran tumbuhan air akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber energi/katalis untuk rangkaian proses metabolisme bagi kehidupan mikroorganisme (Supradata, 2005).

Efisiensi Penurunan BOD dengan tanaman *Typha angustifolia*

Data hasil penelitian penurunan konsentrasi BOD pada air limbah domestik setelah melalui bak reaktor dengan variasi jarak tanaman dan waktu tinggal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5 Persentase Penurunan BOD dengan Variasi Jarak Tanaman dan Waktu Tinggal

Waktu (hari)	Jarak Tanaman				
	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
	%	%	%	%	%
1-3	20,6	47,4	59	58	67,3
6	53,5	69,5	70,7	67,3	73,2
9	64,4	76,6	76,3	77,1	74,4
12	69,2	80,2	77,5	71,9	75,6
15	70,6	79	83,2	91,6	87,4

Sumber: (Hidayah dan Wahyu, 2010)

Dilihat dari Tabel 2.5 diatas penurunan kandungan BOD tertinggi terjadi pada bak reaktor jarak tanaman 15 cm dengan waktu tinggal 15 hari prosentase penurunannya sebesar 91.6%. Sedangkan prosentase penurunan terendah terjadi pada bak reaktor 0 cm tanpa tanaman, yaitu sebesar 20.6%. Pengaruh waktu tinggal juga berperan dalam proses penurunan kandungan limbah. Menurut Supradata (2005), Bahwa penurunan konsentrasi bahan organik dalam sistem *wetland* terjadi karena

adanya mekanisme aktivitas mikroorganisme dan tanaman, melalui proses oksidasi bakteri aerob yang tumbuh disekitar *rhizosphere* tanaman. Menurut Vacca (2005), Mekanisme penurunan biologi terjadi karena aktifitas mikrobiologi di akar. Akar tanaman meningkatkan kepadatan dan aktivitas mikroba yang disediakan oleh permukaan akar untuk pertumbuhan mikroba (Vymazal 2008).

Waktu tinggal ke 12 hari, prosentase penurunan BOD menjadi turun sebesar 71.9% dan meningkat lagi saat waktu tinggal ke 15 hari menjadi 91.6%. hal yang menyebabkan penurunan kandungan limbah menjadi tersebut yaitu salah satu faktornya adalah ketersediaan oksigen untuk proses biologis. jika oksigen dalam akar tercukupi maka mikroorganisme yang berperan penguraikan limbah juga semakin besar. Menurut Edy (2002), saat air limbah melewati partikel tanah dalam waktu detensi tertentu, memberi kesempatan partikel solid mengendap. Dengan adanya proses pengendapan ini, maka akan mengurangi kebutuhan oksigen pada pengolahan biologis berikutnya.

Pengolahan Secara aerob berlangsung di dalam zona akar dan di bagian atas sedimen, sedangkan pengolahan secara anaerob berlangsung pada bagian bawah sedimen atau terkadang berlangsung di dalam air apabila suplai oksigen telah habis terpakai (Novotny & Olem, 1994). Semakin Banyak dan dalam jaringan akar dalam tanah, semakin luas zona *rhizosphere* yang tercipta, sehingga kemampuan rawa untuk mendukung organisme mikro semakin meningkat (Rizka, 2005). Penurunan kandungan BOD dalam proses lahan basah buatan sangat mebutuhkan ketersediaan yang cukup yang nantinya melewati sela-sela tanah akan di kirim ke akar tanaman untuk mikroorganisme menguraikan kandungan limbah. Menurut Edy (2002), udara tanah menempati bagian pori-pori makro antara agregat sekunder tanah. Udara tanah tersebut sangat penting artinya bagi pernafasan akar tanaman dan kegiatan jasad hidup dalam tanah. Terutama jasad hidup dalam tanah yang aerobik sangat membutuhkan oksigen untuk menunjang aktivitasnya menguraikan bahan organik. Secara umum efektivitas pengolahan air limbah dengan sistem lahan basah buatan yang dilengkapi dengan pertumbuhan tanaman terbukti cukup tinggi.

Efisiensi Penurunan TSS dengan tanaman *Typha angustifolia*

Data hasil penelitian penurunan konsentrasi TSS pada sampel air limbah domestik setelah melalui bak reaktor dengan variasi jarak tanaman dan waktu tinggal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6 Persentase Penurunan TSS dengan Variasi Jarak Tanaman dan Waktu Tinggal

Waktu (hari)	Jarak Tanaman				
	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
	%	%	%	%	%
1-3	16,7	50	33,3	50	50
6	33,3	50	66,7	50	66,7
9	33,3	66,7	50	66,7	66,7
12	66,7	50	83,3	66,7	66,7
15	50	83,3	66,7	83,3	83,3

Sumber: (Hidayah dan Wahyu, 2010)

Dilihat dari Tabel 2.6 diatas, penurunan kandungan TSS tertinggi prosentase penurunannya sebesar 83.3%. Sedangkan prosentase penurunan terendah terjadi pada bak reaktor kontrol tanpa tanaman, yaitu sebesar 16.7%. Menurut Supradata (2005), Perbedaan laju penurunan TSS pada tiap-tiap reaktor bisa saja terjadi, akibat perbedaan porositas media yang dibentuk oleh sistem perakaran tanaman dalam reaktor. Bahwa penurunan kandungan TSS di dalam air limbah domestik yang melalui proses lahan basah buatan dengan berupa bak reaktor, lebih besar penurunannya dengan adanya di tanami tanaman sebagai penyerap kandungan TSS di limbah. Kemudian Prosentase di bak reaktor 5cm saat waktu tinggal 12 hari menurun menjadi 50% hal ini dapat disebabkan sistem perakaran dibak reaktor tidak selalu menghambat laju partikel solid yang dibawa pola aliran limbah, sehingga partikel padatan masih lolos dan mempengaruhi berat solid yang akan di analisa. Menurut Supradata (2005) Sistem perakaran tanaman yang terbentuk dalam reaktor tidak tumbuh secara merata pada masing-masing reaktor, sehingga pola aliran limbah tidak membentuk aliran sumbat yang sama untuk masingmasing reaktor. Dengan demikian, maka kecenderungan penurunan TSS pada masing-masing reactor tidak dapat dibandingkan, sehingga hasil penurunan TSS pada tiap-tap bak reaktor tidak signifikan. Penurunan kandungan TSS

di alam lahan basah terjadi melalui proses fisik seperti sedimentasi dan filtrasi (Zurita, 2008). Proses sedimentasi terjadi dikarenakan air limbah harus melewati jaringan akar tanaman yang cukup panjang sehingga partikel-partikel yang melewati media dan zona akar dapat mengendap (Wood , 1990).

2. *Iris pseudoacorus*

Iris pseudoacorus adalah salah satu tanaman herba. Bunganya memiliki bibir *(labellum)* yang merupakan modifikasi dari salah satu petal (mahkota bunga) seperti halnya anggrek. Tanaman iris mampu tumbuh dengan media tanah. Sebagai tanaman semak berumpun, iris baik digunakan sebagai *border* pada tempat yang mendapat cahaya matahari. Bunga ini termasuk bunga õperennialò yang artinya salah satu bunga yang dapat hidup lebih dari dua tahun. Panjang akar biasanya 4 ï 8 inci (10-20)cm dan memiliki getah berwarna hitam. Setiap individu menghasilkan 10 daun yang ditutupi oleh lapisan lilin berwarna putih dan abu-abu. Daunnya berbentuk pedang dengan panjang 50 ï 100 cm dan lebarnya 10 ï 30 cm. Berkembang biak setiap bulan secara vegetatif melalui sistem perakaran maupun secara generative melalui biji yang terletak diujung batang pada pangkal daun. Tanaman tersebut dapat hidup di area-area yang memiliki kandungan zat organik terlarut hingga 25% lebih dari satu tahun. Dalam 24 jam, dapat menurunkan *E.coli* sebesar 50%. *Salmonella* hingga 70%, dan *Entercoli* hingga 60%. Hal tersebut dapat membuktikan bahwa tanaman iris mampu menurunkan logam berat pada air limbah secara efisien dan ekonomis, karena kemampuan tanaman ini dalam menyerap logam serta dapat bertahan dalam kondisi tidak baik (Jacobs, Graves & Mangold, 2010).

Tanaman iris dapat tumbuh diberbagai jenis tanah misalnya pada tanah berkerikil di pantai dimana akar-akar menembus kedasar tanah, hingga pada tanah liat yang tergenang. Di negara eropa, tanaman ini tetap berada pada daerah yang lebih tinggi dari rawa dan muara dengan salinitas hingga 24%. Tanaman ini sering ditemukan di rawa-rawa, dengan pH 3,6 ï 7,7 dan membutuhkan kandungan nitrogen yang tinggi (Jacobs, Graves & Mangold, 2010).

Gambar 2.6 Tanaman *Iris pseudoacorus*

Kemampuan Tanaman *Iris pseudoacorus* Menurunkan Nilai BOD Air Limbah

Kemampuan tanaman *Iris pseudoacorus* dalam mengolah limbah ditunjukkan dengan persentase penurunan nilai BOD dalam air limbah tersebut. Kinerja CW dalam menurunkan nilai BOD berdasarkan hasil analisis laboratorium dibandingkan dengan reaktor tanpa tanaman. Masing-masing dengan waktu tinggal tiga hari.

Peran tanaman dalam menurunkan nilai BOD menunjukkan nilai yang signifikan dibandingkan dengan reaktor tanpa tanaman. Pada reaktor tanpa tanaman nilai BOD pada waktu tinggal tiga hari tidak menunjukkan penurunan, bahkan meningkat dari 200 mg/L pada inlet menjadi 400 mg/L pada titik terdekat dengan outlet. Sementara dengan CW menggunakan Iris mampu menurunkan nilai BOD sebesar 91.51%, yaitu dari 146.70 mg/L pada inlet hingga 12.45 mg/L pada outlet. Baku Mutu yang ditetapkan untuk limbah cair golongan I sebesar 30 mg/L. Perbandingan dilakukan terhadap air limbah pada influent yang belum mengalami perlakuan dengan air limbah pada titik outlet setelah mengalami proses dalam CW (Suswati, A. C. S., et al., 2012).

Berdasarkan hasil pengukuran penggunaan tanaman Iris untuk mengolah air limbah domestik dengan waktu tinggal 3 hari sudah menunjukkan kemampuan yang baik dalam menurunkan nilai BOD. Hal itu terlihat dari nilai BOD setelah pengolahan

berada di bawah Standar Baku Mutu limbah domestik. Dengan demikian dapat dipertimbangkan untuk membuat TPL dengan volume berdasarkan produksi limbah selama tiga hari, dengan menentukan luasan sesuai dengan waktu tinggal tiga hari. Analisis untuk menguji sejauh mana perbedaan hasil pengolahan limbah menggunakan tanaman Iris dan tanpa tanaman dilakukan dengan uji-t beda. Dari hasil pengujian kualitas air dengan perlakuan tanpa tanaman dan menggunakan tanaman menunjukkan bahwa pengolahan dengan tanaman pada waktu tinggal tiga hari mencapai hasil optimal, dengan nilai signifikansi 0.162 (Suswati, dkk., 2012).

Kemampuan Tanaman *Iris pseudoacorus* Menurunkan Nilai COD Air Limbah

Menurut Prawira, J., et al., 2015, kemampuan tanaman *Iris pseudoacorus* dalam mengolah limbah ditunjukkan dengan persentase penurunan nilai COD dalam air limbah tersebut. Kinerja CW dalam menurunkan nilai COD berdasarkan hasil analisis laboratorium dengan perbedaan waktu tinggal (hari) dapat dilihat pada Tabel 2.7.

.

Tabel 2.7 Persentase Removal Parameter COD

Perlakuan	% Removal
Sampel Awal	0
1-3 Hari	66,8
4-5 Hari	72,3

Sumber: Prawira, dkk., 2015

Berdasarkan data hasil penelitian sebagaimana tersaji pada Tabel 2.7 diatas, maka dapat diperoleh efektivitas dari sistem lahan basah buatan dalam mereduksi berbagai parameter limbah, dimana semakin lama waktu penanaman semakin besar penurunan kadar COD.

2.6.4.3 Temperatur

Temperatur/suhu air limbah akan berpengaruh pada akvititas mikroorganisme maupun tanaman, sehingga akan mempengaruhi kinerja pengolahan air limbah yang masuk ke

bak/*cell SSF-Wetlands* yang akan digunakan. Menurut Suriawiria, U., (1993) menyebutkan bahwa temperatur/suhu akan dapat mempengaruhi reaksi, dimana setiap kenaikan suhu 10°C akan meningkatkan reaksi 2 ï 3 kali lebih cepat. Disamping itu, suhu juga merupakan salah satu faktor pembatas bagi kehidupan mikroorganisme. Walaupun batas kematian mikroorganisme pada daerah suhu yang cukup luas (0°C ï 90°C). Namun kehidupan optimal untuk tiap-tiap jenisnya mempunyai kisaran tertentu. Berdasarkan hal tersebut, maka ada 3 (tiga) kelompok mikroorganisme, yaitu :

- Mikroorganisme *Psikrofil* (Pertumbuhan optimal pada suhu 15°C).
- Mikroorganisme *Mesofil* (pertumbuhan optimal pada suhu 25°C - 37°C).
- Mikroorganisme *Termofil* (pertumbuhan optimal pada suhu 55°C - 60°C).

Mengingat kondisi iklim di Indonesia secara umum memiliki iklim tropis dengan kisaran perbedaan suhu (amplitudo) harian yang relatif kecil, maka suhu bukan merupakan faktor pembatas lagi, sehingga kehidupan mikrobia dapat optimal disepanjang tahun. Dengan demikian, maka kinerja pengolahan limbah dengan sistem *SSF-Wetlands* di Indonesia, dapat berjalan secara optimal untuk sepanjang tahun.

2.7 Pemeliharaan *Constructed Wetland*

Penyumbatan merupakan salah satu masalah utama dalam *Constructed Wetland* yang sering membuat sistem ini tidak berfungsi. Bila didesain, dilaksanakan, dan dioperasikan dengan baik maka sistem ini akan berfungsi secara optimum selama 15-20 tahun. Umur *Constructed Wetland* sangat dipengaruhi oleh ukuran dari media yang digunakan, karakeristik dan ñ*strength*ò dari limbah. Menurunnya fungsi sistem *Constructed Wetland* ditunjukkan dengan menurunnya efisiensi pengolahan dan menurunnya *hydraulic conductivity*. Beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk memfungsikan kembali sistem *Constructed Wetland* yang efisiensinya telah menurun, antara lain:

1. *Resting,* yaitu mengistirahatkan sistem *Constructed Wetland* untuk beberapa waktu. Selama proses ñ*resting*ò, berbagai elemen yang mengakibatkan penyumbatan dapat

terdekomposisi hingga *hydraulic conductivity* dapat ditingkatkan kembali.

2. Setelah itu dilakukan pengisian secara bergantian *(alternate charging*) pada setiap bagin bad *Constructed Wetland*. Setelah dianggap cukup dapat difungsikan kembali.
3. Apabila menurunnya *hydraulic conductivity* disebabkan oleh partikel-partikel padat yang tidak dapat terurai maka tidak ada jalan lain selain membongkar media dan menggantinya. Bila hal ini terpaksa dilakukan maka lebih baik dilakukan pada bagian inlet, karena bagian inilah yang paling sering mengalami penyumbatan.
4. Kepadatan tanaman di dalam *Constructed Wetland* ini juga perlu diperhatikan. Jika sudah padat maka perlu dikeluarkan atau dipanen untuk menghindari penyumbatan media dan menurunnya supplai oksigen.

