



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN *CONSTRUCTED WETLAND*  
UNTUK PENGOLAHAN *GREYWATER*  
MENGUNAKAN TUMBUHAN *Canna indica*  
(STUDI KASUS: KELURAHAN KEPUTIH  
SURABAYA)**

ATHIF HUSNABILAH  
3312100064

DOSEN PEMBIMBING  
Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D.

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



FINAL PROJECT - RE 141581

**DESIGN OF *CONSTRUCTED WETLAND* FOR  
*GREYWATER* TREATMENT BY USING *Canna  
indica* (CASE STUDY: KELURAHAN KEPUTIH  
SURABAYA)**

ATHIF HUSNABILAH  
3312100064

SUPERVISOR  
Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D.

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

## LEMBAR PENGESAHAN

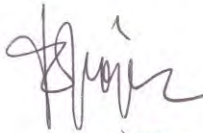
# PERENCANAAN *CONSTRUCTED WETLAND* UNTUK PENGOLAHAN *GREYWATER* MENGGUNAKAN TUMBUHAN *Canna indica* (STUDI KASUS: KELURAHAN KEPUTIH SURABAYA)

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
**ATHIF HUSNABILAH**  
**NRP 3312 100 064**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



**Bieby Vofiant Tangahu, ST, MT, PhD**  
**19710818-199703 2 001**



**Perencanaan *Constructed Wetland* untuk Pengolahan  
Greywater Menggunakan Tumbuhan *Canna Indica*  
(Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya)**

Nama : Athif Husnabilah  
NRP :3312100064  
Jurusan :Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Bieby Voijant Tangahu,S.T,M.T,Ph.D

**ABSTRAK**

Permasalahan yang akan timbul apabila limbah domestik tidak dikelola dengan baik adalah masalah sanitasi. Kelurahan Keputih Surabaya merupakan salah satu Kelurahan di Kota Surabaya yang memiliki permasalahan sanitasi. Penyebab permasalahan tersebut adalah pencemaran limbah domestik di badan air.

*Constructed Wetland* (CW) adalah salah satu metode potensial untuk mengolah limbah domestik. CW merupakan sistem pengolahan terencana/terkontrol yang didesain dan dibangun dengan menggunakan proses alami. Keunggulan dari CW dibandingkan dengan fasilitas pengolahan limbah konvensional adalah biaya investasi, operasi dan pemeliharaan yang lebih murah. Proses yang terjadi dalam CW antara lain: nitrifikasi, denitrifikasi, volatilisasi, adsorpsi, sedimentasi, filtrasi dan degradasi secara biotik dan abiotik.

Perencanaan CW diproyeksikan untuk tahun 2018-2028. Limbah yang digunakan adalah *greywater* yang berasal dari Kelurahan Keputih Surabaya. Karakteristik influen adalah: konsentrasi BOD 190,43 mg/L; konsentrasi COD 289,17 mg/L; konsentrasi TSS 206,67 mg/L. Unit IPAL yang direncanakan adalah bak pengumpul, CW dan bak indikator. Sedangkan tumbuhan yang digunakan dalam CW adalah *Canna indica* (bunga kana). Selain perencanaan unit IPAL, direncanakan juga Standar Operasional Prosedur (SOP), *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) menggunakan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2015.

Kualitas efluen yang dihasilkan CW pada perencanaan ini adalah: konsentrasi BOD 30 mg/L; konsentrasi COD 43,37 mg/L; konsentrasi TSS 27,17 mg/L. Efluen yang dihasilkan CW memenuhi Baku Mutu Limbah Domestik Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 7 Tahun 2013. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun CW di Kelurahan Keputih Surabaya adalah sebesar Rp 9.156.412.000.

**Kata kunci:** *Canna indica*, fitoremediasi, *greywater*, Kelurahan Keputih Surabaya, *Sub-surface Constructed Wetland*

## **Design Of Sub-Surface Constructed *Wetland* for Greywater Treatment by Using *Canna Indica* (Case Study: Kelurahan Keputih Surabaya)**

Name of student : Athif Husnabilah  
NRP :3312100064  
Study Programme :Environmental Engineering  
Supervisor : Bieby Voijant Tangahu,S.T,M.T,Ph.D

### **ABSTRACT**

The problem that would arise if the sewage is not properly managed is sanitary problem. Kelurahan Keputih in Surabaya has this sanitation issues. The cause of the problem is domestic wastewater contamination in river.

Constructed Wetland (CW) is one method for treating domestic wastewater. CW's system and process are using nature. The advantages of CW compared to conventional sewage treatment are the low of investment, operating and maintenance costs. The process that occurs in the CW includes: nitrification, denitrification, volatilization, adsorption, sedimentation, filtration and biotic-abiotic degradation.

CW is projected for 2018-2028. Greywater from Kelurahan Keputih Surabaya is used to be the influent of CW. the Influent characteristics are: BOD concentration 190.43 mg/L; COD concentration 289.17 mg/ L; TSS concentration 206.67 mg/L. The units plan are: equalization basin, CW and indicator basin. The plant used in the CW is *Canna indica* (cana flowers). There are also Standard Operation Procedures (SOP), Bill of Quantity (BOQ) and Budget Estimate Plan using Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) in Surabaya 2015.

CW effluent quality are: BOD concentration 30 mg/L; COD concentration 43,37 mg/L; TSS concentration 27,17 mg/L. The effluent from CW meet the Domestic Wastewater Quality Standard from East Java Governor Regulation No. 7 2013. The cost required to build CW in Kelurahan Keputih Surabaya is Rp 9.156.412.000.

**Keyword(s):** *Canna indica*, *greywater*, Kelurahan Keputih Surabaya, *phytoremediation*, *Sub-surface Constructed Wetland*

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan Tugas Akhir mengambil judul “Perencanaan *Constructed Wetland* untuk Pengolahan *Greywater* Menggunakan Tumbuhan *Canna Indica* (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya)”.

Dalam penulisan ini, penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. ALLAH SWT yang telah memberikan ilmu yang begitu luas dan rezeki berupa kelancaran dalam mengerjakan Tugas Akhir ini,
2. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan doa dan dukungan,
3. Ibu Bieby Voijant Tangahu, S.T,M.T,Ph.D, selaku dosen pembimbing yang membimbing penyusunan laporan tugas akhir ini dengan tulus dan ikhlas,
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, Bapak Dr. Irwan Bagyo Santoso S.T., M.T, dan Bapak Welly Herumurti S.T, M.Sc selaku penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini,
5. Angga dan Betri serta teman-teman angkatan 2012 yang selalu mendukung.

Penulisan Tugas Akhir telah diusahakan semaksimal dan sebaik mungkin, namun tentunya masih terdapat kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan. Terima Kasih.

Surabaya, 12 Juni 2016

Penulis



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Ruang Lingkup .....	3
1.5 Manfaat .....	3
BAB II .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Air Limbah .....	5
2.1.1 Definisi Air Limbah Domestik .....	5
2.2 Pengolahan Air Limbah .....	6
2.3 <i>Constructed Wetland</i> .....	7
2.3.1 Pengertian <i>Constructed Wetland</i> .....	7
2.3.2 <i>Free Surface Constructed Wetland</i> .....	9
2.3.3 <i>Sub-Surface Constructed Wetland</i> .....	9
2.3.4 Kriteria Desain <i>Constructed Wetland</i> .....	10
2.3.5 Perhitungan Desain <i>Constructed Wetland</i> .....	11
2.4 Kelebihan dan Kekurangan <i>Constructed Wetland</i> .....	12
2.4.1 Kelebihan <i>Constructed Wetland</i> .....	12
2.4.2 Kekurangan <i>Constructed Wetland</i> .....	13
2.5 Hubungan Tumbuhan dan Mikroorganisme .....	13
2.6 Tumbuhan Kana ( <i>Canna Indica</i> ) .....	14
BAB III .....	19
GAMBARAN UMUM DAERAH PERENCANAAN .....	19
3.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan .....	19
3.2 Jumlah Penduduk .....	19
3.3 Gambaran Lokasi Perencanaan <i>Constructed Wetland</i> .....	19