BAB 3
GAMBARAN WILAYAH PERENCANAAN

3.1 Gambaran Umum Lokasi Perencanaan

Singgasana Hotel Surabaya merupakan salah satu hotel berbintang lima yang berada di Jalan Gunung Sari, Surabaya. Singgasana Hotel Surabaya adalah hotel yang memiliki luas lahan sekitar 7 hektar. Dimana 5,2 hektar digunakan untuk area hijau sedangkan 1,8 hektar dijadikan lahan bangunan. Adapun fasilitas yang tersedia sebagai berikut:

- 42 Kamar Deluxe Twin
- 42 Kamar Deluxe King
- 25 Kamar Executive Deluxe King
- 23 Kamar Executive Deluxe Twin
- 14 Kamar Executive Suite
- 4 Kamar Villa

Lokasi Singgasana Hotel Surabaya dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

Gambar 3.1 Batas Wilayah Lokasi Perencanaan

Gambar 3.2 Lokasi Perencanaan

3.2 Hasil Uji *Effluent* IPAL Singgasana Hotel Surabaya

Singgasa Hotel Surabaya mempunyai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengolah limbah cair domestik dari kamar mandi hotel dan villa, kamar mandi karyawan, dapur, dan drainase. Berdasarkan laporan hasil pengujian *effluent* IPAL Singgasana Hotel Surabaya diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Hasil Uji *Effluent* IPAL

No	Parameter	Metode	Limit Deteksi	Satuan	Baku Mutu	Hasil
1.	pH Lab *)	SNI 06.6989. 11.2004	0,01	#	6,0 ï 9,0	6,96
2.	Suhu Lab *)	SNI 06.6989. 23.2005	0,1	^{0}C	-	27,20
3.	BOD_5	SNI 6989.72. 2009	0,3568	mg/l	30	27,97

No	Parameter	Metode	Limit Deteksi	Satuan	Baku Mutu	Hasil
4.	COD	SNI 6989.73. 2009	0,4007	mg/l	50	71,68
5.	TSS **	SNI 06.6989. 11.2004	1	mg/l	50	25
6.	Minyak dan Lemak **	SNI 06.6989. 10.2004	0,5	mg/l	10	<LD
7.	Volume Limbah Cair Max	-	-	L/Org/ Hari	120	83,33

Sumber: BBTKLPP Surabaya, 2015
Keterangan :

** Per.Gub Jatim No. 72 tahun 2013*
*** Belum masuk ruang lingkup akreditasi*
 # Tidak ada satuan
- Tidak ada data

3.3 Kondisi Eksisting IPAL Singgasana Hotel Surabaya

Berdasarkan hasil survey langsung ke lokasi perencanaan, kondisi eksisting IPAL Singgasana Hotel Surabaya dapat di lihat pada Gambar 3.3.

Gambar 3.3 IPAL Singgasana Hotel Surabaya

ñHalaman ini sengaja dikosongkanò

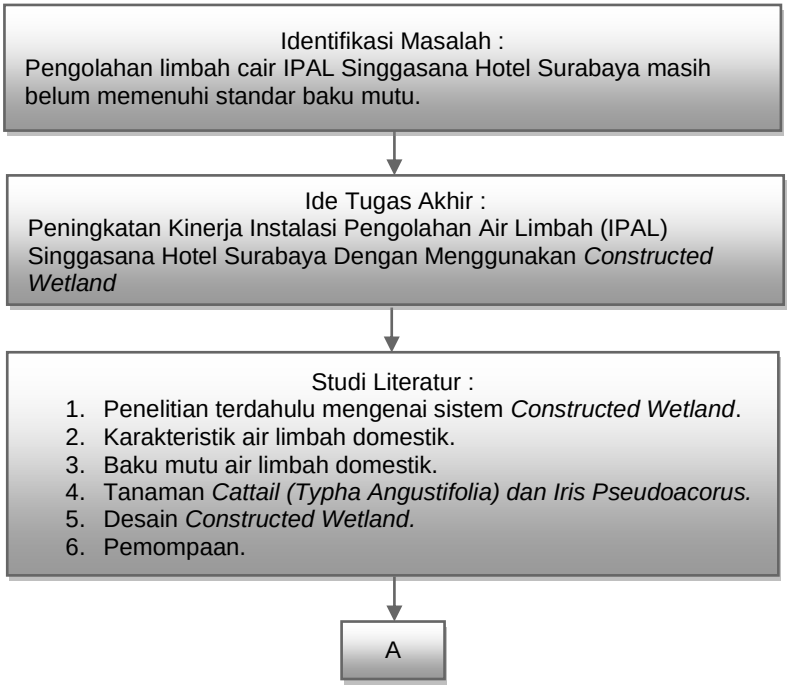
BAB 4
METODE PERENCANAAN

4.1 Umum

Tugas akhir ini merencanakan sistem pengolahan limbah cair domestik skala hotel di Singgasana Hotel Surabaya, dengan menggunakan *Subsurface Flow Constructed Wetland* yang didasarkan pada jenis tanaman. Dari perencanaan tersebut akan di dapatkan rencana dasar dan gambar rencana.

4.2 Tahapan Perencanaan

Secara garis besar, tahapan perencanaan meliputi identifikasi masalah, ide tugas akhir, studi literatur, pengumpulan data primer dan sekunder, pengolahan data dan desain sistem, serta kesimpulan dan saran. Tahapan-tahapan dalam perencanaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Alir

4.2.1 Identifikasi Masalah

Perencanaan ini bermula dari permasalahan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Singgasana Hotel Surabaya yang masih belum berfungsi secara maksimal sehingga *effluent* limbah cairnya belum memenuhi baku mutu. Timbulnya masalah tersebut mengharuskan pihak pengelola hotel untuk mencari solusi dengan alternatif pengolahan teknologi tepat guna. Diharapkan perencanaan *Constructed Wetland* ini dapat membantu pihak pengelola hotel dalam meningkatkan kinerja IPAL.

4.2.2 Ide Tugas Akhir

Ide perencanaan muncul berdasarkan upaya mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh pihak pengelola hotel untuk mendapatkan solusi dengan alternatif pengolahan tepat guna. Perencana memiliki ide dengan merencanakan *Constructed Wetland* yang dinilai mampu meningkatkan kinerja IPAL untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan oleh Singgasana Hotel Surabaya. Diharapkan dalam perencanaan ini *effluent* yang dihasilkan oleh Singgasana Hotel Surabaya bisa memenuhi baku mutu.

4.2.3 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan dalam tugas akhir ini untuk mendapatkan literatur yang ada hubungannya dengan data maupun materi perencanaan baik jurnal, tugas akhir, buku-buku pustaka maupun hasil penelitian terdahulu. Studi literatur yang digunakan membahas tentang :

1. Penelitian terdahulu mengenai sistem *Constructed Wetland*.
2. Karakteristik air limbah domestik.
3. Baku mutu air limbah domestik.
4. Tanaman *Cattail (Typha angustifolia) dan Iris pseudoacorus.*
5. Desain *Constructed Wetland.*
6. Pemompaan.

4.2.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menemukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Dalam perencanaan ini data yang dibutuhkan terdiri dari data primer dan data sekunder.

a. Data primer pada perencanaan ini adalah:
   1. Melakukan survey langsung ke lokasi rencana untuk mengetahui kondisi eksisting IPAL yang beroperasi di Singgasana Hotel Surabaya.
   2. Mengetahui kuantitas effluent IPAL dengan melakukan pengukuran kecepatan aliran di saluran rencana menggunakan alat *current meter.* Pengukuran dilakukan selama 24 jam untuk mendapatkan fluktuasi data primer debit (pada hari Sabtu, 12 Maret 2016).
   3. Mengetahui kualitas *effluent* IPAL dengan melakukan *sampling* di saluran rencana (pada jam ramai dan jam sepi). Sampling diakukan sebanyak 2 kali pada hari rabu (mewakili hari kerja) dan hari minggu (mewakili hari libur) kemudian di rata-rata.
   4. Foto *outlet* buangan dan lahan yang akan dipakai SSFCW.
b. Data sekunder pada perencanaan ini adalah:
   1. Peta lokasi hotel.
      Peta lokasi hotel berguna untuk menjelaskan lokasi hotel tersebut.
   2. Elevasi lokasi perencanan desain SSFCW.
      Elevasi berguna untuk menentukan ketinggian awal pada lokasi perencanaan.
   3. Efisiensi dan kerapatan tanaman Cattail *(Typha angustifolia)* dan *Iris pseudoacorus.*
      Efisiensi tanaman berguna untuk meremoval kadar pencemar (BOD, COD, dan TSS). Sedangkan kerapatan tanaman berguna untuk menentukan jumlah tanaman yang dibutuhkan pada perencanaan SSFCW.
   4. Perencanaan SSFCW.

4.2.5 Analisa dan Pengolahan Data

Analisa dan pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang telah didapatkan dan dibutuhkan dalam perencanaan ini. Selanjutnya, data dikelompokkan sesuai dengan

tujuan perencanaan ini dan dipilih data yang akan digunakan. Adapun analisa data yang dilakukan adalah:

1. Analisa data kuantitas *effluent* IPAL.
   Ditentukan debit rata-rata yang diperoleh dari hasil pengukuran selama 24 jam. Debit rata-rata inilah yang akan dipakai pada tahap perencanaan.
2. Analisa data kualitas *effluent* IPAL.
   Kualitas *effluent* didapatkan dari sampling di lapangan dengan metoda *grab sampling* (sampling sesaat). Dari hasil analisa di laboratorium Pemulihan Air Teknik Lingkungan FTSP ITS, kadar BOD, COD, dan TSS belum memenuhi baku mutu (Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013).
3. Analisa alternatif tanaman *Typha angustifolia* dan *Iris pseudoacorus.*
   Analisa yang dilakukan dimulai dari persentase removal tanaman dalam menyerap kadar pencemar (BOD, COD, dan TSS) yang nantinya akan berguna dalam perhitungan *mass balance.* Perencana bertujuan untuk memperoleh kualitas *effluent* yang memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Kemudian dilakukan analisa kerapatan tanaman, dimana perencana akan membandingan kerapatan tanaman dengan penelitian terdahulu (literatur) sesuai dengan jenis tanaman yang telah di pilih (*Typha angustifolia* dan *Iris pseudoacorus).*

4.2.6 Perencanaan Desain

Dalam perencanaan ini, unit yang akan dihitung meliputi bak ekualisasi, reaktor SSFCW, pipa *outlet* SSFCW, kolam indikator, dan pipa *outlet*. Dari perencanaan ini, akan didapatkan luas lahan total yang dibutuhkan untuk keseluruhan bangunan pengolahan.

a. Bak Ekualisasi
   Bak ekualisasi berfungsi untuk menstabilkan debit. lalu yang kedua adalah untuk mencegah terjadinya *shock loading*. Hal tersebut dikarenakan debit air buangan dari *oulet* IPAL yang selalu fluktuatif. Air limbah dari bak ekualisasi akan di pompa menuju ke

reaktor SSFCW. Adapun pompa yang dipakai adalah pompa *submersible.*

b. Reaktor SSFCW

Media yang digunakan pada reaktor ini terdiri dari pasir, kerikil, dan tanaman (*Typha angustifolia* dan *Iris pseudoacorus).* Untuk mencegah terjadinya penyumbatan ketika air buangan masuk maupun keluar, maka di sisi dekat *inlet* dan *outlet* dipasang kerikil. Pasir yang digunakan adalah jenis *medium sand* (diameter efektif (d_{10}) = 1 ï 5 mm). Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi removal.

c. Kolam Indikator

Kolam indikator berfungsi sebagai indikasi terhadap kadar pencemar hasil olahan dengan memberi ikan pada kolam tersebut. Air hasil olahan dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih untuk siram taman.

d. Pipa *Outlet*

Air hasil olahan akan dialirkan ke saluran drainase, pipa *outlet* ini direncanakan seperti pipa *overflow*, yaitu posisinya berada diatas level air penampang dan dibawah level tanah.

e. Alternatif Desain, yaitu menggunakan tanaman *Cattail* (*Typha angustifolia)* dan tanaman *Iris pseudoacorus.*

4.2.7 Hasil Perencanaan

Pada hasil perencanaan akan dibahas:

a. Dimensi Desain
b. Gambar Unit Pengolahan

4.2.8 Kesimpulan dan Saran

Pada kesimpulan ini dilakukan sintesis terhadap hasil perencanaan. Kesimpulan menjawab tujuan dari tugas akhir ini. Saran diberikan berkenaan dengan pengembangan ataupun tindak lanjut dari kesimpulan tugas akhir ini.

BAB 5
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kuantitas *Effluent* IPAL

Besarnya debit rata-rata limbah cair pada *effluent* IPAL Singgasana Hotel Surabaya yang diperhitungkan adalah pada kondisi rata-rata perhari. Pengukuran debit dilakukan selama 24 jam pada hari Sabtu, 12 Maret 2016. Hal tersebut bertujuan untuk memperoleh fluktuasi debit pada jam ramai dan jam sepi. Setelah dilakukan pengukuran, diperoleh debit maksimum pada pukul 09.00 WIB dan pukul 19.00 WIB sebesar 0.0048 m^3/detik dan 0.0051 m^3/detik. Sedangkan untuk debit minimum, pada pukul 13.00 WIB dan 23.00 WIB sebesar 0.0011 m^3/detik dan 0.0031 m^3/detik. Pengukuran debit diperoleh dari hasil perkalian kecepatan aliran, kedalaman air, dan lebar saluran. Kecepatan aliran diketahui dengan menggunakan alat *current meter.* Hasil perhitungan debit dapat dlihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Perhitungaan Debit *Effluent* IPAL Singgasana Hotel Surabaya

No	Waktu (WIB)	V (m/s)	H Air (cm)	H Air (m)	L (m)	A (m^2)	Q (m^3/s)
1	8.00	0.50	2.40	0.02	0.10	0.0024	0.0012
2	9.00	0.99	4.90	0.05	0.10	0.0049	0.0048
3	10.00	0.80	3.90	0.04	0.10	0.0039	0.0031
4	11.00	0.81	4.00	0.04	0.10	0.0040	0.0033
5	12.00	0.52	2.50	0.03	0.10	0.0025	0.0013
6	13.00	0.49	2.30	0.02	0.10	0.0023	0.0011
7	14.00	0.82	4.10	0.04	0.10	0.0041	0.0034
8	15.00	0.78	3.80	0.04	0.10	0.0038	0.0030
9	16.00	0.90	4.50	0.05	0.10	0.0045	0.0040
10	17.00	0.93	4.60	0.05	0.10	0.0046	0.0043
11	18.00	1.00	5.00	0.05	0.10	0.0050	0.0050
12	19.00	1.00	5.10	0.05	0.10	0.0051	0.0051
13	20.00	1.00	5.00	0.05	0.10	0.0050	0.0050

No	Waktu (WIB)	V (m/s)	H Air (cm)	H Air (m)	L (m)	A (m^2)	Q (m^3/s)
14	21.00	0.96	4.80	0.05	0.10	0.0048	0.0046
15	22.00	0.92	4.60	0.05	0.10	0.0046	0.0042
16	23.00	0.79	3.90	0.04	0.10	0.0039	0.0031
17	24.00	0.81	4.00	0.04	0.10	0.0040	0.0032
18	1.00	0.82	4.10	0.04	0.10	0.0041	0.0034
19	2.00	0.83	4.10	0.04	0.10	0.0041	0.0034
20	3.00	0.85	4.20	0.04	0.10	0.0042	0.0036
21	4.00	0.84	4.20	0.04	0.10	0.0042	0.0035
22	5.00	0.96	4.80	0.05	0.10	0.0048	0.0046
23	6.00	1.00	4.90	0.05	0.10	0.0049	0.0049
24	7.00	0.99	5.00	0.05	0.10	0.0050	0.0050
25	8ô00	0.95	4.80	0.05	0.10	0.0048	0.0045
Rata ï Rata							**0.0037**

Keterangan:

V = kecepatan aliran (m/detik)

H Air = kedalaman air (m)

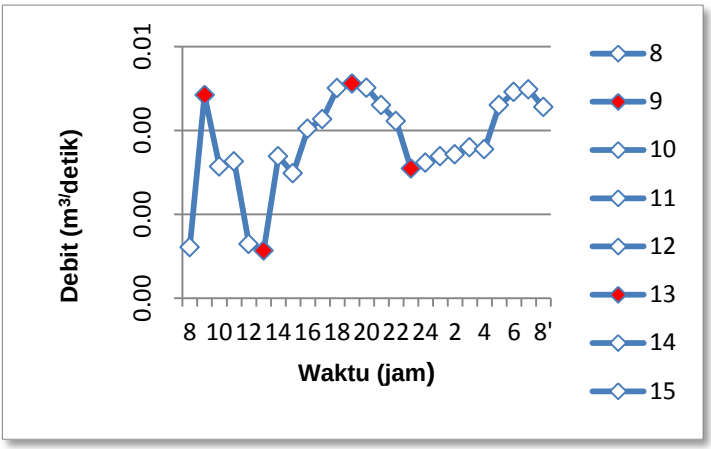
L = lebar saluran (m)

: Qmax

: Qmin

Dari Tabel 5.1 diperoleh hasil perhitungan debit *effluent* IPAL Singgasana Hotel Surabaya. Hasil tersebut kemudian diplotkan kedalam grafik sehingga diperoleh flukstuasi debit *effluent* IPAL Singgasana Hotel Surabaya selama 24 jam. Fluktuasi inilah yang akan menjadi acuan dalam pengambilan sampel kualitas *effluent* IPAL Singgasana Hotel Surabaya.

Adapun grafik fluktuasi debit *effluent* IPAL bisa dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Fluktuasi Debit *Effluent* IPAL

5.2 Kualitas *Effluent* IPAL

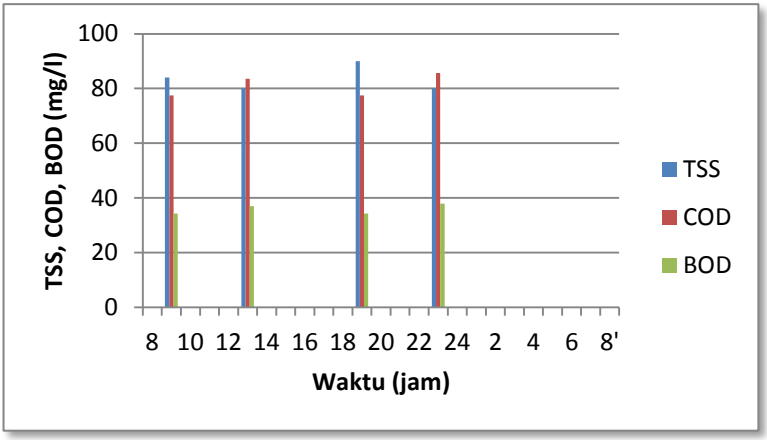
Berdasarkan data fluktuasi yang diperoleh, *sampling* dilakukan pada hari Rabu,16 Maret 2016 (mewakili hari kerja) dan hari Kamis, 20 Maret 2016 (mewakili hari libur). Sedangkan analisa di Laboratorium dilakukan pada hari Kamis, 17 Maret 2016 dan Senin, 21 Maret 2016.

Adapun parameter yang digunakan pada perencanaan *Constructed Wetland* adalah BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS *(Total Suspended Solid)*. Data lengkap hasil analisa laboratorium bisa dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perhitungan Data Analisis Kualitas *Effluent* IPAL

Jam	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)
09.00	84	77	34
13.00	80	84	37
19.00	90	77	34
23.00	80	86	38
Rata-rata	**84**	**81**	**36**

Untuk mengetahui perbedaan kualitas TSS, COD dan BOD, bisa dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Perbedaan Kualitas TSS, COD dan BOD

5.3 Dimensi Pengolahan Air Limbah

Perhitungan bangunan pengolahan air limbah Singgasana Hotel Surabaya sebagai berikut:

1. Dimensi Bak Ekualisasi

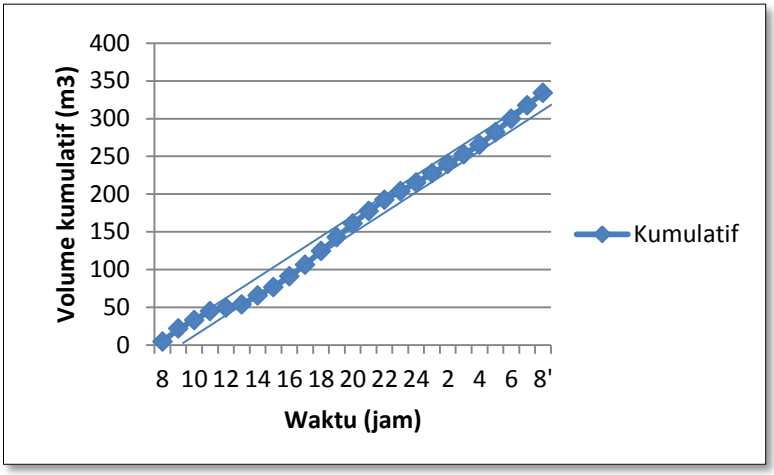
Dari tabel di bawah ini, dapat dilihat *Average Flowrate* selama periode 24 jam. Tabel ini dibuat agar mengetahui debit air limbah maksimal yang dikeluarkan tiap jam. Bak ekualisasi ini dibuat untuk 2 tujuan. Tujuan yang pertama adalah untuk menstabilkan debit, lalu yang kedua adalah untuk mencegah terjadinya *shock loading*.

Debit yang dihasilkan dikonversikan ke bentuk volume dalam bentuk m^3. Misal pada jam ke 08.00 WIB: (0.0012 m^3/detik) x (3600 detik/jam) x (1 jam) = 4,36 m^3. Bentuk volume dalam m^3 tersebut kemudian dikumulatifkan dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Perhitungan Volume Kumulatif

Waktu (WIB)	Debit (m3/detik)	Volume (m^3)	Volume Kumulatif (m^3)
08.00	0.0012	4.36	4.36
09.00	0.0048	17.44	21.80
10.00	0.0031	11.28	33.08
11.00	0.0033	11.72	44.80
12.00	0.0013	4.64	49.44
13.00	0.0011	4.09	53.53
14.00	0.0034	12.16	65.69
15.00	0.0030	10.71	76.40
16.00	0.0040	14.52	90.92
17.00	0.0043	15.35	106.27
18.00	0.0050	18.02	124.28
19.00	0.0051	18.43	142.72
20.00	0.0050	18.04	160.75
21.00	0.0046	16.55	177.31
22.00	0.0042	15.18	192.49
23.00	0.0031	11.14	203.62
24.00	0.0032	11.59	215.22
01.00	0.0034	12.15	227.37
02.00	0.0034	12.31	239.68
03.00	0.0036	12.93	252.61
04.00	0.0035	12.77	265.38
05.00	0.0046	16.55	281.93
06.00	0.0049	17.67	299.61
07.00	0.0050	17.90	317.50
08'.00	0.0045	16.37	333.88

Dari Tabel 5.3. Hasil kumulatif volume diplotkan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Volume Kumulatif Bak Ekualisasi

Langkah selanjutnya adalah membuat garis rata-rata aliran yang menghubungkan nilai awal dan nilai akhir. Kemudian membuat garis singgung pada kurva yang sejajar dengan garis rata-rata aliran. Volume bak ekualisasi digambarkan oleh garis vertikal yang merupakan jarak dari titik singgung terjauh dengan garis aliran rata-rata.

Bak ekualisasi direncanakan berbentuk persegi panjang dengan perhitungan dimensi sebagai berikut:
Volume = 17,90 m^3 ï 10,71 m^3 = 7,19 m^3

Dimensi Bak Ekualisasi
Direncanakan:

- Jumlah bak ekualisasi = 1 buah
- Qave = 0,0037 m^3/detik
- Volume bak ekualisasi = 7,19 m^3
- Waktu detensi = 6 jam (4-8 jam)
- Kedalaman = 1,5 m

Perhitungan:

- Volume = L x w x h
  7,19 m^3 = $2w^2$ x 1,5 m
  w = 1,55 m (perbandingan L:w = 2:1)
  L = 3,0 m
  A surface = L x w
  = 3,0 x 1,5
  = 4,8 m^2

Dimensi bak ekualisasi:

- Panjang (L) = 3,0 m
- Lebar (w) = 1,5 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Kedalaman (h) = 1,5 m
- Freeboard = 0,3 m
- Kedalaman Total = 1,8 m

✓ Head Loss pada bak ekualisasi

Untuk mengetahui Head Loss (HL) pada bak ekualisasi, bisa dihitung berdasarkan rumus Manning sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

$$R = \frac{A}{K}$$

$$Hf = S \times L$$

Dimana:

- Q = debit (m^3/detik)
- n = koefisien kekasaran beton (0,015)
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = kemiringan dasar saluran (m/m)
- A = luas penampang basah (m^2)
- K = keliling penampang basah (m)
- Hf = kehilangan tekanan (m)
- L = panjang saluran (m)

$$0{,}0037 = \frac{1}{0{,}015}\left[\frac{1{,}5 \text{ x } 1{,}5}{(1{,}5 + (1{,}5 \text{ x } 2))}\right]^{2/3} S^{1/2} \text{ x } (1{,}5 \text{ x } 1{,}5)$$

$S = 0{,}007$ m

$Hf = 0{,}007 \text{ x } 3 = 0{,}021$ m

Jadi Head Loss pada bak ekualisasi adalah 0,02 m

2. Kebutuhan Pompa

Pemilihan pompa didasarkan pada debit dan head pompa.

a. Perhitungan head pompa

Perhitungan pompa menggunakan rumus:

$H = H_s + \phi H_p + H_f + \frac{v^2}{2g}$

Nilai (v) kecepatan = 0,3 ï 0,6 m/detik, (Permen PU No. 18 Tahun 2007).

Berikut ini adalah perhitungan pompa pada bak ekualisasi menuju ke unit *subsurface flow constructed wetland.*

- Head Statik (H_s)

  Head statik adalah perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan sisi isap pompa, (Tahara, 2000).

  Head statik yang direncanakan:

  H_s = (1,5 ï 0,3) = 1,2 m

- Pressure Head (ϕH_p)

  Pressure head adalah perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air, (Tahara, 2000).

  Tekanan di permukaan dianggap sama (ϕH_p = 0) (Tahara, 2000).

- Head Mayor

  Head mayor adalah berbagai kerugian head di sepanjang pipa, (Tahara, 2000).

Diketahui: panjang pipa (L) = 1,5 m

$$Hf = \left[\frac{Q}{0{,}2785CD^{2,63}}\right]^{1,85} L$$

$$Hf = \left[\frac{0{,}0037}{0{,}2785(130)(0{,}08)^{2,63}}\right]^{1,85} 1{,}5$$

$$Hf = 0{,}01 \text{ m}$$

- Head Minor

  Head minor adalah berbagai kerugian head akibat katup, belokan, sambungan, dan lain-lain, (Tahara, 2000).

  Head minor yang terjadi adalah belokan 90Á dan *gate valve.*

  - Head minor akibat belokan 90Á

    Head minor akibat belokan 90Á terjadi sebanyak dua kali, nilai k pada belokan 90Á yaitu 1,5 (Ningrum, 2008).

    $$Hf = n\left[k\frac{v^2}{2g}\right]$$

    $$Hf = 2\left[1{,}5\frac{0{,}6^2}{2(9{,}81)}\right]$$

    $$Hf = 0{,}06 \text{ m}$$

  - Head minor akibat *gate valve*

    Head minor akibat *gate valve* terjadi sebanyak satu kali dengan nilai k = 0,15 (Ningrum, 2008).

    $$Hf = n\left[k\frac{v^2}{2g}\right]$$

    $$Hf = 1\left[0{,}15\frac{0{,}6^2}{2(9{,}81)}\right]$$

    $$Hf = 0{,}003 \text{ m}$$

- Perhitungan Head Minor Total
  Perhitungan head minor total = head minor akibat belokan 90Á+ head minor akibat *gate valve.*

  = (0,06 + 0,003) m
  = 0,063 m

- Perhitungan Head Total Pompa
  $H = H_s + \alpha H_p + H_f$ (Hmayor+Hminor) + $\frac{v^2}{2g}$

  $H = 1,2 + 0 + 0,01 + 0,063 + \frac{0,5^2}{2(9,81)}$

  H = 1,3 m

- Perhitungan Daya Pompa
  Perhitungan daya pompa menggunakan rumus:

  Pw = (ɔ x Q x H) 0,163

  $P = Pw / d_p$

  Dimana:
  Pw = daya air (Kw)
  ɔ = berat air per satuan volume (Kg/liter)
  Q = debit air (m^3/menit)
  H = head total pompa (m)
  P = daya poros pompa (Kw)
  d_p = efisiensi pompa (angka, desimal)
  = 40% (Tahara, 2000)
- Perhitungan Daya Air

  Pw = (ɔ x Q x H) 0,163

  Pw = (0,995 x 0,22 x 1,3) 0,163

  Pw = 0,05 Kw

- Perhitungan Daya Poros

  $P = Pw / d_p$

  P = 0,05 / 0,4
  P = 0,13 Kw

Berdasarkan perhitungan di atas, maka dipilih pompa dengan spesifikasi sebagai berikut:
Jenis pompa : Pompa *Submersible*
Merk : Showfou
Tipe : SSA-112N
Spesifikasi :
- Kapasitas max : 380 liter/menit
- Head max : 10 m
- Voltage : 220 Volt
- Power input : 1 HP

Pada perencanaan ini pompa yang digunakan sebanyak dua untuk mengantisipasi adanya kerusakan pada pompa. Pompa dinyalakan selama 24 jam, dikarenakan untuk mendapatkan debit aliran yang stabil.

3. Unit *Subsurface Flow Constructed Wetland*

a. Alternatif Tanaman *Cattail* (*Typha angustifolia)*
Debit yang dialirkan ke unit *Subsurface Flow Constructed Wetland* adalah debit rata-rata dari total pengukuran.
Q_{ave} = 320,5 m^3/hari
= 13,4 m^3/jam
= 0,22 m^3/menit
= 0,0037 m^3/detik
BOD *influent* = 36 mg/l
BOD *effluent* = 14 mg/l
T = 27ÁC
Direncanakan:
- Tanaman *Cattail* (*Typha angustifolia*)
- Efisiensi tanaman = 62,3% (faktor keamanan sebesar 5% dari 67,3%, Hidayah, dkk., 2010)

- Media berupa *medium sand*
- Slope = 0,01 m/m
- Kedalaman media (d) = 0,6 m
- Porositas (Ŭ) = 0,42
- Konduktivitas hidrolik (Ks) = 420 m^3/m^2.hari
- Waktu detensi (Td) = 1 hari

$$\text{Luas penampang (Ac)} = \frac{Q}{Ks \times S} = \frac{320,5}{420 \times 0,01} = 76\ m^2$$

$$\text{Lebar (W)} = \frac{Ac}{d} = \frac{76}{0,6} = 127\ m$$

$$\text{Panjang (L)} = \frac{Td \times Q}{W \times d \times \breve{U}} = \frac{1 \times 320,5}{127 \times 0,6 \times 0,42} = 10\ m$$

$$\text{Luas Permukaan (As)} = L \times W = 10 \times 127 = 1270\ m$$

$$\text{Pengecekan HLR} = \frac{Q}{As} = \frac{320,5}{1270} = 0,25\ {}^{m^3}/_{m^2.hari}$$

Menurut Suprijanto & Nieke, 2012. HLR (*Hydraulic-Loading Rate)* yang digunakan untuk sistem SFS adalah < 0,4 m^3/m^2.hari. Maka nilai HLR dari hasil perhitungan sudah memenuhi.

$$\text{BOD LR} = \frac{Q \times BOD\ in}{As} = \frac{320,5 \times 36}{1270} = 9,04\ {}^{g}/_{m^2.hari}$$

BOD *loading rate* maksimum untuk sistem SFS harus dibatasi hingga 120 lb/acre.d (13,3 g/m^2.hari) (Metcalf & Eddy, 2001). Maka, nilai BOD LR dari hasil perhitungan sudah memenuhi.

Perhitungan desain unit SSFCW terhadap berbagai parameter dengan perbandingan panjang (L) dan lebar (W) = 3 : 1 (Tchobanoglous, 1998).

Jadi, dimensi unit SSFCW yang diperoleh yaitu:

Panjang (L)	= 62 m
Lebar (W)	= 21 m
Kedalaman media (d)	= 0,6 m
Ketebalan dinding	= 0,2 m
Freeboard (Fb)	= 0,3 m

- Head Loss pada unit SSFCW
  Diketahui nilai K adalah 10000 (*medium sand*), 1000 (*gravelly sand*). Untuk mengetahui Head Loss (HL) pada unit SSFCW, bisa dihitung berdasarkan rumus Darcy sebagai berikut:

$$\text{Hf} = \frac{\text{Q x A}}{K \text{ x d x W}} = 0{,}013 \text{ m}$$

- Kerapatan tanaman
  Kerapatan tanaman *Typha angustifolia* dalam penelitian Hidayah, dkk., 2010., diperoleh efisiensi penurunan BOD, COD dan TSS Ó 50% dengan waktu tinggal 1 hari dan jarak antar tanaman 0,2 m. Luas reaktor yang digunakan 1m^2 yang terdiri dari 3 tanaman.

  Dengan demikian, jumlah tanaman yang dibutuhkan pada perencanaan unit *Subsurface Flow Constructed Wetland* bisa dihitung dengan cara berikut:

$$\text{Jumlah Tanaman} = \frac{\text{3 rumpun x Luas Unit SSFCW}}{\text{1 m}^2}$$

  Jumlah Tanaman $= 3816$ rumpun

  Jadi, jumlah tanaman yang dibutuhkan dalam reaktor unit SSFCW adalah 3816 rumpun.

b. Alternatif Tanaman *Iris pseudoacorus*
   Debit yang dialirkan ke unit *Subsurface Flow Constructed Wetland* adalah debit rata-rata dari total pengukuran.