BAB IV .....	23
METODE PERENCANAAN .....	23
4.1 Umum .....	24
4.2 Kerangka Perencanaan.....	24
4.2.1 Studi Literatur .....	24
4.2.2 Pengumpulan Data .....	24
4.2.3 Pengolahan Data dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah .....	26
4.2.4 Perhitungan <i>Bill of Quantity</i> (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) .....	26
4.3 Kesimpulan dan Saran .....	26
BAB V .....	27
PEMBAHASAN .....	27
5.1 Pengambilan Sampel .....	27
5.2 Proyeksi Jumlah Penduduk.....	28
5.3 Karakteristik Limbah Domestik.....	34
5.3.1 Kualitas Limbah Domestik .....	34
5.3.2 Kuantitas Limbah Domestik .....	35
5.4 Penetapan Unit dan Kriteria Desain .....	37
5.5 Perhitungan Dimensi Unit IPAL.....	37
5.5.1 Dimensi Bak Pengumpul .....	37
5.5.2 Dimensi <i>Constructed Wetland</i> (CW).....	44
5.5.3 Dimensi Bak Indikator.....	51
5.6 Kesetimbangan Massa ( <i>Mass Balance</i> ).....	53
5.7 Perhitungan <i>Bill of Quantity</i> (BOQ) .....	55
5.7.1 BOQ Pekerjaan Penggalan Tanah .....	55
5.7.2 BOQ Pekerjaan Pengurugan Pasir yang Dipadatkan.....	57
5.7.3 BOQ Pekerjaan Pemasangan Batu Bata .....	57
5.7.4 BOQ Pengurugan Tanah Kembali.....	59
5.7.5 BOQ Kerikil dan Tanaman Kana pada <i>Constructed Wetland</i> .....	60
5.8 Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB).....	60
5.9 Standar Operasional Prosedur (SOP).....	63
5.9.1 Bak Pengumpul .....	63
5.9.2 <i>Constructed Wetland</i> .....	64
5.9.3 Bak Indikator.....	66
BAB VI .....	69
KESIMPULAN DAN SARAN.....	69

6.1	Kesimpulan.....	69
6.2	Saran.....	69
	DAFTAR PUSTAKA .....	71
	LAMPIRAN	
	BIOGRAFI PENULIS	

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penghilangan Polutan yang Ada di <i>Constructed Wetland</i> .....	8
Tabel 2.2 Karakteristik Tipikal Media Untuk <i>Sub-Surface Flow</i> .....	11
Tabel 2.3 Perbandingan Nilai <i>Relative Growth Rate (RGR) Emergent Plant</i> .....	15
Tabel 2. 4 Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	17
Tabel 3.1 Jumlah Penduduk Kelurahan Keputih .....	19
Tabel 4.1 Metode yang Digunakan untuk Pengukuran Kualitas Limbah.....	25
Tabel 5. 1 Lokasi Pengambilan Sampel.....	27
Tabel 5.2 Jumlah Penduduk Kelurahan Keputih Tahun 2011-2015 .....	29
Tabel 5.3 Jumlah Penduduk Kelurahan Keputih Tahun 2011-2015 .....	30
Tabel 5. 4 Perhitungan Nilai Korelasi (r) Metode Aritmatik .....	32
Tabel 5. 5 Perhitungan Nilai Korelasi (r) Metode Geometri .....	32
Tabel 5.6 Perhitungan Nilai Korelasi (r) Metode <i>Least Square</i> .....	32
Tabel 5. 7 Perbandingan Nilai Kolerasi (r) .....	33
Tabel 5.8 Proyeksi Penduduk Kelurahan Keputih Tahun 2016-2028 .....	33
Tabel 5.9 Hasil Analisis Laboratorium Karakteristik Awal <i>Greywater</i> .....	34
Tabel 5.10 Karakteristik <i>Greywater</i> Kelurahan Keputih Surabaya .....	34
Tabel 5. 11 Rancangan Anggaran Biaya .....	61

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Free Water Constructed Wetland</i> .....	9
Gambar 2. 2 <i>Sub-surface Constructed Wetland</i> .....	9
Gambar 2. 3 <i>Canna indica sp.</i> .....	14
Gambar 3. 1 Kondisi Lahan Kosong di Sekitar Taman Sakura..	20
Gambar 3. 2 Lokasi Perencanaan Wilayah Pelayanan.....	20
Gambar 3. 3 Detail Lokasi Perencanaan IPAL .....	21
Gambar 5. 1 Kondisi Outlet di Jl. Keputih Tegal 7 No. 2.....	28
Gambar 5. 2 Kondisi Outlet di Jl. Keputih III-C No. 62.....	28
Gambar 5. 3 Diagram Alir Unit IPAL .....	37
Gambar 5. 4 Pompa HCP 100AL25.5 .....	44
Gambar 5. 5 <i>Constructed Wetland Water Budget</i> .....	47
Gambar 5. 6 Tipikal Ukuran Galian .....	56
Gambar 5. 7 Tanaman kana umur $\pm 12-14$ minggu .....	65



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2012, Terdapat 3.040 orang terkena penyakit kulit akibat infeksi dan 1.531 orang terkena diare akibat sanitasi yang buruk di Kelurahan Keputih Kota Surabaya (Puskemas Keputih, 2014). Sanitasi yang buruk bisa disebabkan karena pencemaran limbah domestik di badan air. Sehingga dibutuhkan suatu teknologi pengolahan air limbah domestik yang sesuai di daerah tersebut.

Di Kelurahan Keputih terdapat lahan eks TPA Keputih yang telah ditutup sejak tahun 2001. Dalam RTRW Kota Surabaya Tahun 2010-2030, peruntukan lokasi eks TPA Keputih yang mempunyai luas 40,5 Ha diarahkan sebagai daerah hijau (Silas *et al.*, 2014). Berdasarkan hal tersebut, Kelurahan Keputih dipilih sebagai lokasi studi kasus. Hal ini dikarenakan selain membutuhkan suatu teknologi pengolahan air limbah domestik, lokasi tersebut juga mempunyai lahan luas yang dapat digunakan.

Salah satu teknologi pengolahan air limbah domestik yang potensial adalah *Constructed Wetland* (lahan basah buatan). *Constructed Wetland* adalah sistem pengolahan terencana/terkontrol yang di desain dan dibangun dengan menggunakan proses alami. Vegetasi *Wetland* meliputi tanah berpasir dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah (Sasono dan Pungut, 2013).

Keunggulan dari *Constructed Wetland* dibandingkan dengan fasilitas pengolahan limbah konvensional adalah biaya investasi, operasi dan pemeliharaan yang lebih murah (Villar *et al.*, 2012). Selain itu, *Constructed Wetland* mempunyai efisiensi removal TSS hingga 97% (Puspita *et al.*, 2005) dan tidak menimbulkan bau (*Sub-Surface flow*) (EPA, 2003). *Constructed Wetland* juga dapat ditampilkan sebagai taman dengan nilai estetika (Suswati dan Gunawan, 2013).

Ada 2 (dua) jenis lahan basah buatan, yaitu jenis aliran permukaan (*Surface Flow*) dan aliran bawah permukaan (*Sub-Surface Flow*). Kekurangan dari *Constructed Wetland* aliran permukaan (*Surface Flow*) adalah dapat meningkatkan populasi nyamuk disekitar lokasi IPAL. Sehingga, *Constructed Wetland* aliran bawah permukaan (*Sub-Surface Flow*) lebih layak digunakan sebagai alternatif sistem pengolahan air limbah domestik di Indonesia (Supradata, 2005). Sistem *Sub Surface Constructed Wetland* memanfaatkan simbiosis antara tumbuhan air dengan mikroorganisme dalam media di sekitar sistem perakaran tanaman (Sari, 2015).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu direncanakan unit pengolahan limbah cair domestik menggunakan sistem *Sub-surface Constructed Wetland* di Kelurahan Keputih Surabaya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, maka rumusan masalah dalam perencanaan ini adalah:

1. Perlunya teknologi dalam pengolahan *greywater* di Kelurahan keputih Surabaya
2. Perlunya Standar Operasional Prosedur (SOP) teknis dalam penggunaan dan pemeliharaan *Constructed Wetland*.
3. Perlunya menyiapkan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) dalam pembuatan *Constructed Wetland*.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir perencanaan ini adalah:

1. Meyediakan teknologi untuk pengolahan limbah domestik di Kelurahan keputih Surabaya.
2. Merencanakan SOP teknis dalam penggunaan dan pemeliharaan *Constructed Wetland*.
3. Menyiapkan BOQ dan RAB untuk pembangunan *Constructed Wetland*.