Q_{ave} = 320,5 m^3/hari
= 13,4 m^3/jam
= 0,22 m^3/menit
= 0,0037 m^3/detik
BOD *influent* = 36 mg/l
BOD *effluent* = 14 mg/l
T = 27ÁC
Direncanakan:
- Tanaman *Iris pseudoacorus*
- Efisiensi tanaman = 86,51% (faktor keamanan sebesar 5% dari 91,51%, Suswati, dkk., 2012)
- Media berupa *medium sand*
- Slope = 0,01 m/m
- Kedalaman media (d) = 0,5 m
- Porositas (Ŭ) = 0,42
- Konduktivitas hidrolik (Ks) = 420 m^3/m^2.hari
- Waktu detensi (Td) = 1 hari

$$\text{Luas penampang (Ac)} = \frac{\text{Q}}{\text{Ks x S}} = \frac{320{,}5}{420 \text{ x } 0{,}01} = 76 \text{ m}^2$$

$$\text{Lebar (W)} = \frac{\text{Ac}}{\text{d}} = \frac{76}{0{,}5} = 152 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (L)} = \frac{\text{Td x Q}}{\text{W x d x } \alpha} = \frac{1 \text{ x } 320{,}5}{152 \text{ x } 0{,}5 \text{ x } 0{,}42} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Luas Permukaan (As)} = \text{L x W} = 10 \text{ x } 152 = 1520 \text{ m}$$

$$\text{Pengecekan HLR} = \frac{\text{Q}}{\text{As}} = \frac{320{,}5}{1520} = 0{,}21 \ {}^{\text{m}^3}/_{\text{m}^2.\text{hari}}$$

Menurut Suprijanto & Nieke, 2012. HLR (*Hydraulic-Loading Rate)* yang digunakan untuk sistem SFS adalah < 0,4 m^3/m^2.hari. Maka, nilai HLR dari hasil perhitungan sudah memenuhi.

$$\text{BOD LR} = \frac{\text{Q x BOD in}}{\text{As}} = \frac{320{,}5 \text{ x } 36}{1520} = 7{,}53 \ {}^{\text{g}}/_{\text{m}^2.\text{hari}}$$

BOD *loading rate* maksimum untuk sistem SFS harus dibatasi hingga 120 lb/acre.d (13,3 g/m^2.hari) (Metcalf & Eddy, 2001). Maka, nilai BOD LR dari hasil perhitungan sudah memenuhi.

Perhitungan desain unit SSFCW terhadap berbagai parameter dengan perbandingan panjang (L) dan lebar (W) = 3 : 1 (Tchobanoglous, 1998).

Jadi, dimensi unit SSFCW yang diperoleh yaitu:

Panjang (L)	= 68 m
Lebar (W)	= 23 m
Kedalaman media	= 0,5 m
Ketebalan dinding	= 0,2 m
Freeboard (Fb)	= 0,3 m

- Diketahui nilai K adalah 10000 (*medium sand*), 1000 (*gravelly sand*). Untuk mengetahui Head Loss (HL) pada unit SSFCW, bisa dihitung berdasarkan rumus Darcy sebagai berikut:

$$\text{Hf} = \frac{\text{Q x A}}{\text{HLR x d x W}} = 0{,}014 \text{ m}$$

- Kerapatan tanaman
  Kerapatan tanaman *Iris pseudoacorus* dalam penelitian Suswati, dkk., 2012., diperoleh efisiensi penurunan BOD, COD dan TSS > 60% dengan waktu tinggal 1 hari dan jarak antar tanaman 0,15 m. Luas reaktor yang digunakan 1m^2 yang terdiri dari 46 tanaman.

  Dengan demikian, jumlah tanaman yang dibutuhkan pada perencanaan unit *Subsurface Flow Constructed Wetland* bisa dihitung dengan cara berikut:

$$\text{Jumlah Tanaman} = \frac{46 \text{ rumpun x Luas Unit SSFCW}}{1 \text{ m}^2}$$

$$\text{Jumlah tanaman} = 69447 \text{ rumpun}$$

Jadi, jumlah tanaman yang dibutuhkan dalam reaktor unit SSFCW adalah 69447 rumpun.

Untuk mengetahui perbedaan secara detail antara tanaman *cattail* dan tanaman *iris*, bisa dilihat pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, dan Tabel 5.6.

Tabel 5.4 Perhitungan Desain Unit SSFCW

Jenis Tanaman	Luas Unit SSFCW (m^2)	Panjang (m)	Lebar (m)
Typha angustifolia	1270	62	21
Iris pseudoacorus	1560	68	23

Tabel 5.5 Perhitungan HLR dan BOD LR Unit SSFCW

Jenis Tanaman	HLR ($m^{3/}m^2$.hari)	Kadar Maksimum (m^3/m^2.hari)	BOD LR (g/m^2.hari)	Kadar Maksimum (g/m^2.hari)
Typha angustifolia	0,25	0,4	9,04	13,3
Iris pseudoacorus	0,21		7,53	

Tabel 5.6 Perhitungan Kerapatan Tanaman

Jenis Tanaman	Jarak Antar Tanaman (m)	Jumlah Tanaman Dibutukan (rumpun)
Typha angustifolia	0,2	3816
Iris pseudoacorus	0,15	69447

4. Pipa *Outlet Subsurface Flow Constructed Wetland*

Pipa *outlet* SSFCW direncanakan untuk mengalirkan air terolah dari unit SSFCW menuju kolam indikator. Diketahui debit air limbah yaitu 0,0037 m^3/detik dan panjang pipa *outlet Subsurface Flow Constructed Wetland* adalah 30 cm.

Perhitungan pipa *outlet Subsurface Flow Constructed Wetland,* (Tahara, 2000).

$$Hf = \left[\frac{Q}{0{,}2785CD^{2{,}63}}\right]^{1{,}85} L$$

$$S \times L = \left[\frac{Q}{0{,}2785CD^{2{,}63}}\right]^{1{,}85} L$$

Dimana:

Hf = kerugian head (m)
Q = debit (m^3/detik)
C = koefisien
D = diameter pipa (m)
L = panjang pipa (m)
S = gradien hidrolik/*slope* (S=Hf/L)

$$S \times L = \left[\frac{Q}{0{,}2785CD^{2{,}63}}\right]^{1{,}85} L$$

$$0{,}01 = \left[\frac{0{,}0037}{0{,}2785(130)D^{2{,}63}}\right]^{1{,}85}$$

$$D = 0{,}08 \text{ m}$$

Diameter pipa mengikuti ukuran yang ada di pasaran yaitu 100 mm (4 inchi)

Perhitungan kecepatan di pipa *outlet Subsurface Flow Constructed Wetland.*

$$Q = v \times A$$

$$Q = v \times \frac{1}{4} \acute{} \ D^2$$

$$v = \frac{4Q}{\acute{} \ D^2}$$

$$v = \frac{4(0{,}0037)}{(3{,}14)(0{,}1)^2}$$

$$v = 0{,}5 \ m/detik$$

5. Kolam Indikator

Kolam indikator direncanakan 3 unit, berfungsi sebagai indikasi air limbah yang sudah terolah dari unit *Subsurface Flow Constructed Wetland* sebelum dibuang ke badan air.

Q_{Ave}	= 320,5 m^3/hari
	= 13 m^3/jam

Direncanakan:

- Waktu tinggal (Td)	= 5 menit
	= 0,08 jam
- Kedalaman (H)	= 1 m

Volume	= Q x Td
	= 1,0 m^3
Luas (A)	= Volume / Kedalaman
	= 1,0 m^2
Perbandingan L : W	= 1 : 1

Jadi, dimensi kolam indikator yang diperoleh yaitu:

Panjang (L)	= 1,0 m
Lebar (W)	= 1,0 m
Kedalaman (H)	= 1 m
Tebal dinding	= 0,2 m
Freeboard (Fb)	= 0,3 m

✓ Head Loss pada kolam indikator

Untuk mengetahui Head Loss (HL) pada kolam indikator, bisa dihitung berdasarkan rumus Manning sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} \text{ x } S^{1/2} \text{ x } A$$

$$R = \frac{A}{K}$$

$$Hf = S \text{ x } L$$

Dimana:

- Q = debit (m^3/detik)
- n = koefisien kekasaran beton (0,015)
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = kemiringan dasar saluran (m/m)
- A = luas penampang basah (m^2)
- K = keliling penampang basah (m)
- Hf = kehilangan tekanan (m)
- L = panjang saluran (m)

$$0{,}0037 = \frac{1}{0{,}015} \left[\frac{1 \text{ x } 1}{(1 + (1 \text{ x } 2))}\right]^{2/3} S^{1/2} \text{ x } (1 \text{ x } 1)$$

$$S = 0{,}026 \text{ m}$$

$$Hf = 0{,}026 \text{ x } 1 = 0{,}026 \text{ m}$$

Jadi Head Loss pada bak ekualisasi adalah 0,026 m

6. Pipa *Outlet*

Direncanakan panjang pipa *outlet* disesuaikan dengan jarak kolam indikator dengan saluran drainase (Ñ1 m). Diketahui level muka air buangan di saluran drainase sebesar 0,3 m dibawah level muka air tanah (0,41 ï 8,8)m. Direncanakan pipa *outlet* sama dengan pipa *inlet*.

5.4 *Mass balance*

Kualitas *influent* air buangan:
COD = 81 mg/l
BOD = 36 mg/l
TSS = 84 mg/l

Standar Baku Mutu Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013
COD = 50 mg/l
BOD = 30 mg/l
TSS = 50 mg/l

Kuantitas air buangan
Q_{ave} = 0,0037 m^3/detik
Qmaks = 0,0050 m^3/detik
Q min = 0,0021 m^3/detik

Perhitungan *Mass Balance*

1. Bak Ekualisasi

   Influent

   Diketahui:
   Q_{ave} = 0,0037 m^3/detik
   = 320,5 m^3/hari
   COD = 81 mg/l
   = 0,08 kg/m^3
   BOD = 36 mg/l
   = 0,04 kg/m^3
   TSS = 84 mg/l
   = 0,08 kg/ m^3

   Beban pencemar
   COD_M = Q_{ave} x COD = 26 kg/hari
   BOD_M = Q_{ave} x COD = 11 kg/hari
   TSS_M = Q_{ave} x COD = 27 kg/hari

   Removal
   COD_R = 0% x COD_M = 0 kg/hari
   BOD_R = 0% x BOD_M = 0 kg/hari
   TSS_R = 0% x TSS_M = 0 kg/hari

Effluent

$Debit_{effluent}$ = Q_{ave} in
= 320,5 m^3/hari

$COD_{Meffluent}$ = COD_M in - COD_R
= 26 kg/hari

$COD_{effluent}$ = $COD_{Meffluent}$ / $debit_{effluent}$
= 81 mg/l

$BOD_{Meffluent}$ = BOD_M in - BOD_R
= 11 kg/hari

$BOD_{effluent}$ = $BOD_{Meffluent}$ / $debit_{effluent}$
= 36 mg/l

$TSS_{Meffluent}$ = TSS_M in - TSS_R
= 27 kg/hari

$TSS_{effluent}$ = $COD_{Meffluent}$ / $debit_{effluent}$
= 84 mg/l

2. Unit *Subsurface Flow Constructed Wetland*

a. Alternatif Tanaman *Typha angustifolia*

Influent

Diketahui:

Q_{ave} = 0,0037 m^3/detik
= 320,5 m^3/hari

COD = 81 mg/l
= 0,08 kg/m^3

BOD = 36 mg/l
= 0,04 kg/m^3

TSS = 84 mg/l
= 0,08 kg/ m^3

Beban pencemar

COD_M = Q_{ave} x COD = 26 kg/hari

BOD_M = Q_{ave} x BOD = 11 kg/hari

TSS_M = Q_{ave} x TSS = 27 kg/hari

Removal

COD_R = 75% x COD_M = 19 kg/hari

BOD_R = 62% x BOD_M = 7 kg/hari

TSS_R = 45% x TSS_M = 12 kg/hari

Effluent

$Debit_{effluent}$ = Q_{ave} *influent*
= 320,5 m^3/hari

$COD_{Meffluent}$ = COD_M in - COD_R
= 7 kg/hari

$COD_{effluent}$ = $COD_{Meffluent}$ / $debit_{effluent}$
= 21 mg/l

$BOD_{Meffluent}$ = BOD_M in - BOD_R
= 4 kg/hari

$BOD_{effluent}$ = $BOD_{Meffluent}$ / $debit_{effluent}$
= 14 mg/l

$TSS_{Meffluent}$ = TSS_M in - TSS_R
= 12 kg/hari

$TSS_{effluent}$ = $TSS_{Meffluent}$ / $debit_{effluent}$
= 46 mg/l

Massa Pengendapan

M_P COD = MCOD - $MCOD_{effluent}$ = 60 mg/l
= 19 kg/hari

M_P BOD = MBOD - $MBOD_{effluent}$ = 22 mg/l
= 7 kg/hari

M_P TSS = MTSS - $MTSS_{effluent}$ = 38 mg/l
= 12 kg/hari

b. <u>Alternatif Tanaman *Iris pseudoacorus*</u>

Influent

Diketahui:

Q_{ave} = 0,0037 m^3/detik
= 320,5 m^3/hari

COD = 81 mg/l
= 0,08 kg/m^3

BOD = 36 mg/l
= 0,04 kg/m^3

TSS = 84 mg/l
= 0,08 kg/ m^3

Beban pencemar

COD_M = Q_{ave} x COD = 26 kg/hari
BOD_M = Q_{ave} x BOD = 11 kg/hari
TSS_M = Q_{ave} x TSS = 27 kg/hari

Removal

COD_R = 62% x COD_M = 16 kg/hari
BOD_R = 87% x BOD_M = 10 kg/hari
TSS_R = 55% x TSS_M = 15 kg/hari

Effluent

$Debit_{effluent}$ = Q_{ave} *influent*
= 320,5 m^3/hari

$COD_{Meffluent}$ = COD_M in - COD_R
= 10 kg/hari
$COD_{effluent}$ = $COD_{Meffluent}$ / $debit_{effluent}$
= 31 mg/l
$BOD_{Meffluent}$ = BOD_M in - BOD_R
= 2 kg/hari
$BOD_{effluent}$ = $BOD_{Meffluent}$ / $debit_{effluent}$
= 5 mg/l
$TSS_{Meffluent}$ = TSS_M in - TSS_R
= 12 kg/hari
$TSS_{effluent}$ = $TSS_{Meffluent}$ / $debit_{effluent}$
= 38 mg/l

Massa Pengendapan

M_P COD = MCOD - $MCOD_{effluent}$ = 50 mg/l
= 16 kg/hari
M_P BOD = MBOD - $MBOD_{effluent}$ = 31 mg/l
= 10 kg/hari
M_P TSS = MTSS - $MTSS_{effluent}$ = 46 mg/l
= 15 kg/hari

5.5 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit pengolahan air limbah. Hal tersebut menunjukkan adanya kehilangan tekanan (headloss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat diketahui sesuai dengan hasil perhitungan kehilangan tekanan.

Direncanakan, kedalaman media *Typha angustifolia* adalah 0,6 m, tanaman *Iris pseudoacorus* adalah 0,5 m. Hasil perhitungan profil hidrolis dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan 5.8.

Tabel 5.7 Perhitungan Profil Hidrolis (*Typha angustifolia*)

No	Jenis Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka air (m)
1	Bak Ekualisasi			1,500
		Headloss	0,020	1,480
	Pompa	Head total	2,020	3,500
		Headloss	1,300	2,200
2	SSFCW	Headloss	0,013	2,187
		Headloss outlet	0,003	2,184
3	Kolam Indikator	Headloss	0,026	2,158

Tabel 5.8 Perhitungan Profil Hidrolis (*Iris pseudoacorus)*

No	Jenis Bangunan	Jenis Headloss	Headloss (m)	Muka air (m)
1	Bak Ekualisasi			1,500
		Headloss	0,020	1,480
	Pompa	Head total	1,920	3,400
		Headloss	1,300	2,100
2	SSFCW	Headloss	0,014	2,086
		Headloss outlet	0,003	2,083
3	Kolam Indikator	Headloss	0,030	2,053

5.6 Luas Lahan yang Tersedia

Luas lahan yang tersedia pada lokasi Singgasana Hotel Surabaya bisa dilihat pada Gambar 5.4.

Pada Gambar 5.4. luas lahan yang tersedia terbagi menjadi dua, yaitu:

- Luas lahan 1 = 3000 m^2
- Luas lahan 2 = 7000 m^2

Gambar 5.4 Luas Lahan yang Tersedia

Dari hasil perhitungan yang diperoleh, luas lahan total yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tabel 5.9 Luas Lahan Total Untuk Tanaman *Typha angustifolia*

Unit	L (m)	w (m)	A (m^2)
Bak Ekualisasi	3	1.5	5
CWs	62	21	1270
Kolam Indikator (3 unit)	1	1	3
Luas Total			**1278**

Tabel 5.10 Luas Lahan Total Untuk Tanaman *Iris pseudoacorus*

Unit	L (m)	w (m)	A (m^2)
Bak Ekualisasi	3	1.5	5
CWs	68	23	1520
Kolam Indikator (3 unit)	1	1	3
Luas Total			**1528**

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8, luasan total yang dibutuhkan dari masing-masing alternatif tanaman sudah memenuhi lahan yang tersedia. Lahan yang akan digunakan adalah lahan 1, dikarenakan jarak IPAL dengan lahan 1 berada dalam satu lokasi.

Jadi, dari dua alternatif tanaman yang akan digunakan pada perencanaan *Constructed Wetland,* berdasarkan pertimbangan luas lahan total yang dibutuhkan. Tanaman Cattail (*Typha angustifolia)* lebih membutuhkan lahan yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman *Iris pseudoacorus.*

Automatic Submersible Sewage Pumps

with Float Key Switch

SSA

FEATURES:

- Power : 1/2 ~ 15 HP
- Motor : IP68, 2 Poles
- Impeller : Non-clog open type
- Motor Casing: Stainless Steel # 304

SPECIFICATIONS:

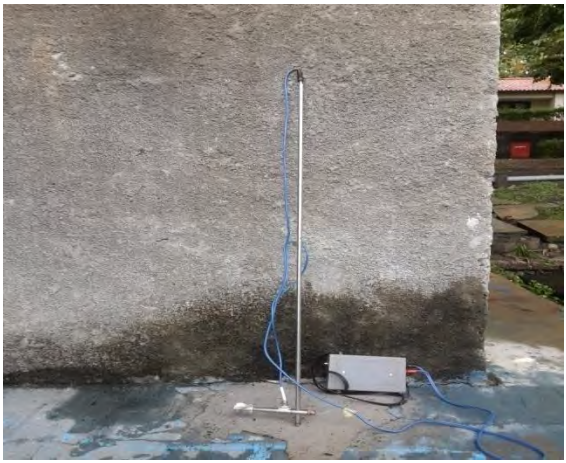
Type	Motor			Pump			Cable	Wt.
	Power	Phase	Volt	Bore	Max. Head	Max. Flow		
	HP	PH	V	Inch	M	L/min	M	Kg
SSA-0511N	1/2	1	110	2"	8	200	6	14
SSA-0512N			220					
SSA-111N	1	1	110	2"	10	380	6	22
SSA-112N			220					
SSA-111LN			110	3"	10	500	6	24
SSA-112LN			220					

Lampiran 1

ñHalaman ini sengaja dikosongkanò

Lampiran 2

Dokumentasi Pengukuran Debit dan Pengambilan Sampel



ñHalaman ini sengaja dikosongkanò

JUDUL GAMBAR

RENCANA LOKASI WETLAND

LEGENDA

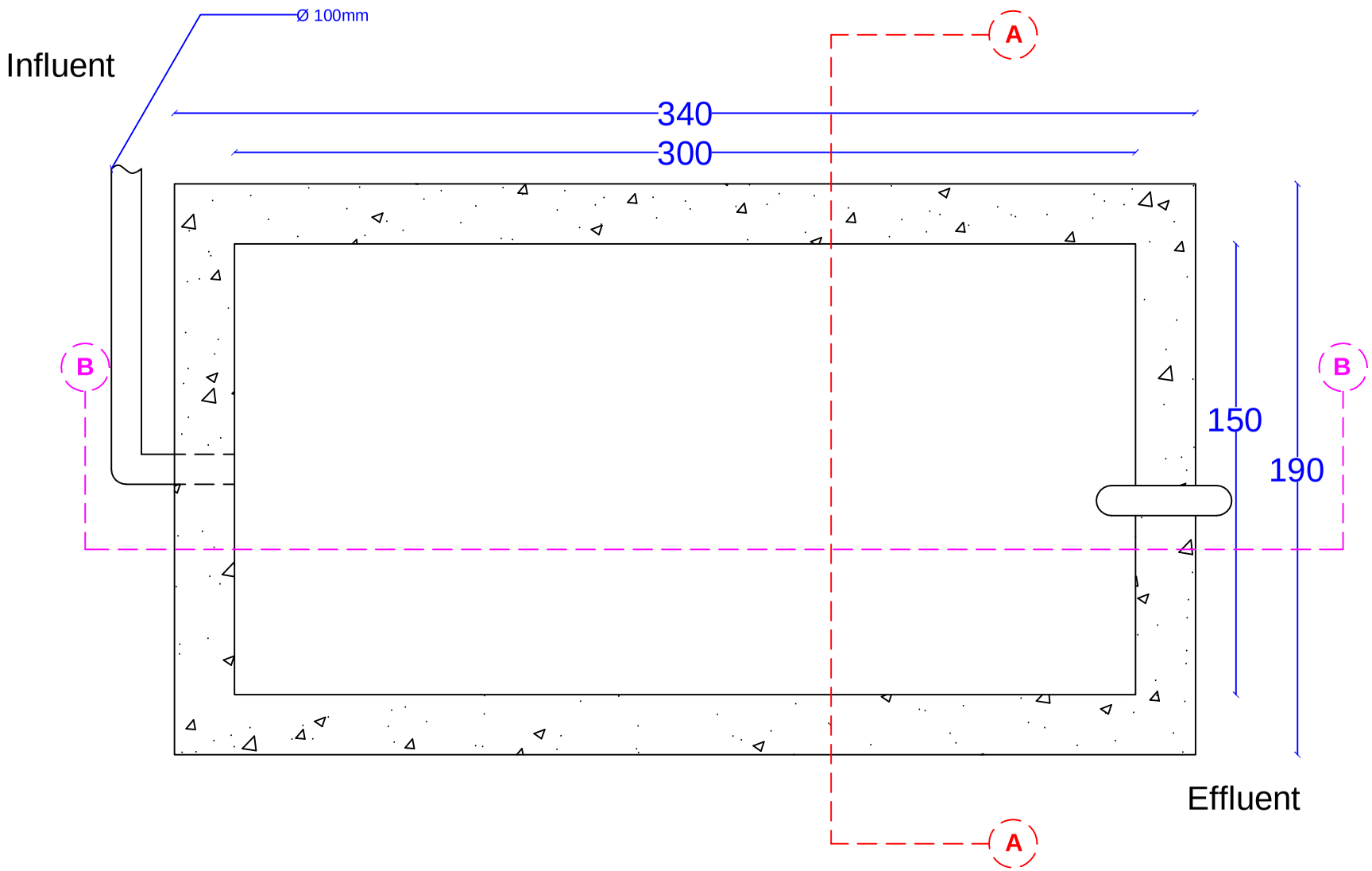
- Lokasi IPAL
- Lahan Kosong
- Rencana CW
- +12 Elevasi (mdpl)