#### **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dalam tugas akhir perencanaan *Sub Surface Flow Constructed Wetland* di Kelurahan Keputih Surabaya ini adalah:

1. Pengukuran kadar parameter-parameter *greywater* (BOD,COD, TSS, suhu, dan pH).
2. Daerah perencanaan akan dilakukan di Kelurahan Keputih Kota Surabaya.
3. Perencanaan dari *Constructed Wetland* menggunakan sistem *Sub-surface Flow*
4. Jenis tanaman yang digunakan adalah *Canna indica sp.*
4. Pembuatan SOP secara teknis dalam penggunaan dan pemeliharaan *Constructed Wetland*.
5. Perhitungan BOQ dan RAB.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang diharapkan pada tugas akhir perencanaan ini adalah:

1. Dapat mengurangi beban *greywater* yang dikeluarkan oleh penduduk Kelurahan Keputih Kota Surabaya sehingga bisa mengurangi dampak pencemaran di lingkungan sekitar.
2. Menyediakan teknologi pengolahan *greywater* yang sesuai dengan kondisi Kelurahan Keputih Surabaya.
3. Kesesuaian rencana penggunaan lahan eks TPA Keputih dengan RTRW Kota Surabaya tahun 2010-2030.
4. BOQ dan RAB untuk pembangunan *Constructed Wetland* yang dapat dijadikan pertimbangan keuangan bagi pemerintah Kota Surabaya dalam pembuatan *Constructed Wetland*.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air Limbah

##### 2.1.1 Definisi Air Limbah Domestik

Sumber utama air limbah domestik adalah dari masyarakat yang berasal dari daerah perumahan, perdagangan, perkantoran, dan fasilitas rekreasi. Air limbah domestik diklasifikasikan menjadi *grey water* dan *black water*. *Grey water* yaitu limbah domestik yang berasal dari air bekas cucian piring, air bekas mandi dan cuci baju tidak termasuk air toilet. *Black water* adalah air limbah domestik yang dikeluarkan melalui toilet, *urinoir* dan *bidets* (Lita CSC, 2008).

Parameter kualitas air limbah menurut Safitri (2009) adalah sebagai berikut:

1. *Total Suspended Solids* (TSS)

TSS atau jumlah padatan yang terlarut dalam air merupakan hasil dari penyaringan padatan terlarut. TSS biasanya bersifat partikel koloid dan pengendapannya dengan gravitasi.

2. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik yang ada di dalam air. BOD ditentukan dengan cara mengukur oksigen yang diserap oleh sampel air limbah akibat adanya mikroorganisme selama satu periode waktu tertentu. Waktu yang biasa digunakan adalah 5 hari dan pada satu temperatur tertentu, umumnya 20° C ( ${}_{20}^5BOD$ ). Semakin banyak zat organik yang diuraikan oleh bakteri, maka semakin banyak pula kebutuhan oksigen.

3. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD adalah jumlah oksigen kimiawi yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik. Nilai COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang dapat dioksidasi secara ilmiah melalui proses mikrobiologis dan dapat berakibat berkurangnya oksigen di dalam air.

4. pH  
konsentrasi ion hidrogen (pH) merupakan parameter penting untuk kualitas air dan air limbah. pH mempunyai peranan didalam proses pengolahan air limbah. Apabila pH terlalu rendah maka jumlah oksigen terlarut dan konsumsi oksigen akan menurun.

## 2.2 Pengolahan Air Limbah

Tujuan dari pengolahan air limbah adalah menghilangkan atau mengurangi kontaminasi yang ada di dalam air limbah sehingga tidak mengganggu apabila dibuang ke lingkungan. Pada prinsipnya, air limbah dapat diolah dengan 3 proses, yaitu proses secara fisik, kimiawi, dan biologis. Ketiga proses tersebut bisa digabung/dikombinasikan dan bisa dilakukan secara terpisah. Pemilihan jenis pengolahan air limbah berdasarkan karakteristik dan jenis air limbah itu sendiri.

### 1. Pengolahan Secara Fisika

Pengolahan limbah cair secara fisika bisa dilakukan dengan cara filtrasi, sedimentasi, flotasi dan adsorpsi. Filtrasi adalah proses pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan penyaring (filter). Sedangkan proses sedimentasi adalah proses pemisahan padatan dan cairan dengan cara mengendapkan zat tersuspensi dengan memanfaatkan gaya gravitasi (Abraiman dan Houssam, 2000). Flotasi adalah pengolahan air limbah dengan cara memanfaatkan daya apung untuk memisahkan partikel padat rendah densitas. Adsorpsi dilakukan dengan cara penambahan adsorben agar terjadi penumpukan materi pada *interface* antara zat kontaminan dan adsorben.

### 2. Pengolahan Secara Kimia

Pengolahan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun dengan membubuhkan bahan kimia tertentu sesuai keperluan. Beberapa proses kimia pada pengolahan ini antara lain: netralisasi asam atau basa, koagulasi-flokulasi, dialisis dan ozonisasi.

### 3. Pengolahan Secara Biologi

Pengolahan limbah secara biologi memanfaatkan aktivitas biologi didalam menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Semua air yang bersifat biodegradable dapat diolah secara biologi. Pengolahan ini dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien sebagai pengolahan sekunder. Air limbah yang bisa diolah secara biologi adalah yang bersifat *biodegradable*; dengan nilai perbandingan BOD/COD  $\geq 0,5$  (Kindsigo dan Juha, 2006).

## 2.3 **Constructed Wetland**

### 2.3.1 **Pengertian Constructed Wetland**

*Constructed Wetland* atau lahan basah buatan adalah sistem pengolahan terencana atau terkontrol yang didesain menggunakan proses alami. Proses ini melibatkan vegetasi, media dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah (Risnawati dan Damanhuri, 2009). Sistem Pengolahan yang direncanakan, seperti untuk debit limbah, beban organik, kedalaman media, jenis tanaman lainnya, sehingga kualitas air limbah yang keluar dari sistem tersebut dapat dikontrol sesuai dengan yang dikehendaki oleh pembuatnya. *Constructed Wetland* terbagi menjadi dua tipe, yaitu sistem aliran permukaan atau *FWS-Wetland (Free Water System Constructed Wetland)* dan sistem aliran bawah permukaan atau *SSF-Wetland (Sub-Surface Flow Constructed Wetland)*.

Sedangkan klasifikasi *Constructed Wetland* berdasarkan jenis tanaman yang digunakan terbagi menjadi tiga kelompok :

1. Sistem yang menggunakan tanaman *macrophyta* mengambang atau sering disebut dengan lahan basah sistem tanaman air mengambang (*Floating Aquatic Plant System*).
2. Sistem yang menggunakan tanaman makrofita dalam air (*Submerged*) dan umumnya digunakan pada sistem lahan basah buatan tipe aliran permukaan (*Surface Flow Wetlands*).
3. Sistem yang menggunakan tanaman makrophyta yang akarnya tenggelam atau sering disebut juga *amphibiuous plants* dan biasanya digunakan untuk lahan basah buatan



tipe aliran bawah permukaan (*Surface Flow Constructed Wetland*) SSF-*Wetlands*.

Menurut Tangahu dan Warmadewanthi (2001), pengolahan air limbah dengan sistem *Wetland* lebih dianjurkan karena beberapa alasan sebagai berikut :

1. Dapat mengolah limbah domestik pertanian dan sebagian limbah industri termasuk logam berat
2. Efisiensi pengolahan tinggi (80 %)
3. Biaya perencanaan, pengoperasian dan pemeliharaan murah dan tidak membutuhkan keterampilan yang tinggi.