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 500 1000 2000 3000



JUDUL GAMBAR

DENAH BAK EKUALISASI

LEGENDA

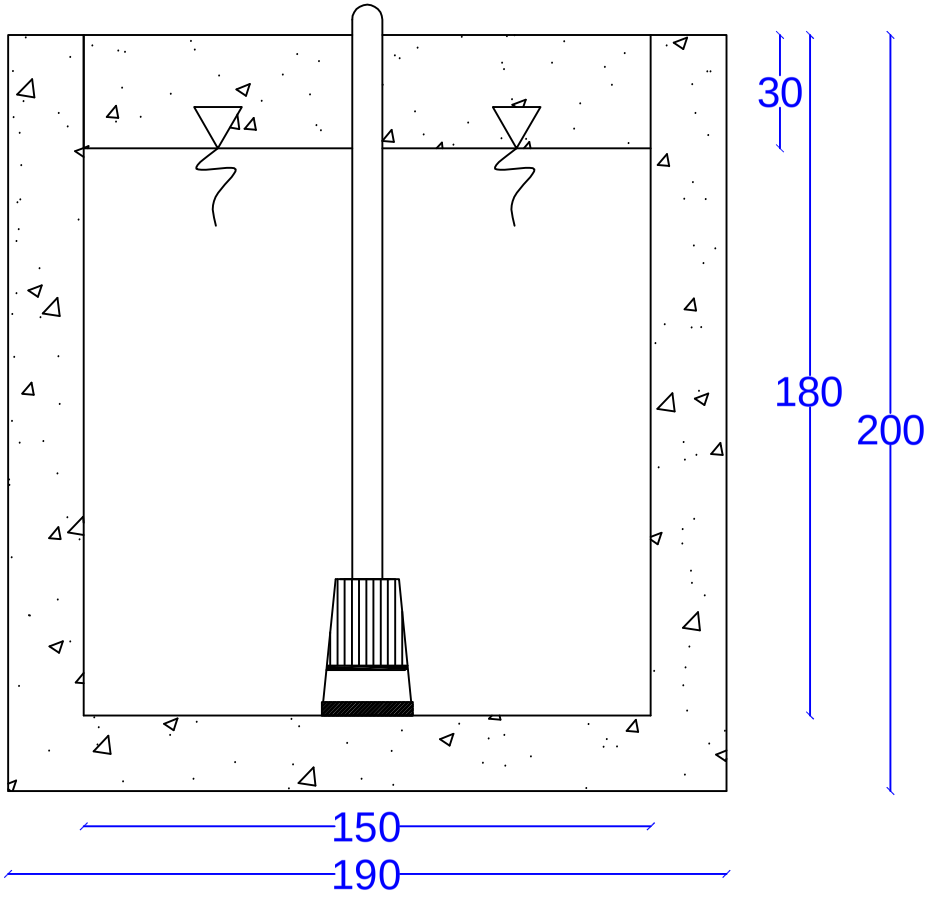
Beton

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 10 20 40 60



JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A
BAK EKUALISASI

LEGENDA

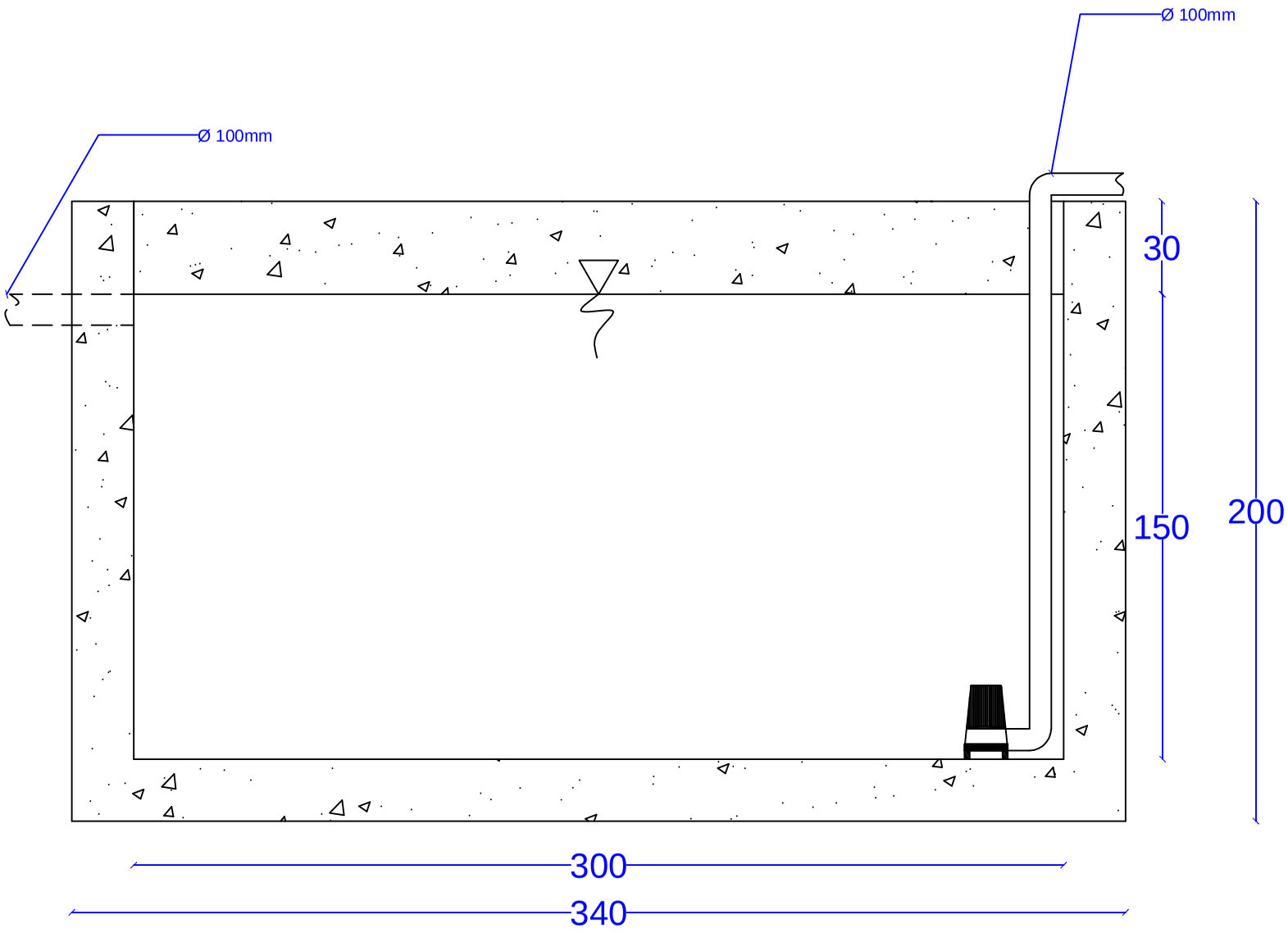
Beton

MAHASISWA

FIRMANDI
RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 10 20 40 60



JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B BAK EKUALISASI

LEGENDA

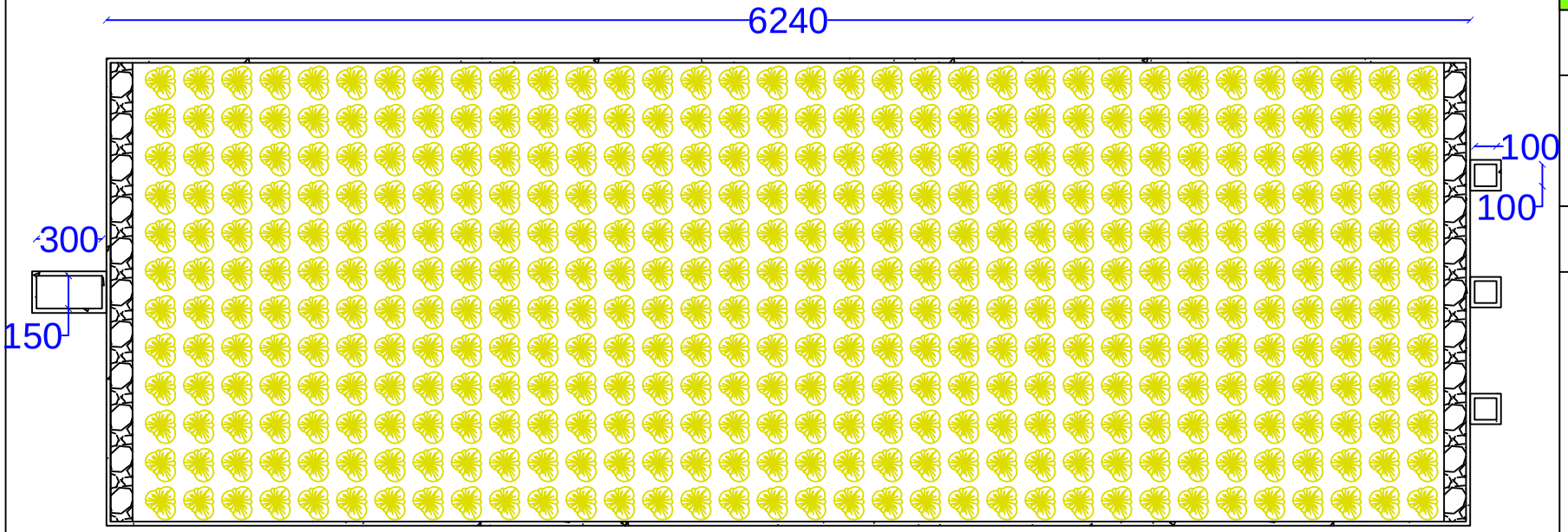
Beton

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 10 20 40 60



JUDUL GAMBAR

DENAH ALTERNATIF IPAL 1

LEGENDA

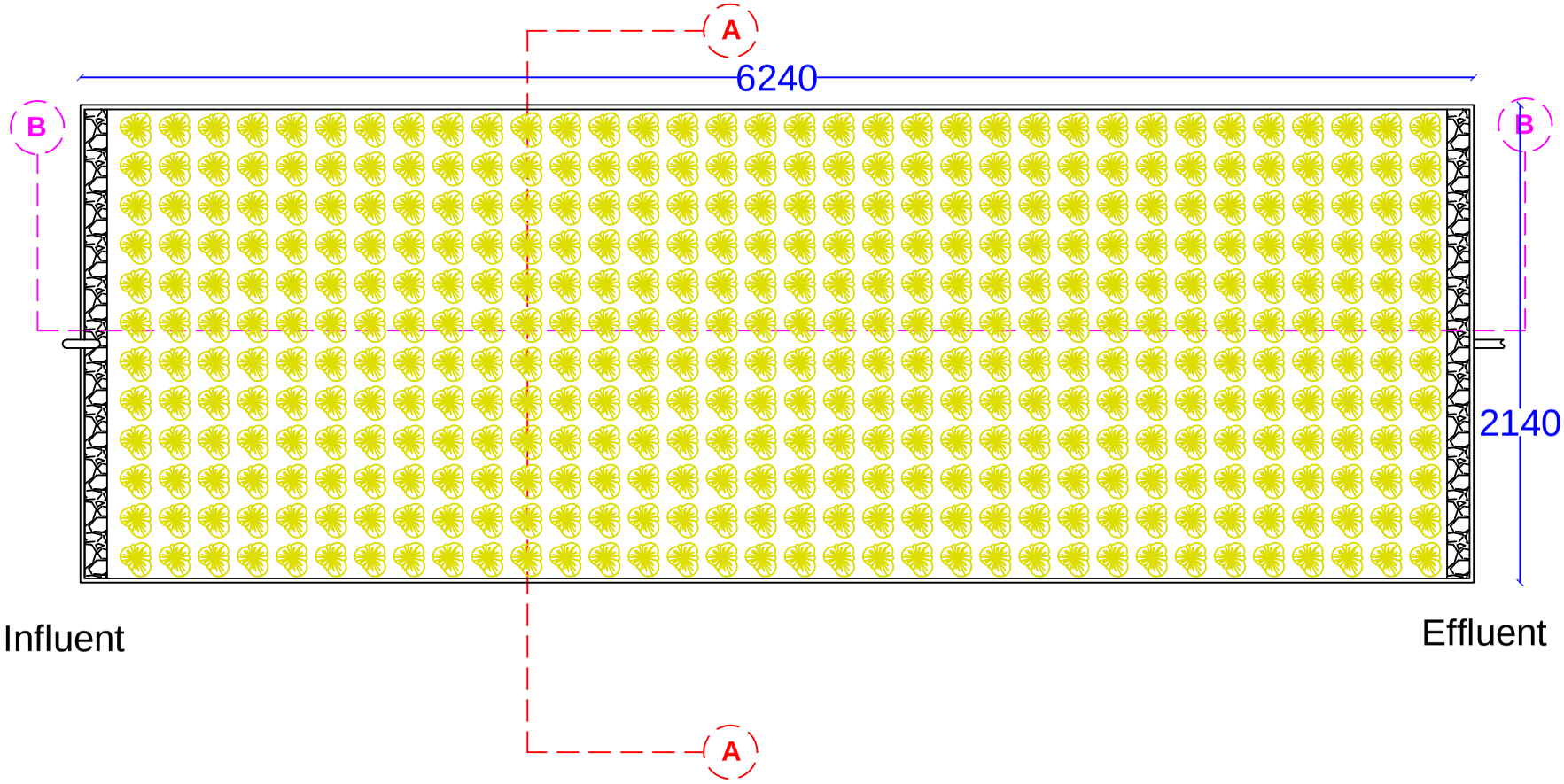
- Beton
- Media Gravel
- Media Gravelly Sand
- Tumbuhan Cattail

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 150 300 600 900



JUDUL GAMBAR

DENAH CONSTRUCTED WETLAND 1

LEGENDA

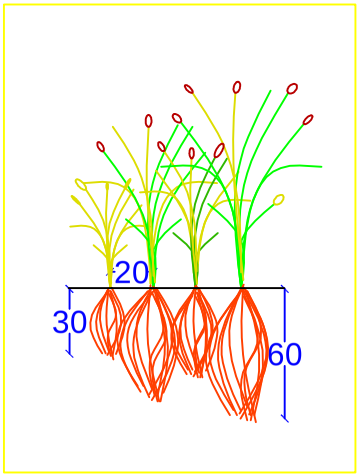
- Beton
- Media Gravel
- Media Gravelly Sand
- Tumbuhan Cattail

MAHASISWA

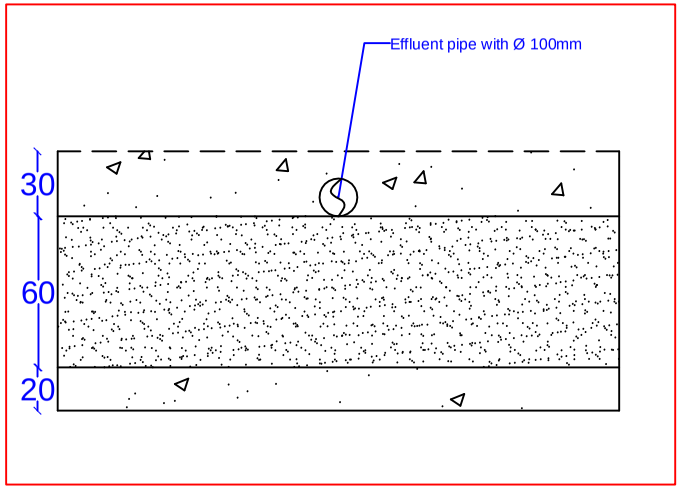
FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

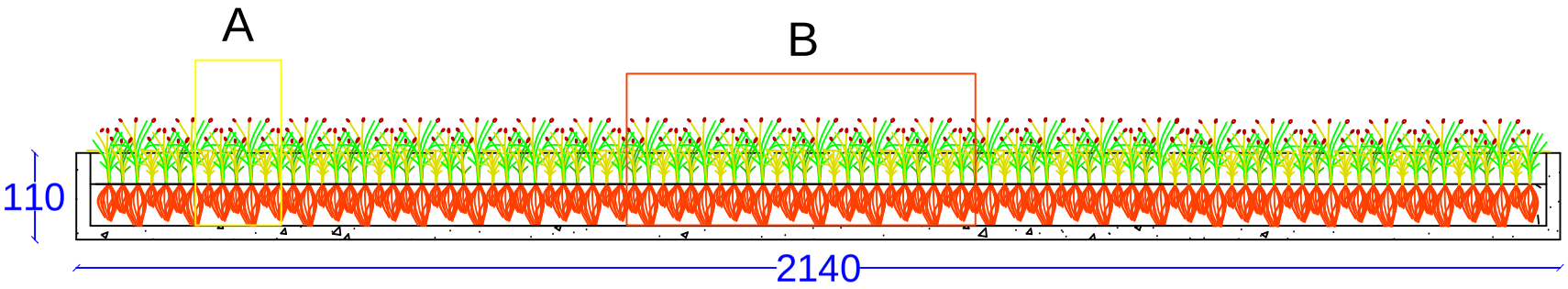
0 150 300 600 900



DETAIL A



DETAIL B



JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A CONSTRUCTED WETLAND 1

LEGENDA

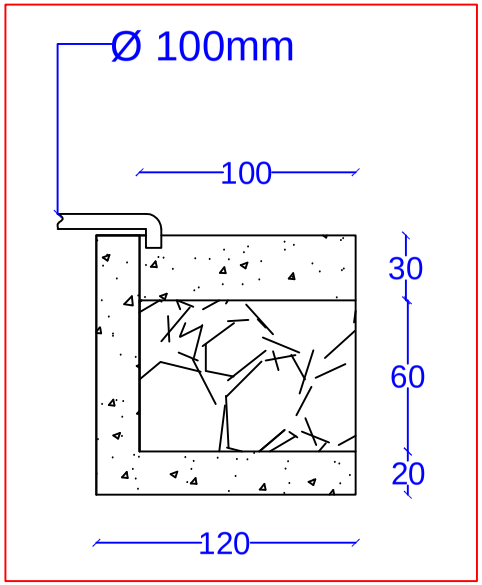
- Beton
- Media Gravel
- Media Gravelly Sand
- Tumbuhan Cattail

MAHASISWA

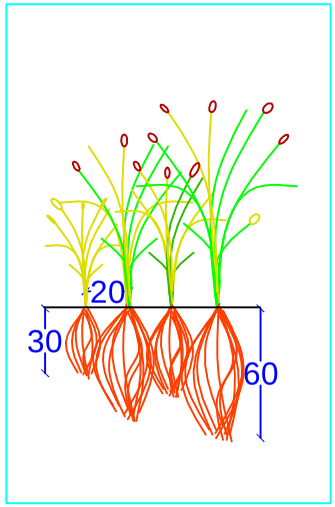
FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

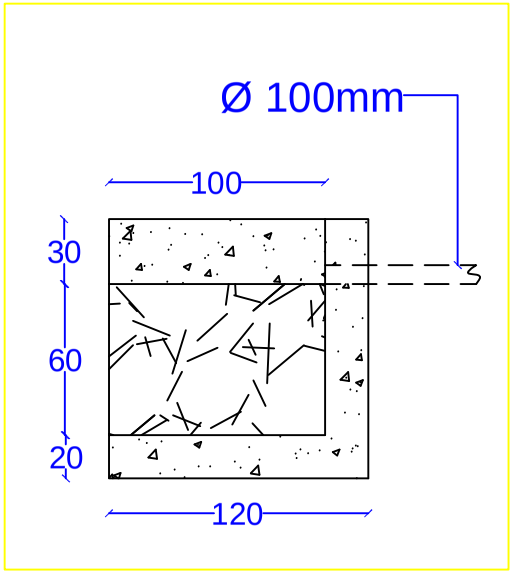
0 50 100 200 300



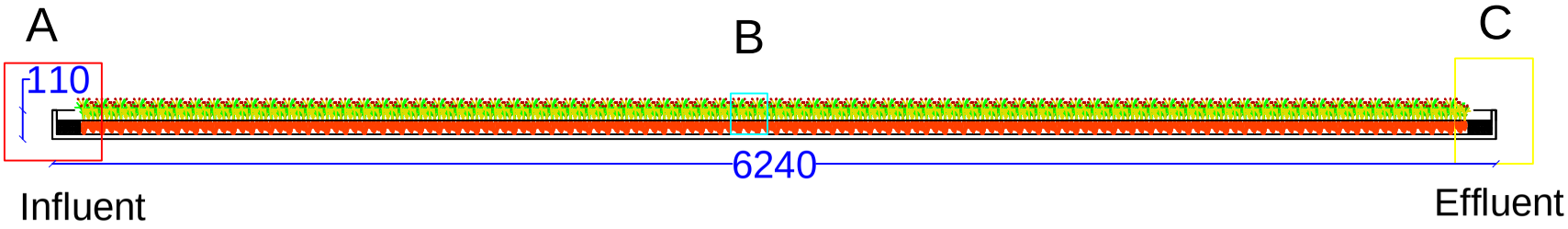
DETAIL A



DETAIL B



DETAIL C



JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B CONSTRUCTED WETLAND 1

LEGENDA

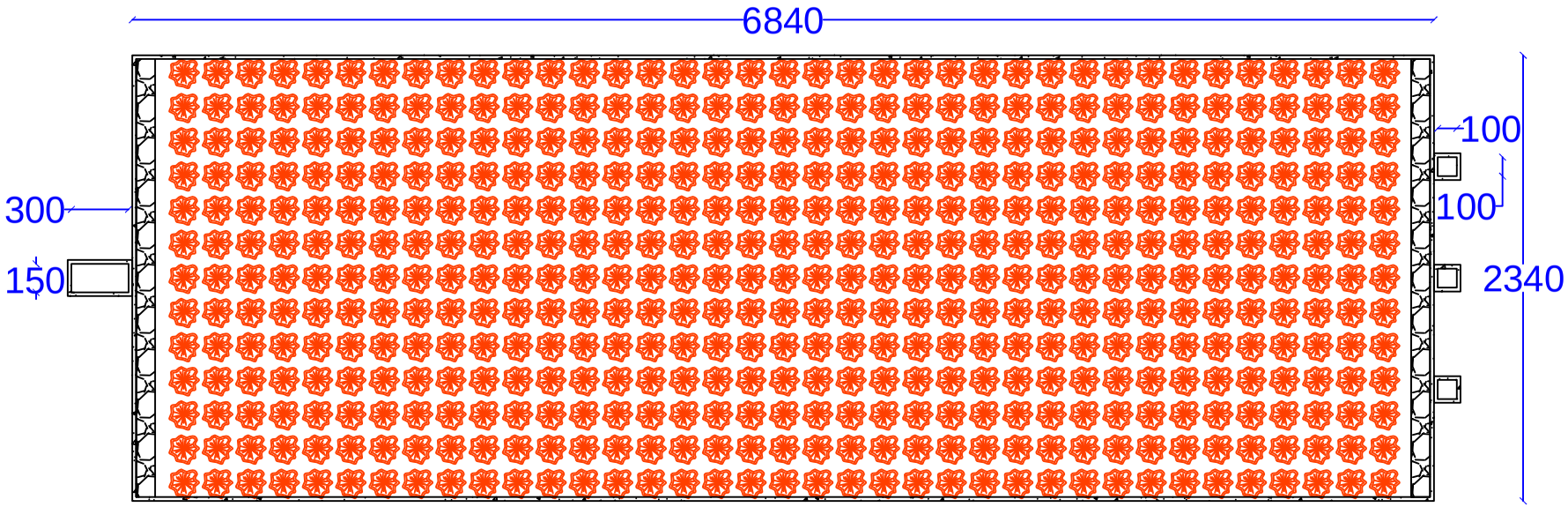
- Beton
- Media Gravel
- Media Gravelly Sand
- Tumbuhan Cattail

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 150 300 600 900



JUDUL GAMBAR

DENAH ALTERNATIF IPAL 2

LEGENDA

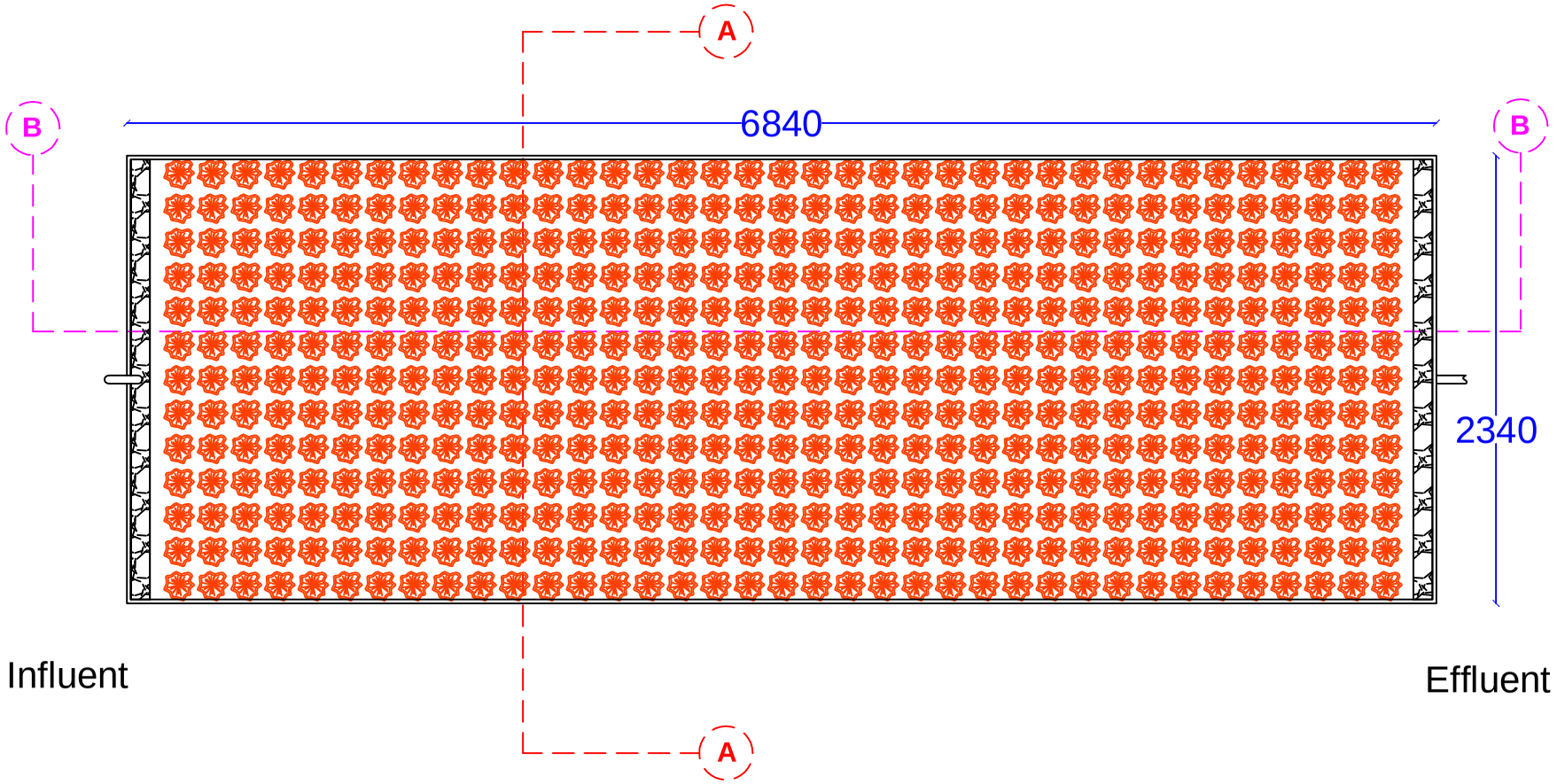
- Beton
- Media Gravel
- Media Gravelly Sand
- Tumbuhan Iris

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 175 350 700 1050



JUDUL GAMBAR

DENAH CONSTRUCTED WETLAND 2

LEGENDA

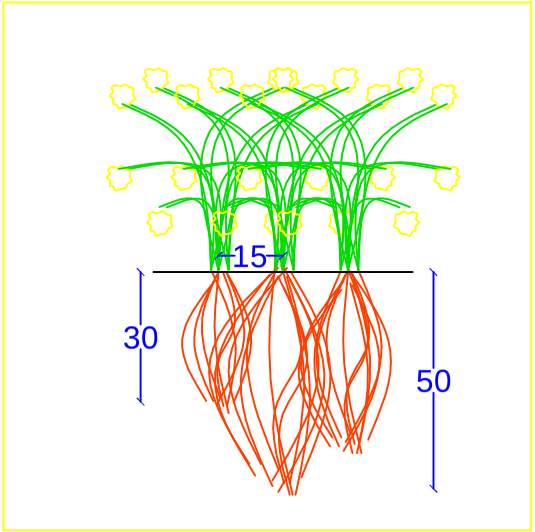
- Beton
- Media Gravel
- Media Gravelly Sand
- Tumbuhan Iris

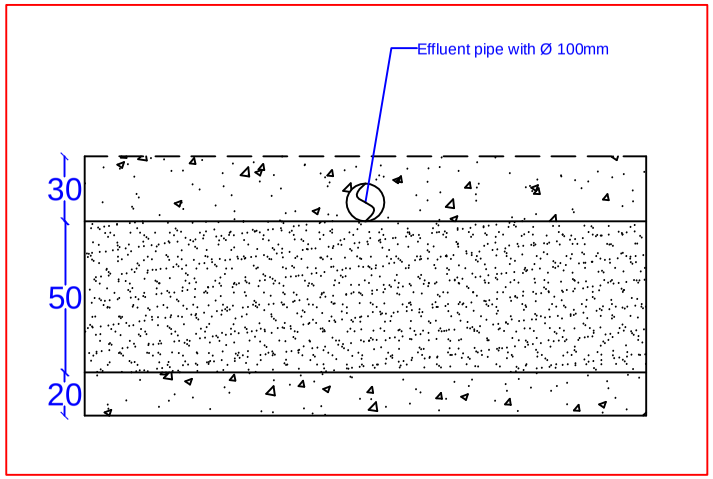
MAHASISWA

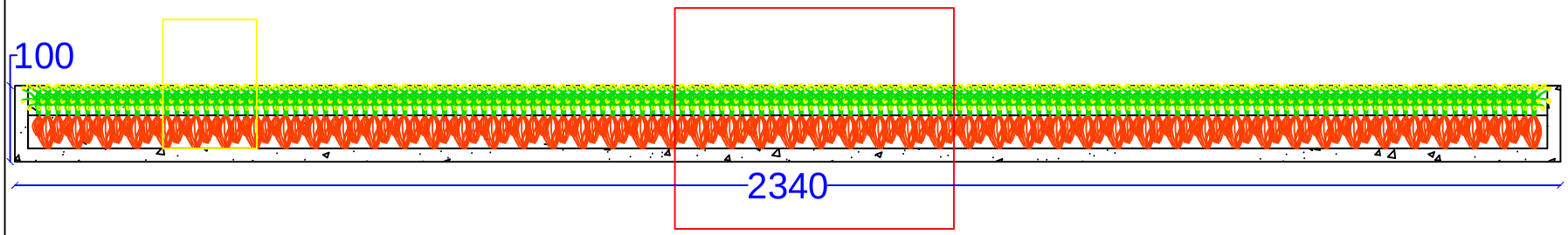
FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 175 350 700 1050







JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A CONSTRUCTED WETLAND 2

LEGENDA

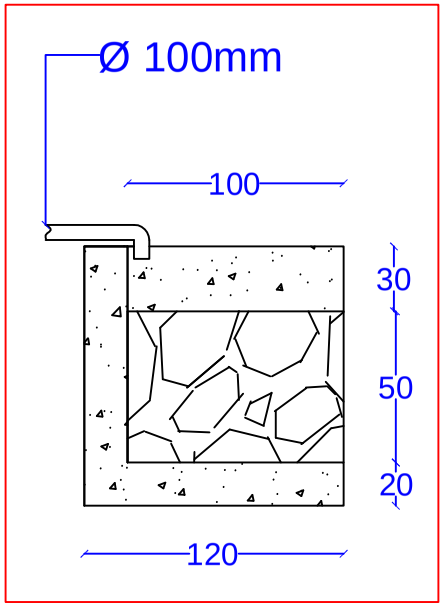
- Beton
- Media Gravel
- Media Gravelly Sand
- Tumbuhan Iris

MAHASISWA

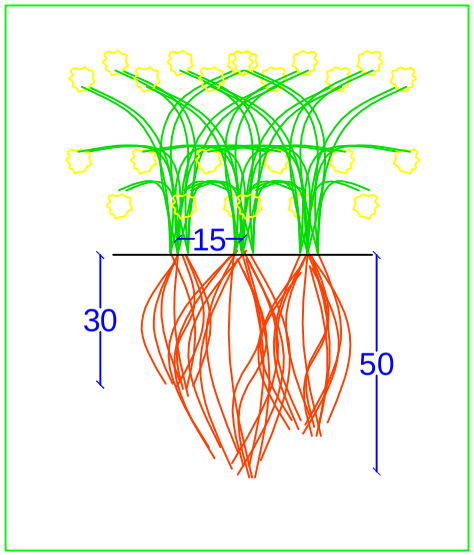
FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

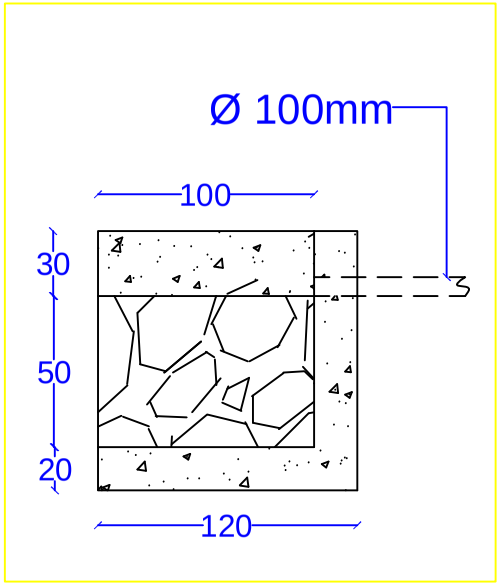
0 50 100 200 300



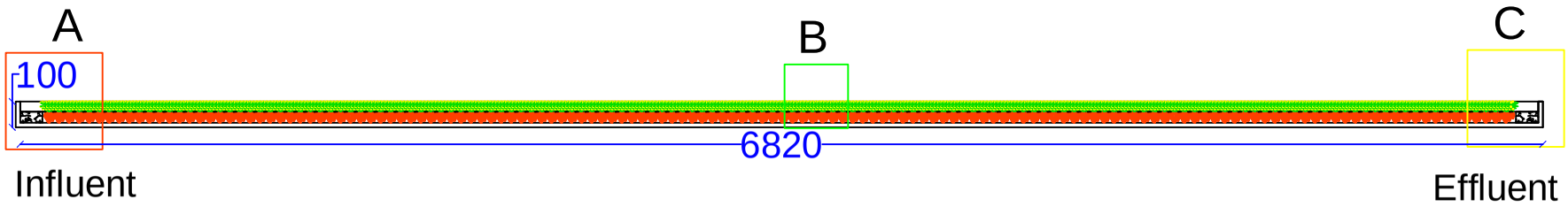
DETAIL A



DETAIL B



DETAIL C



JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B CONSTRUCTED WETLAND 2

LEGENDA

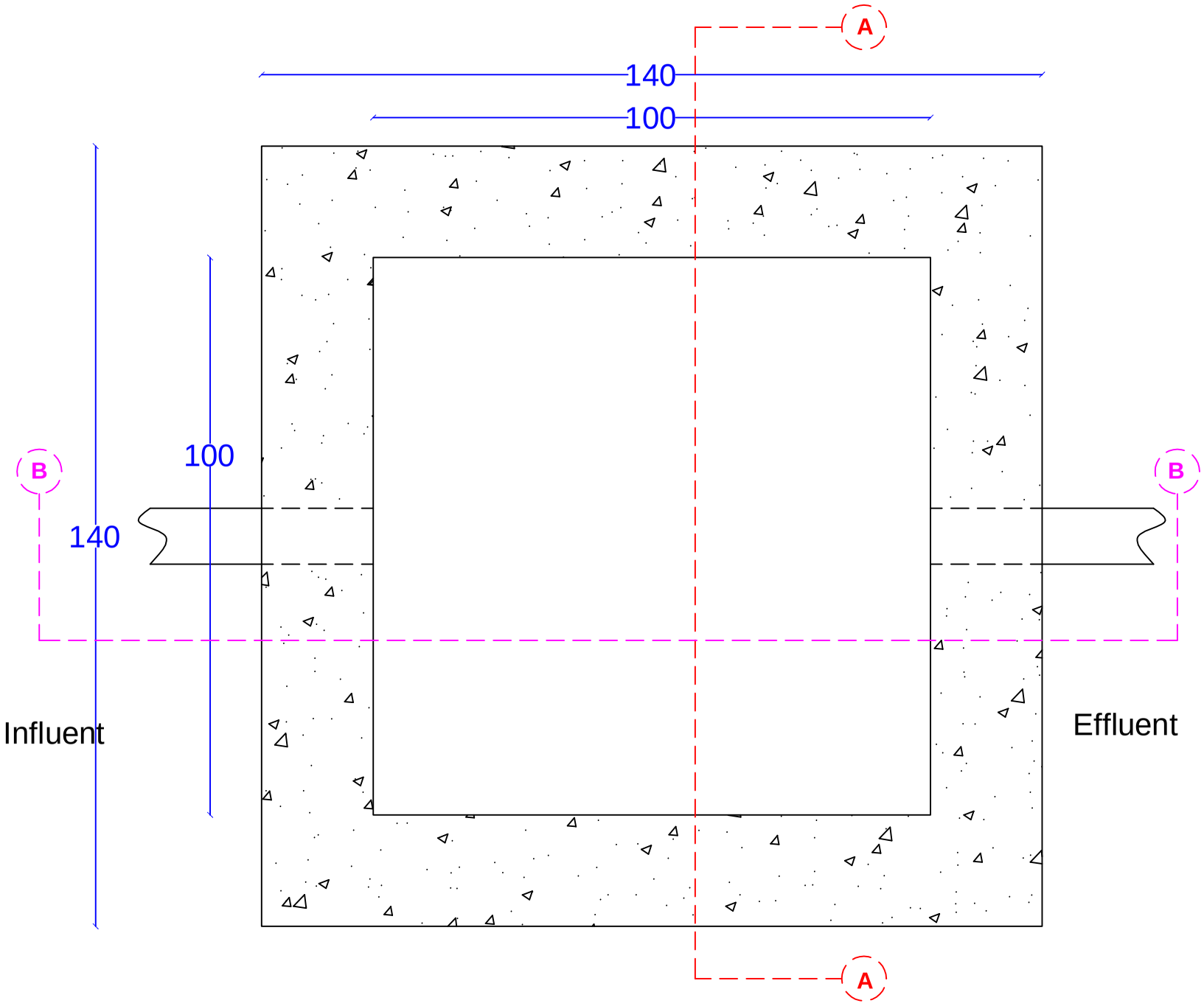
- Beton
- Media Gravel
- Media Gravelly Sand
- Tumbuhan Iris