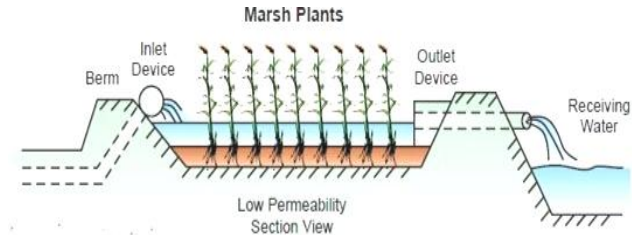
Berikut ini merupakan mekanisme penghilangan polutan yang ada di *Constructed Wetland* yang disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penghilangan Polutan yang Ada di *Constructed Wetland*

<b>Jenis Polutan</b>	<b>Proses Penghilangan</b>
Bahan organik (diukur sebagai BOD)	Degradasi secara biologis, sedimentasi, dan digunakan oleh mikroorganisme
Kontaminan organik (contoh: pestisida)	Adsorpsi, volatilisasi, fotolisis, dan degradasi secara biotik/abiotik
SS ( <i>Suspended Solids</i> )	Sedimentasi, filtrasi
Fosfor	Sedimentasi, filtrasi, adsorpsi, digunakan oleh mikroorganisme dan tumbuhan
Patogen	Mati secara alami, sedimentasi, filtrasi, dimakan oleh predator, degradasi oleh sinar UV, adsorpsi
Logam berat	Sedimentasi, adsorpsi, digunakan oleh tumbuhan

Sumber: Kayombo et al., 2003

### 2.3.2 Free Surface Constructed Wetland

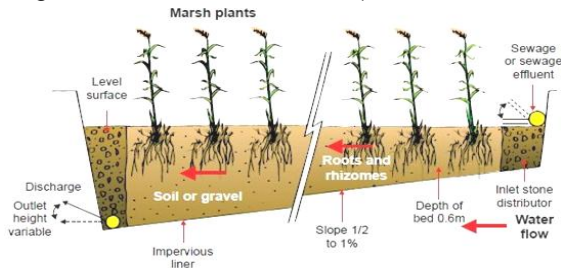


Gambar 2. 1 Free Water Constructed Wetland  
Sumber: Sim, 2003

Pada sistem *Free Water Surface* (FWS), air mengalir pada permukaan air yang terbuka. Pada prakteknya, sistem FWS jarang digunakan karena sistem ini dapat menjadi sarang bagi vektor penyakit (seperti nyamuk) dan menimbulkan bau. (Wallace dan Robert, 2006).

### 2.3.3 Sub-Surface Constructed Wetland

*Sub-surface constructed Wetland* menggunakan media tanah, pasir atau kerikil yang ditanami dengan vegetasi tumbuhan. Air limbah akan dialirkan dibawah permukaan dari media tanam. Karena air limbah berada dibawah permukaan media tanam, resiko terkena paparan manusia atau organisme patogen dapat di minimisasi (Wallace dan Robert, 2006). Sistem *Sub-surface Constructed Wetland* paling sesuai untuk pengolahan primer dari air limbah, karena tidak ada kontak langsung dengan kolom air dan atmosfer (Suswati *et al.*, 2013).



Gambar 2. 2 Sub-surface Constructed Wetland  
Sumber: Sim, 2003

Pada *Sub-Surface Constructed Wetland*, pola alirannya dibagi menjadi 2 macam, yaitu *Vertical Flow System* dan *Horizontal Flow System*.

#### **2.3.3.1 Vertical Flow System**

Sistem pengaliran *Vertical Flow System* tidak dilakukan secara kontinuitetapi dengan sistem *batch*. Air limbah mengalir dari atas ke bawah dengan melewati zona akar dan keluar dari dasar media. Sistem ini baik digunakan untuk proses nitrifikasi karena kemampuan transfer oksigen, dan penyisihan BOD dan COD yang tinggi. Kekurangan dari *Vertical Flow System* adalah kurang bagus didalam penyisihan partikel tersuspensi apabila pemilihan media yang kurang tepat karena akan terjadi *clogging*.

#### **2.3.3.2 Horizontal Flow System**

*Horizontal Flow System* adalah sistem aliran pada *Sub-surface Wetland* dengan mengalirkan air limbah secara horizontal dibawah tanaman yang ditanam di media lapisan paling atas. Tanaman tersebut memiliki kemampuan dalam mengadsorpsi oksigen dengan menggunakan daun dan batang yang berada diatas permukaan media. Oksigen terserap akan ditransfer ke akar. *Aerobic microsities* yang ada pada akar dapat membantu proses aerobik pada mikroorganisme, seperti proses nitrifikasi.

Kelebihan dari sistem ini adalah tidak adanya genangan air yang dapat menimbulkan bau dan menjadi tempat berkembang biak nyamuk. Selain itu, *Horizontal Flow System* juga baik didalam penyisihan partikel tersuspensi karena kemampuan didalam menyaring dan penyisihan BOD. Kekurangan dari sistem ini adalah tidak bagus di dalam proses nitrifikasi karena kemampuan didalam transfer oksigen yang terbatas dan sering terjadi aliran pendek yang menyebabkan menurunnya efisiensi pengolahan. Oleh karena itu, sistem ini tidak cocok untuk pengolahan air limbah yang mengandung *suspended solid* yang tinggi (Soleh, 2007).

#### **2.3.4 Kriteria Desain Constructed Wetland**

Kriteria desain yang sangat penting untuk sistem *constructed Wetland* adalah waktu detensi hidrolis, kedalaman

bak (panjang dan lebar), dan laju beban hidrolis. Rentang tipikal yang disarankan untuk perancangan diberikan di bawah ini.

- Removal TSS : 60-75% (EPA, 1999)
- Removal BOD oleh media : 75-98% (Vymazal, 2001)
- Removal BOD yang dibantu dengan adanya tanaman: 4,4% (Diaz *et al.*, 2014)
- HLR : 0,2 - 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari (Ellis *et al.*, 2003)
- L/W ratio : 4:1 – 10:1 (Hlavinek *et al.*, 2007)

Karakteristik tipikal media yang digunakan pada sistem SFS terdapat pada tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2. 2 Karakteristik Tipikal Media Untuk *Sub-Surface Flow*

<b>Media Type</b>	<b>Max 10% grain size, mm</b>	<b>Porosity, α</b>
<i>Medium sand</i>	1	0.42
<i>Coarse sand</i>	2	0.39
<i>Gravelly sand</i>	8	0.35
<i>Fine gravel</i>	16	0,38
<i>Medium gravel</i>	32	0,40
<i>Coarse rock</i>	128	0,45

Sumber : Metcalf & Eddy, 2003

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) (Metcalf dan Eddy, 2003).

### 2.3.5 Perhitungan Desain *Constructed Wetland*

Rumus yang digunakan dalam perhitungan desain *Constructed Wetland* adalah:

$$\frac{c_e}{c_o} = e^{-Kt} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$Kt = K_{20} (1,1)^{t-20} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$td = \frac{-\ln(\frac{C_e}{C_o})}{Kt} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$As = d \cdot W = \frac{Q}{Kt \cdot S} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$L = \frac{td \cdot Q}{W \cdot d \cdot \alpha} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$As = L \cdot W \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

- Q = debit rata-rata (m<sup>3</sup>/hari)
- As = luas permukaan (m<sup>2</sup>)
- T = suhu (°C)
- Ks = konduktivitas hidrolis (m/hari)
- α = porositas media (desimal)
- K<sub>20</sub> = koefisien standar pada suhu 20° C (per hari)
- C<sub>o</sub> = konsentrasi BOD influen (mg/L)
- C<sub>e</sub> = konsentrasi BOD efluen (mg/L)
- S = Slope media

## 2.4 Kelebihan dan Kekurangan *Constructed Wetland*

### 2.4.1 Kelebihan *Constructed Wetland*

Kelebihan dari penggunaan *Constructed Wetland* sebagai salah satu alternatif pengolahan air limbah domestik menurut Khambali (2011) adalah:

1. Teknologi tepat guna yang murah
2. Tahan lama dan mudah dalam perawatan
3. Tidak memerlukan teknologi yang rumit dan peralatan mesin atau bahan kimia
4. Tidak memerlukan biaya operasional yang tinggi
5. Menggunakan sumber daya alam yang ada
6. Dapat diisi dengan keanekaragaman tumbuhan lokal setempat
7. Dapat dibuat dengan berbagai ukuran (skala rumah tangga, klinik, sekolah, rumah sakit, hotel, dan sebagainya)
8. Menyediakan ekosistem untuk tumbuhan maupun hewan
9. Tertata sebagai taman dengan lanskap yang indah dipandang.