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 150 300 600 900



JUDUL GAMBAR

DENAH KOLAM INDIKATOR

LEGENDA

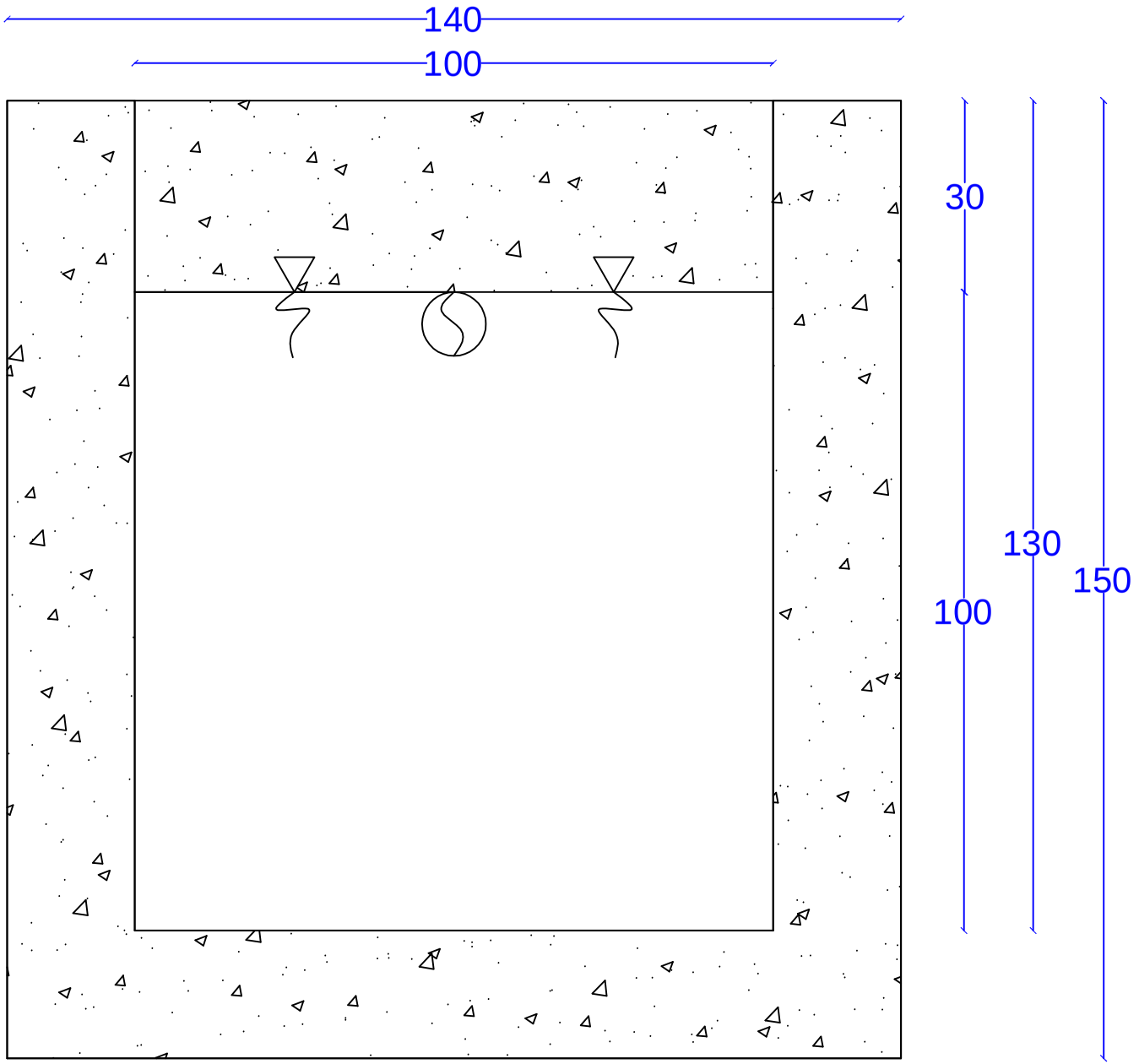
Beton

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 5 10 20 30



JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A KOLAM INDIKATOR

LEGENDA

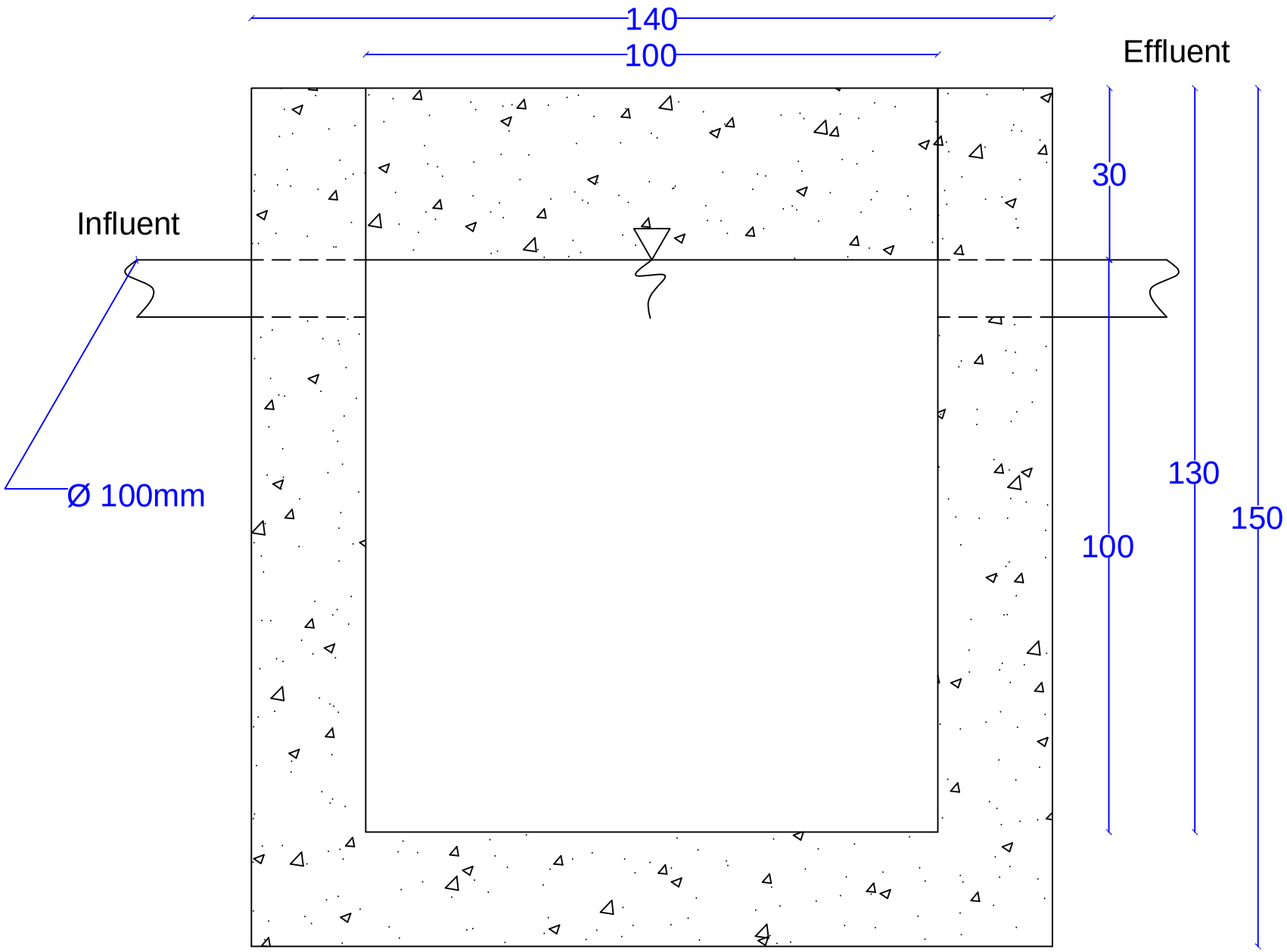
Beton

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 5 10 20 30



JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B KOLAM INDIKATOR

LEGENDA

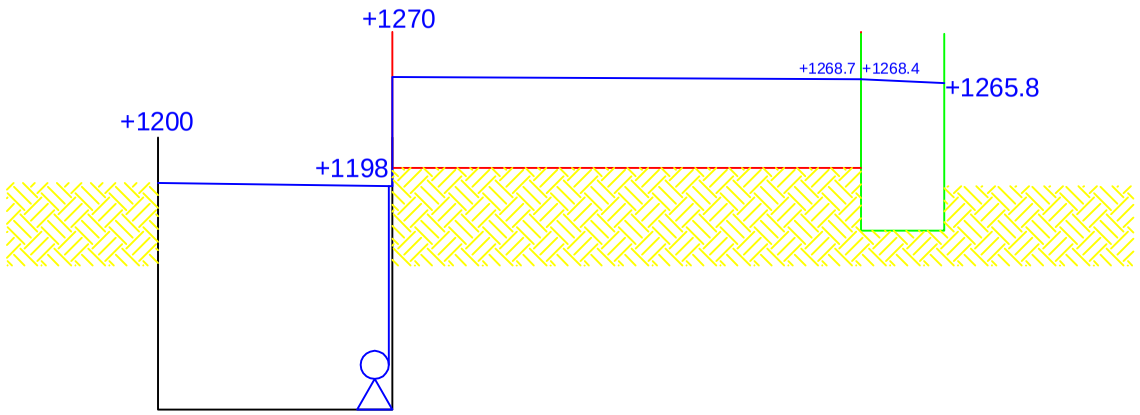
Beton

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

0 5 10 20 30



SKALA VERTIKAL

0 25 50 100 150

SKALA HORIZONTAL

0 500 1000 2000 3000

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS ALTERNATIF 1

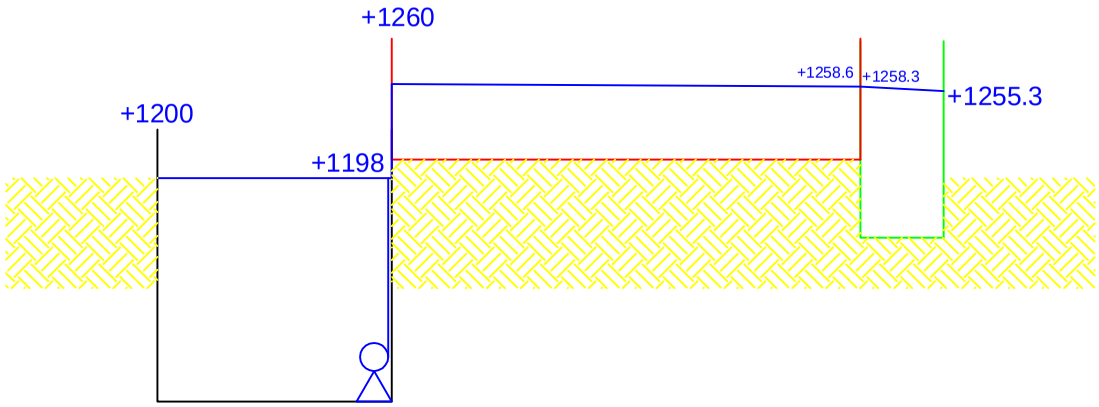
LEGENDA

- Sumur Pengumpul
- Constructed Wetland
- Kolam Indikator
- Garis Muka Air
- Muka Tanah
- +1200 Elevasi (cm diatas permukaan laut)

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN



SKALA VERTIKAL

0 25 50 100 150

SKALA HORIZONTAL

0 500 1000 2000 3000

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS ALTERNATIF 2

LEGENDA

- Sumur Pengumpul
- Constructed Wetland
- Kolam Indikator
- Garis Muka Air
- Muka Tanah
- +1200 Elevasi (cm diatas permukaan laut)

MAHASISWA

FIRMANDI RIZKIANSYAH
3312100063

NO. GAMBAR	HALAMAN

BAB 6
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan ini adalah pengaplikasian *Constructed Wetland* pada Singgasana Hotel Surabaya sudah memenuhi baku mutu menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013. Adapun kualitas *effluen*t, luas lahan dan jumlah tanaman yang dibutuhkan berdasarkan jenis tanaman yang dipakai adalah sebagai berikut:

Jenis Tanaman	**Kualitas Effluent**			**Luas Lahan (m^2)**	**Jumlah Tanaman Dibutukan (rumpun)**
	BOD (mg/l)	**COD (mg/l**	**TSS (mg/l)**		
Typha Angustifolia	14	21	46	1278	3816
Iris Pseudoacorus	5	31	38	1528	69447

6.2 Saran

Adapun saran dari perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya perawatan pada bangunan pengolahan air limbah, supaya kinerja dari setiap unit bisa optimal.
2. Perlu direncanakan variasi *inflow* dan *outflow* pada kolam indikator untuk memanfaatkan air bersih sebagai alternatif siram taman maupun kebutuhan lainnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Bagwell, E. C., Yvette M. Piceno, Amy Ashburn-Lucas and Charles R. Lovell, 1998, ***Physiological of Rhizophere Diazotroph Assemblages of Selected Salt Marsh Grasses***. Applied and Environmental Microbiology Journal, Vol. 64, No.11, p. 4276-4282.

Brix, H. 1994. ***Water Science Technology***. Vol 29 no.4 pp. 71-78. IAWQ: Great Britain. http mit.biology.au.dk Wat_Sci_Tech. Accessed 3 Sept 2013.

Chang, N.B., Z.Xuan, A.Daranpob, M.Wanielista. 2011. ***A Subsurface Upflow Wetland System for Removal of Nutrients and Pathogens in On-site Sewage Treatment and Disposal Systems***. Environ Eng Sci 28(1):11–24

Crites, R. dan G.Tchobanoglous. 1998. ***Small and Decentralized Wastewater Management Systems***. McGraw-Hill, Singapore.

Dallas, S., B.Scheffe dan Goen Ho. 2004. ***Reedbeds for Greywater Treatment-Case Study in Santa Elena Monteverde, Costa Rica, Central America***. Journal Ecological Engineering, Volume 23, issue 1, 1 August 2004, pages 55-61.

Dallas, S., B.Scheffe dan G.Ho. 2005. ***Reedbeds for Greywater Treatment-Case Study in Santa Elena Monteverde, Costa Rica, Central America***. Ecol. Eng. 23: 55-61.

Daryanto. (2004). **Masalah Pencemaran**. Bandung: Tarsito.

Dhokikah, Y. 2006. **Pengolahan Air Bekas Domestik Dengan Sistem *Constructed Wetland* Aliran S*ubsurface* Untuk Menurunkan COD, TS dan Deterjen**. Tesis Program Pasca Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Edy, S 2002. **Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Medium Tanah Dalam Sistem Lahan Basah**. Tesis Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.

Gubernur Jawa Timur. 2013. Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang **Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timu**r. Surabaya, Jawa Timur, Indonesia.

Haberl R. and Langergraber H. 2002. ***Constructed Wetlands: a chance to solve wastewater problems in developing countries***. Wat. Sci. Technol. 40:11-17.

Halverson, Nancy V., 2004. ***Review of Constructed Subsurface Flow vs Surface Flow Wetlands***. U.S. Department of Energy, Springfield, USA.

Handayanto dan Hairiah, K. 2007. **Biologi Tanah**. Pustaka Adipura: Yogyakarta.

Hammer, D.A. 1989. ***Constructed Wetland for Wastewater Treatment*:** Municipal, Industrial and Agricultural, Chelsea: Lewis Publisher.

Hidayah, E. N. dan Aditya, W., (2010). **Potensi dan Pengaruh Tanaman Pada Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem *Constructed Wetland***. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan FTSP-UPN. Surabaya.

Jacobs, J., M. Graves and J. Mangold. 2010. ***Plant Guide for Paleyellow Iris (Iris Pseudoacorus)*.** USDA-Natural Resources Conservation Service, MontanaState Office: Montana..

Mara, D. 2004. ***Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*.** Towbridge : Cromwell Press.

Metcalf and Eddy, (1991). ***Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse***. Mc Graw Hill Comp.

Mulia, Ricky. M. 2005. **Pengantar Kesehatan Lingkungan**. Edisi Pertama, Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.

Novotny V, dan Olem, H 1993. ***Water Qualiy Prevention, Identification and Management of Difuse Pollution***. Van Nostrand, New York.

Prawira, J., 2015. **Efektifitas Sistem Lahan Basah Buatan Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Iris Pseudoacorus.*** Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, FIKP UMRAH.

Raude J.B. M.Mutua, L.Chemelil, K.Kraft dan Sleytr. 2009. **Household Greywater Treatment for Peri-Urban Areas of Nakuru Municipality, Kenya**. Journal of Sustainable Sanitation Practice , 2009,1, 10-15. EcoSan Club, Austria.

Rizka, 2005. **Studi Penurunan kandungan COD dan BOD Air Limbah Domestik dengan Menggunakan tanaman Kana**

(*Canna Sp*) dalam Sistem *SubSurface Flow Constructed Wetland*. Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya

Soekidjo Notoatmodjo, 2007. **Kesehatan Masyarakat**, Penerbit Rineka Cipta.

Soeprijanto, dan Nieke Karnaningroem (2008). **Perencanaan Penerapan *Constructed Wetland* Untuk Pengolahan Efluen Tangki Septik.** *Jurnal Teknologi dan Manajemen Lingkungan, (9), 61-68.*

Sugiharto, (1987). **Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah**. Edisi 1. Universitas Indonesia, Jakarta.

Supradata, 2005. **Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus Alternifoilus, L,* Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (*SSF-Wetlands*)**. *Tesis,* Universitas Diponegoro, Semarang.

Suriawiria, U., 1993. **Mikrobiologi Air**. Penerbit Alumni, Bandung.

Tangahu, B. V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A., (2000). **Pengolahan Limbah Rumah Tangga dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (*Typha Latifolia*) dalam Sistem *Constructed Wetland***. Jurnal Publikasi. Volume 3. No.3 Mei 2001:127-132.

USEPA. United State Environmental Protection Agency (EPA). 1993. ***Subsurface Flow Constructed Wetlands for Wastewater Treatment A technology Assessment***. Office Of Water (4204) EPA 832-R-93-008 July 1993. water.epa.gov/type/wetlands/.../2003_07_01_wetlands_pdf _sub.pdf. Access on 6th of Dec 2011.

Vacca, 2005. ***Effect of Plant Filter Materials on Bacteria Removal in Pilot-Scale Constructed Wetlands***. Department of Bioremidiation, Germany.

Vymazal, J., 2002. ***The Use of Sub-surface Constructed Wetland for Wastewater Treatment in The Czech Republic*: *10 years experience***. Ecological Engineering, 18 (5).

Weissenbacher, N. dan E.Müllegger. 2009. ***Combined Greywater Reuse and Rainwater Harvesting in an Office Building in Austria: Analyses of Practical***

Operation. Journal Ecological Sanitation Practice issue 1.10/2009, 4-9.

Wisnu A Wardhana. 1995. **Dampak Pencemaran Lingkungan**. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Wood, A., (1990). ***Constructed Wetlands for Wastewater Treatment Engineering and Design Consideration***. Proceding of The International Conferention The Use of Constructed Wetland in Water Pollution Control, Pergamon Press, London.

Zurita, 2008. ***Treatment of Domestic and Production of Commercial Flowers in Vertical and Horizontal Subsurface-Flow System Constructed Wetland***. Centro auniversity de la Cienaga, Mexico.

BIOGRAFI PENULIS

Penulis memiliki nama lengkap Firmandi Rizkiansyah. Penulis lahir di Pamekasan, pada tanggal 2 November 1993. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita I Tlanakan, Pamekasan. Pada tahun 2000-2006, penulis melanjutkan pendidikan SD di SDN Panglegur II, Tlanakan Pamekasan. Kemudian pada tahun 2006-2009, penulis melanjutkan pendidikan SMP di SMPN 1 Pamekasan, dan pada tahun 2009-20012 penulis melanjutkan SMA di SMAN 1 Pamekasan. Penulis mengikuti SBMPTN dan diterima di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP. 3312 100 063.

Di jurusan Teknik Lingkungan ini, penulis sempat aktif di komunitas “Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan” (KPPL) sebagai staff divisi Konservasi Alam (KA) pada periode 2013-2014. Penulis juga aktif sebagai panitia maupun peserta dalam kegiatan yang diadakan oleh HMTL, seminar dan pelatihan yang diadakan oleh jurusan maupun institut. Setelah lulus kuliah, penulis ingin bekerja di bidang perminyakan.

Dalam Tugas Akhir ini penulis mengambil tema tentang limbah cair domestik perhotelan. Diharapkan Tugas Akhir ini bisa member manfaat bagi penulis maupun orang lain yang membutuhkan.