#### **2.4.2 Kekurangan *Constructed Wetland***

Kekurangan dari penggunaan *Constructed Wetland* sebagai salah satu alternatif pengolahan air limbah domestik menurut Khambali (2011) adalah:

1. Pengoperasian sistem ini tergantung pada kondisi lingkungan termasuk iklim dan suhu. Pengolahan kurang optimal untuk daerah dengan suhu rendah
2. Untuk *Constructed Wetland dengan free water system*, dapat berpotensi menimbulkan bau dan menjadi sarang bagi vektor penyakit (nyamuk).

#### **2.5 Hubungan Tumbuhan dan Mikroorganism**

Remediasi zat pencemar yang dilakukan oleh tumbuhan juga dibantu oleh mikroorganism (Ariani dan Eddy, 2011). Menurut Surakusumah (2012), yang berperan aktif untuk meremediasi zat pencemar adalah mikroorganism. Sedangkan tumbuhan hanya berperan sebagai media dan fasilitator bagi mikroorganism serta pendorong percepatan remediasi. Fungsi tumbuhan didalam proses remediasi adalah:

1. *Solar Driven-pump-and-treat-system*  
Akar tumbuhan akan menarik zat cair dan larutan pada saat proses transpirasi dengan bantuan sinar matahari. Sehingga, mikroorganism akan mudah mengambil sumber nutrisi dalam polutan yang menempel di akar.
2. Penghasil Sumber Karbon dan Energi  
Sebelum menggunakan polutan sebagai sumber nutrisi, mikroorganism dapat menggunakan Eksudat atau hasil metabolisme oleh akar tumbuhan sebagai sumber karbon dan energi. Hal ini dapat mengatasi mikroorganism kekurangan nutrisi akibat polutan yang belum terlarut dengan baik.
3. Transfer Oksigen dan Menurunkan Permukaan Air (*Water Table*)  
Akar tumbuhan dapat berfungsi sebagai penyalur oksigen bagi mikroorganism. Selain itu, permukaan air (*water table*) juga dapat diturunkan oleh akar sehingga difusi gas dapat terjadi.

Mikroorganism dapat mendegradasi polutan menjadi ion-ion sehingga dapat terserap oleh tumbuhan. Sebaliknya, ion-ion

tersebut dapat berguna untuk mencegah penumpukan ion-ion yang bersifat toksik bagi mikroorganismenya sendiri (Ariani dan Edi, 2011).

## 2.6 Tumbuhan Kana (*Canna Indica*)

*Canna Indica* adalah tumbuhan yang hidup membutuhkan sinar matahari langsung. Tumbuhan ini merupakan tumbuhan luar dan biasa tumbuh di hutan serta pegunungan. Saat ini banyak juga orang yang menjadikan tanaman kana sebagai tanaman hias.



Gambar 2. 3 *Canna indica* sp.

Sumber: <http://alabamaplants.com> (diakses tanggal 7 Januari 2016)

Berikut ini merupakan klasifikasi ilmiah *Canna Indica* (Tjitrosoepomo, 2010):

- Kingdom : Plantae
- Super Divisi : Spermatophyta
- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Liliopsida
- Ordo : Zingiberales
- Famili : Cannaceae
- Genus : *Canna*
- Spesies : *Canna Indica*

Akar rimpang tumbuhan kana bisa mencapai panjang 30-40 cm dan tumbuh menyebar ke segala arah. Tinggi *Canna Indica* bisa mencapai 2 m saat dewasa. Tumbuhan ini mempunyai bunga besar dengan warna cerah yang tersusun dalam rangkaian

berbentuk tandan. Menurut Setiarini (2013), nilai removal BOD yang dimiliki oleh Tanaman Kana adalah 17-90%. Sedangkan nilai *removal Total Solid* (TS) adalah 56% pada reaktor bujur sangkar dan 46% pada reaktor persegi panjang. Tanaman Kana mempunyai nilai removal COD sebesar 61% pada reaktor bujur sangkar dan 72% pada reaktor persegi panjang (Dhohikah, 2006).

*Relative Growth Rate* (RGR) adalah sebuah parameter yang ditentukan berdasarkan jumlah komponen secara fisik, morfologi dan alokasi biomassa (James dan Rebecca, 2007). Apabila nilai RGR suatu tanaman rendah, maka tanaman tersebut akan mengalami pertumbuhan yang lebih lambat. Kelebihan dari tanaman yang memiliki nilai RGR yang rendah adalah biaya perawatan tanaman tersebut lebih kecil. Hal ini dikarenakan intensitas penggantian tanaman tersebut akan berkurang apabila dibandingkan dengan tanaman dengan nilai RGR lebih tinggi. Berikut ini merupakan perbandingan nilai RGR pada beberapa *Emergent Plant* yang sering digunakan untuk *Constructed Wetland* pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 3 Perbandingan Nilai *Relative Growth Rate* (RGR) *Emergent Plant*

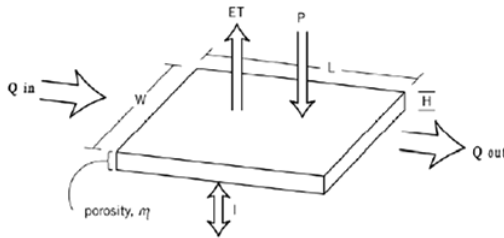
Jenis Tanaman	Nilai RGR (g/g.d)
<i>Canna indica</i>	0,057 <sup>(1)</sup>
<i>Typha latifolia</i>	0,785 <sup>(2)</sup>
<i>Cyperus papirus</i>	1,04 <sup>(3)</sup>

Sumber: <sup>(1)</sup> Konnerup & Hans, 2009  
<sup>(2)</sup> Nilratnisakorn *et al.*, 2007  
<sup>(3)</sup> Opio *et al.*, 2013

## 2.7 Debit efluen *Constructed Wetland*

Debit yang masuk ( $Q_{in}$ ) ke dalam CW tidak akan sama dengan debit yang keluar ( $Q_{ef}$ ) dari CW. Debit efluen CW dipengaruhi oleh laju evapotranspirasi (ET), presipitasi (P) dan infiltrasi (I). Berikut ini adalah Gambar 2.4 yang merupakan skema ideal dari *water budget* pada CW.





Gambar 2. 4 *Constructed Wetland Water Budget*  
(Sumber: Wallace & Robert, 2006)

Debit effluen CW dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9) yang berasal dari Wallace & Robert (2006) berikut ini:

$$Q_{ef} = Q_{in} - Q_{ET} + Q_P + Q_I \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

- $Q_{ET}$  = debit evapotranspirasi, m<sup>3</sup>/hari
- $Q_P$  = debit presipitasi, m<sup>3</sup>/hari
- $Q_I$  = debit infiltrasi, m<sup>3</sup>/hari

Evapotranspirasi (ET) adalah kehilangan air yang berasal dari gabungan antara evaporasi dan proses transpirasi tumbuhan. Evapotranspirasi menyebabkan volume air pada CW berkurang tetapi tidak meningkatkan massa kontaminan pada effluen CW. Nilai evapotranspirasi pada CW yang menggunakan Tanaman kana adalah sebesar 28,55 mm/hari (Konnerup *et al.*, 2009).

Presipitasi (P) adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi, yang dalam perencanaan kali ini adalah hujan. Hujan mengakibatkan bertambahnya volume air pada CW. Pada perencanaan ini, digunakan data curah hujan rata-rata di Kota Surabaya karena lokasi CW berada di Kota Surabaya. Curah hujan rata-rata Kota Surabaya pada tahun 2015 adalah 18,8 mm/hari (Sari *et al.*, 2015).

Infiltrasi (I) adalah proses masuknya air dari CW ke dalam *aquifer* permukaan dan sebaliknya. Apabila elevasi dari *water table* lebih rendah dari level air pada CW, maka air dari CW akan masuk ke dalam *aquifer*. Pada perencanaan ini, dasar dari

CW akan dilapisi dengan geomembran atau lapisan kedap air sehingga efek dari infiltrasi bisa diabaikan ( $I = nol$ ).

## 2.8 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu air limbah permukiman untuk wilayah Provinsi Jawa Timur menggunakan Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Air limbah permukiman termasuk dalam kategori air limbah domestik yang terdiri dari permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, perhotelan dan asrama yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Baku Mutu Air Limbah Domestik  
Volume Limbah Cair Maksimum 120 L/(orang.hari)

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
BOD <sub>5</sub>	30
COD	50
TSS	50
Minyak dan Lemak	10
pH	6-9

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

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB III GAMBARAN UMUM DAERAH PERENCANAAN

### 3.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan

Kelurahan Keputih merupakan salah satu kelurahan di Kota Surabaya yang memiliki 40 RT dan 9 RW. Kelurahan dengan ketinggian tanah  $\pm 3$  meter diatas permukaan laut ini memiliki total luas wilayah 14440 Ha. Kelurahan Keputih memiliki suhu udara rata-rata  $28^{\circ}$  -  $36^{\circ}$  C. Secara geografis wilayah Kelurahan Keputih berbatasan dengan:

- Sebelah utara : Kelurahan Kejawan Tambak
- Sebelah timur : Laut / Selat Madura
- Sebelah Selatan: Kelurahan Semolowaru dan Medokan Semampir
- Sebelah barat : Kelurahan Klampis Ngasem

### 3.2 Jumlah Penduduk

Jumlah Penduduk Kelurahan Keputih pada tahun 2011-2015 dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk Kelurahan Keputih

Tahun ke-	Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	Jumlah Penduduk
2011	14,40	13.160
2012	14,40	14.293
2013	14,40	15.208
2014	14,40	16.191
2015	14,40	16.674

Sumber: Kecamatan Sukolilo dalam Angka Tahun 2012, 2013, 2014, 2015, 2016

### 3.3 Gambaran Lokasi Perencanaan *Constructed Wetland*

TPA Keputih Kota Surabaya yang memiliki luas lahan total 40,5 Ha resmi ditutup pada tahun 2001. Dalam RTRW Kota Surabaya Tahun 2010-2030, peruntukkan lahan eks TPA Keputih diarahkan sebagai ruang terbuka hijau (Silas *et al.*, 2014). Sebagian dari luas lahan Eks-TPA Keputih saat ini dimanfaatkan sebagai taman yang diberi nama Taman Sakura. Berikut ini adalah Gambar 3.1 yang merupakan kondisi eksisting taman yang ada di Lahan Eks-TPA Keputih.

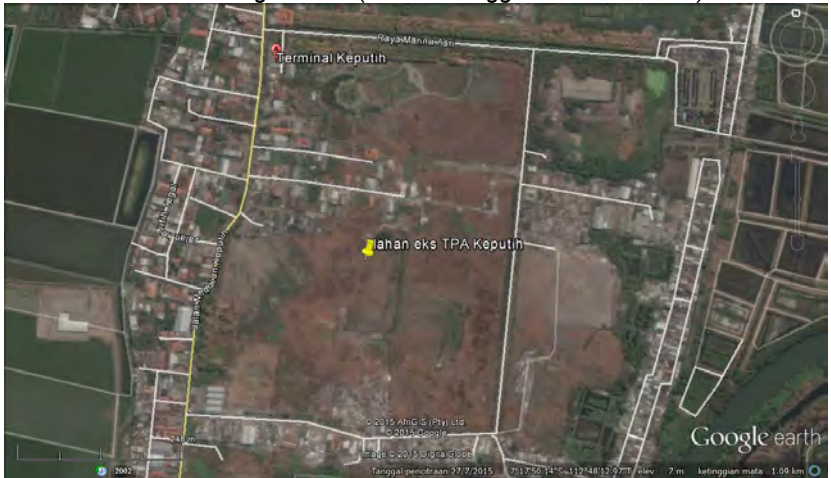


Gambar 3. 1 Kondisi Lahan Kosong di Sekitar Taman Sakura



Gambar 3. 2 Lokasi Perencanaan Wilayah Pelayanan

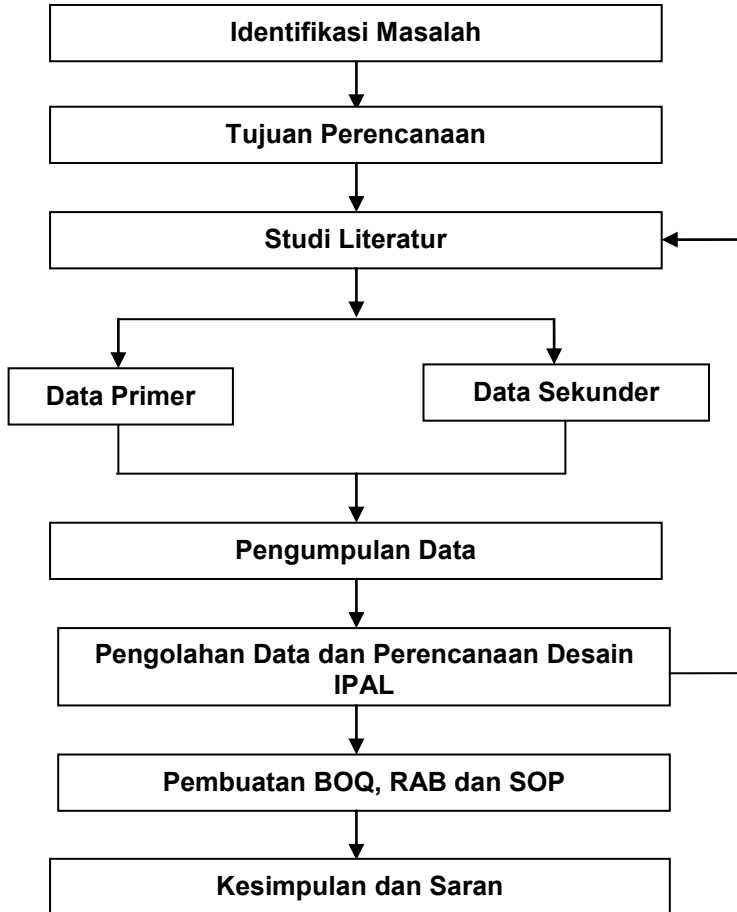
Sumber: *Google Earth* (diakses tanggal 7 Januari 2016)



**Gambar 3. 3** Detail Lokasi Perencanaan IPAL  
Sumber: *Google Earth* (diakses tanggal 7 Januari 2016)

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**BAB IV  
METODE PERENCANAAN**



Gambar 4.1 Metodologi Perencanaan



#### **4.1 Umum**

Tugas akhir ini merencanakan sistem pengolahan air limbah domestik di daerah Perkampungan menggunakan *sub-surface constructed Wetland*. Hasil dari perencanaan tersebut akan didapatkan rencana dasar, gambar rencana, *Bill of Quantity* (BOQ), dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

#### **4.2 Kerangka Perencanaan**

Kerangka perencanaan berfungsi untuk memudahkan dalam merencanakan sesuai dengan tahapan yang dibuat. Kerangka perencanaan terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

##### **4.2.1 Studi Literatur**

Studi literatur merupakan teori yang menjadi dasar yang mendukung perencanaan yang akan dilakukan. Sumber literatur yang digunakan berasal dari buku, jurnal, makalah seminar, skripsi, tesis dan disertasi yang dapat dipertanggungjawabkan isinya. Dalam tugas akhir ini, literatur yang dikaji meliputi pengetahuan umum tentang air limbah domestik, perencanaan sistem *Constructed Wetland*, tanaman *Canna indica* dan baku mutu yang digunakan untuk mengevaluasi sistem pengolahan air limbah.

##### **4.2.2 Pengumpulan Data**

Data yang digunakan untuk perencanaan ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Adapun data primer yang digunakan antara lain:

1. Jumlah pemakaian air bersih dan debit air limbah domestik  
Data ini didapatkan melalui sampling secara acak warga Kelurahan Keputih Surabaya. Data yang didapatkan dari kuisioner adalah data rekening air dan prakiraan penggunaan debit air bersih setiap bulan. Data rekening air yang didapatkan kemudian dikonversikan melalui *website* PDAM. Nilai debit yang didapatkan merupakan debit total air bersih per rumah. Kemudian didapatkan debit penggunaan air bersih per orang dengan cara dibagi dengan jumlah penghuni rumah.

2. Kualitas air limbah domestik di Kelurahan Keputih Surabaya  
Data ini didapatkan melalui analisis laboratorium. Parameter yang diukur adalah BOD, COD, TSS dan pH. Berikut ini adalah metode yang digunakan untuk pengukuran kualitas air limbah yang tersaji pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Metode yang Digunakan untuk Pengukuran Kualitas Limbah

Parameter	Metode	Sumber
BOD	Metode Winkler	APHA, 1999
COD	Metode Refluks Tertutup Secara Titrimetri	APHA, 1999
TSS	Metode Gravimetri	APHA, 1999
pH	Metode pH meter	APHA, 1999

Pengambilan sampel air limbah domestik dilakukan di 6 titik pada saluran drainase yang dianggap mewakili wilayah perencanaan. Pengambilan sampel dilakukan saat jam puncak penggunaan air bersih di pagi hari (pukul 07.00-09.00). Sampling dilakukan selama tiga minggu berturut-turut.

3. Kondisi rencana lahan *Constructed Wetland* dan lokasi perencanaan  
Data didapatkan melalui wawancara dan pengukuran terhadap lahan menggunakan aplikasi *google maps*. Selain itu, dilakukan dengan cara menggunakan aplikasi *google earth* untuk mengetahui ketinggian lokasi.  
Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan dalam tugas akhir perencanaan ini adalah:
  - Data dan informasi monografi.  
Data dan informasi monografi merupakan data kependudukan dan informasi umum mengenai Kelurahan Keputih. Data ini didapatkan dari Kantor Kelurahan Keputih dan Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
  - Data fluktuasi penggunaan air bersih.  
Data fluktuasi penggunaan air bersih didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

#### **4.2.3 Pengolahan Data dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah**

Perencanaan dilakukan berdasarkan data-data yang didapatkan, baik data primer maupun sekunder. Keluaran dari perencanaan ini adalah gambar rencana *Constructed Wetland*, *Bill of Quantity* (BOQ), Rancangan Anggaran Biaya (RAB), dan *Standar Operasional dan Prosedur* (SOP) secara teknis. Langkah awal *preliminary design Constructed Wetland*, yaitu:

1. Memproyeksikan penambahan jumlah penduduk di Kelurahan Keputih hingga tahun 2028.
2. Menganalisis kualitas dan kuantitas limbah domestik.

Langkah selanjutnya adalah melakukan perencanaan *Constructed Wetland* secara detail dengan tahapan berikut:

1. Menggambarkan diagram alir proses
2. Menetapkan kriteria perencanaan
3. Menghitung dimensi unit-unit operasi dan proses pengolahan limbah
4. Menghitung kesetimbangan massa (*mass balance*)
5. Menggambarkan tata letak bangunan pengolahan limbah (*layout*)
6. Melakukan evaluasi profil hidrolis

#### **4.2.4 Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)**

Perhitungan BOQ dan RAB untuk pembuatan unit pengolahan pada perencanaan ini dilakukan berdasarkan hasil perhitungan dimensi unit pengolahan limbah dan Harga Satuan Pokok Pekerja (HSPK) Kota Surabaya Tahun 2015.

#### **4.3 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dan saran diperoleh dari hasil perencanaan yang telah dilakukan. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan perencanaan yang telah dibuat. Saran diberikan berkenaan dengan pengembangan ataupun tindak lanjut dari kesimpulan tugas akhir ini.

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### 5.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel *greywater* di Kelurahan Keputih dilakukan sebanyak tiga kali selama tiga minggu berturut-turut. Sampel diambil pada tanggal 3 Maret 2016, 10 Maret 2016 dan 17 Maret 2016. Sampel diambil dari pipa outlet dari rumah warga yang mengarah ke saluran drainase. Waktu pengambilan sampel adalah pada pukul 08.00-09.00 Berikut ini adalah Tabel 5.1 yang merupakan daftar lokasi pengambilan sampel.

Tabel 5. 1 Lokasi Pengambilan Sampel

No.	Lokasi Pengambilan Sampel
1.	Jl. Keputih Tegal 7 No. 2
2.	Jl. A.R Hakim Keputih No. 26
3.	Jl. Keputih III-C No. 62
4.	Jl. Keputih Perintis IV No. 50
5.	Jl. Keputih Tegal Timur Baru 4
6.	Jl. Keputih Tegal 10 No. 6

Pengambilan sampel dilakukan secara komposit. Sampel dicampur dengan memperhatikan perbandingan tertentu sehingga bisa mewakili karakteristik *greywater* selama satu hari. Dalam satu kali pengambilan sampel, pada masing-masing lokasi diambil sampel sebanyak 100 mL. Penampakan outlet untuk pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 5.1 dan 5.2 berikut ini.



Gambar 5. 1 Kondisi Outlet di Jl. Keputih Tegal 7 No. 2



Gambar 5. 2 Kondisi Outlet di Jl. Keputih III-C No. 62

## 5.2 Proyeksi Jumlah Penduduk

Dalam perencanaan *Constructed Wetland* (CW) ini, periode desain yang digunakan adalah dari tahun 2019-2028, dengan *initial years* pada tahun 2016-2018. Sehingga diperlukan untuk memroyeksikan penduduk di Kelurahan Keputih hingga tahun 2028. Fungsi dari proyeksi penduduk adalah untuk menentukan kuantitas air limbah yang masuk ke dalam *Constructed Wetland*.

Proyeksi penduduk dilakukan menggunakan salah satu dari tiga metode yaitu aritmatika, geometri, dan *least square*. Metode proyeksi penduduk yang dipilih adalah metode yang memiliki nilai faktor korelasi paling besar (paling mendekati 1) dan nilai standar deviasi paling kecil (Kisman, 2007). Semakin kecil standar deviasi, maka data semakin seragam (homogen) dan sebaliknya standar deviasi semakin besar, maka data semakin bervariasi (Furqon, 2004).

Perhitungan nilai faktor korelasi (r) dilakukan dengan persamaan 5.1.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2]x[n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{1/2}} \dots\dots\dots(5.1)$$

Dimana:

n = jumlah data

untuk metode aritmatik,

x = urutan data mulai dari angka 1

y = selisih jumlah penduduk setiap tahun

untuk metode geometri,

x = urutan data mulai dari angka 1

y = (ln) jumlah penduduk

untuk metode *least square*,

x = urutan data mulai dari angka 1

y = jumlah penduduk

Proyeksi penduduk pada Tugas Akhir ini menggunakan data jumlah penduduk Kelurahan Keputih pada tahun 2011-2015. Jumlah penduduk di Kelurahan Keputih berdasarkan data monografi pada tahun 2011-2015 ditunjukkan dengan Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Jumlah Penduduk Kelurahan Keputih Tahun 2011-2015

Tahun	Jumlah Penduduk (orang)
2011	13016
2012	14293
2013	15208
2014	16191
2015	16674

Sumber: Data Monografi Kelurahan Keputih, 2016

Selanjutnya, dari jumlah penduduk tersebut dilakukan perhitungan prosentase penduduk menggunakan persamaan 5.2.

$$\frac{\sum \text{penduduk tahun ke } (n) - \sum \text{penduduk tahun ke } (n-1)}{(\sum \text{penduduk tahun ke } (n-1))} \times 100 \dots(5.2)$$

Berdasarkan persamaan (5.1) dan (5.2), didapatkan nilai kolerasi (r) dan laju pertumbuhan penduduk Kelurahan Keputih (Tabel 5.2) pada tahun 2011-2015. Nilai tersebut digunakan sebagai

dasar untuk melakukan proyeksi penduduk Kelurahan Keputih tahun 2019-2028.

Tabel 5. 3 Jumlah Penduduk Kelurahan Keputih Tahun 2011-2015

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk	
		Jiwa	%
2011	13016	0	0,000
2012	14293	1277	9,811
2013	15208	915	6,40
2014	16191	983	6,46
2015	16674	483	2,98
Jumlah	75382	3658	25,66
Rata-rata			5,13
r			0,05
Standar Deviasi			3,75
Deviasi Maksimum			8,88
Deviasi Minimum			1,38

Pada tabel 5.3, terdapat nilai deviasi maksimum dan deviasi minimum . Nilai tersebut merupakan laju pertumbuhan penduduk maksimum dan minimum yang dapat terjadi di Kelurahan Keputih. Kedua nilai tersebut didapatkan dengan cara:

- o Deviasi maksimum :  $5,13\% + 3,75\% = 8,88\%$
- o Deviasi minimum :  $5,13\% - 3,75\% = 1,38\%$

1. Metode Aritmatik

Metode ini sesuai untuk daerah dengan perkembangan penduduk yang selalu naik secara konstan, dan dalam kurun waktu yang pendek. Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode aritmatik dapat dihitung dengan yaitu rumus sebagai berikut:

$$P_n = P_o + r(dn) \dots\dots\dots (5.3)$$

Dimana :

- P<sub>n</sub> = jumlah penduduk pada akhir tahun periode
- P<sub>o</sub> = jumlah penduduk pada awal proyeksi
- r = rata-rata pertambahan penduduk tiap tahun
- dn = kurun waktu proyeksi

Perhitungan nilai r dapat menggunakan persamaan (5.1). Hasil perhitungan nilai r menggunakan metode aritmatik dapat dilihat pada tabel 5.3.

## 2. Metode Geometri

Proyeksi dengan metode ini menganggap bahwa perkembangan penduduk secara otomatis berganda, dengan penambahan penduduk. Rumus yang digunakan adalah:

$$P_n = P_0 + (1 + r)^n \dots\dots\dots(5.4)$$

Dimana :

- P<sub>0</sub> = jumlah penduduk awal
- P<sub>n</sub> = penduduk tahun ke-n
- n = kurun waktu proyeksi
- r = rata-rata prosentase penambahan penduduk tiap tahun

Perhitungan nilai r dapat menggunakan persamaan (5.1). Hasil perhitungan nilai r menggunakan metode geometri dapat dilihat pada tabel 5.4.

## 3. Metode Selisih Kuadrat Minimum (*Least Square*)

Metode ini digunakan untuk garis regresi linier yang berarti bahwa data perkembangan penduduk masa lalu menggambarkan kecenderungan garis linier, meskipun perkembangan penduduk tidak selalu bertambah. Dalam persamaan ini data yang dipakai jumlahnya harus ganjil. Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode *least square* dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$P_n = a + b(t) \dots\dots\dots(5.5)$$

Dimana :

- t = tambahan tahun terhitung dari tahun dasar
- a =  $\frac{(\sum p)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum p.t)}{n(\sum t^2) - (\sum t)^2}$
- b =  $\frac{n(\sum p.t) - (\sum t)(\sum p)}{n(\sum t^2) - (\sum t)^2}$

Perhitungan nilai r dapat menggunakan persamaan (5.1). Hasil perhitungan nilai r menggunakan metode *least square* dapat dilihat pada Tabel 5.4.



Tabel 5. 4 Perhitungan Nilai Korelasi (r) Metode Aritmatik

Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Aritmatik				
		Selisih tahun data tiap tahun (X)	Selisih total data tiap tahun (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2011	13016	0	0	0	0	0
2012	14293	1	1277	1277	1	1630729
2013	15208	2	915	1830	4	837225
2014	16191	3	983	2949	9	966289
2015	16674	4	483	1932	16	233289
Jumlah	75382	10	3658	7988	30	3667532
R						0,213

Tabel 5. 5 Perhitungan Nilai Korelasi (r) Metode Geometri

Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Geometrik				
		No. Data tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk tiap Tahun LN (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2011	13016	1	9,474	9,474	1	89,755
2012	14293	2	9,568	19,135	4	91,538
2013	15208	3	9,630	28,889	9	92,729
2014	16191	4	9,692	38,769	16	93,939
2015	16674	5	9,722	48,608	25	94,510
Jumlah	75382	15	48,085	144,875	55	462,47
R						0,984

Tabel 5. 6 Perhitungan Nilai Korelasi (r) Metode *Least Square*

Tahun	Jumlah Penduduk	Metode <i>Least Square</i>				
		No. Data tiap Tahun (X)	Jumlah Penduduk tiap Tahun (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2011	13016	1	13016	13016	1	169416256
2012	14293	2	14293	28586	4	204289849
2013	15208	3	15208	45624	9	231283264
2014	16191	4	16191	64764	16	262148481
2015	16674	5	16674	83370	25	278022276
Jumlah	75382	15	75382	235360	55	1145160126
r						0,989

Berdasarkan hasil perhitungan nilai kolerasi ketiga metode tersebut, maka nilai kolerasi yang dipilih adalah nilai kolerasi pada metode *Least Square*. Hal ini dikarenakan nilai koefisien kolerasi metode tersebut yang paling mendekati nilai 1 dibandingkan dengan kedua metode yang lain. Sehingga untuk perhitungan proyeksi penduduk Kelurahan Keputih menggunakan metode *Least Square*. Berikut ini merupakan hasil perbandingan nilai kolerasi masing-masing metode yang disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Perbandingan Nilai Kolerasi (r)

Metode	r
Aritmatik	0,213
Geometri	0,984
<i>Least Square</i>	0,989

Selanjutnya, proyeksi penduduk Kelurahan Keputih tahun 2016-2028 dapat dihitung menggunakan rumus (5.5). Hasil perhitungan proyeksi penduduk dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Proyeksi Penduduk Kelurahan Keputih Tahun 2016-2028

Tahun	Jumlah Penduduk	Pertumbuhan Penduduk	
		jiwa	%
2016	17458	0	0
2017	18251	793,7	4,546
2018	19045	793,7	4,349
2019	19839	793,7	4,168
2020	20632	793,7	4,001
2021	21426	793,7	3,847
2022	22220	793,7	3,704
2023	23013	793,7	3,572
2024	23807	793,7	3,449
2025	24601	793,7	3,334
2026	25395	793,7	3,226
2027	26188	793,7	3,125
2028	26982	793,7	3,031

### 5.3 Karakteristik Limbah Domestik

#### 5.3.1 Kualitas Limbah Domestik

Limbah domestik yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah *greywater* yang berasal dari Kelurahan Keputih Kota Surabaya. Berikut ini Tabel 5.9 merupakan hasil analisis laboratorium yang telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal *greywater* yang digunakan.

Tabel 5. 9 Hasil Analisis Laboratorium Karakteristik Awal *Greywater*

No.	Tanggal	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	pH	Suhu (°C)
1.	3 Maret 2016	174,5	289,1	330	7,14	28,3
2.	10 Maret 2016	196,1	300,1	200	7,94	28
3.	17 Maret 2016	206,7	278,2	90	8,34	28,9
<b>Rata-rata</b>		<b>190,4</b>	<b>289,6</b>	<b>206,7</b>	<b>7,8</b>	<b>28,4</b>

Rasio BOD/COD influen dari rata-rata konsentrasi BOD dan COD awal *greywater* diatas adalah:

$$BOD/COD = \frac{190,4 \text{ mg/L}}{289,6 \text{ mg/L}} = 0,65$$

Menurut Tchobanoglus *et al.* (2003), limbah yang mudah diolah dengan pengolahan biologis adalah limbah yang mempunyai rasio  $BOD/COD \geq 0,5$ . Dari hasil perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa *greywater* dari Kelurahan Keputih dapat diolah dengan *constructed Wetland*.

Unsur N dan P pada *greywater* juga berpengaruh sebagai nutrisi untuk tumbuhan. Pada perencanaan kali ini, konsentrasi N dan P pada *greywater* yang digunakan adalah sebesar 65,4 mg/L dan 12,1 mg/L (Danista, 2011). Berikut ini Tabel 5.10 yang merupakan ringkasan karakteristik *greywater* yang digunakan.

Tabel 5. 10 Karakteristik *Greywater* Kelurahan Keputih Surabaya

No.	Parameter	Nilai
1.	BOD	190,4 mg/L

No.	Parameter	Nilai
2.	COD	289,6 mg/L
3.	TSS	206,7 mg/L
4.	pH	7,8
5.	Suhu	28,4 °C
6.	Total N	65,4 mg/L
7.	Total P	12,1 mg/L

### 5.3.2 Kuantitas Limbah Domestik

Debit *greywater* yang digunakan dalam perencanaan kali ini didapatkan dari 75% jumlah penggunaan air bersih (Hlavinek *et al.*, 2007). Diasumsikan seluruh penduduk Kelurahan Keputih menggunakan air bersih yang berasal dari PDAM. Jumlah air bersih yang digunakan diketahui dari rekening warga selama 3 bulan pada tahun 2016, yaitu: Bulan Januari, Februari, dan Maret.

Jumlah sampel pelanggan PDAM Kelurahan Keputih diketahui dengan cara menggunakan rumus Statistika Slovin dalam Ariola *et al.* (2006), yaitu:

$$n = \frac{N}{(1+Ne^2)} \dots\dots\dots(5.6)$$

Keterangan:

n = jumlah sampel

N = jumlah seluruh anggota populasi

e = *error tolerance* (toleransi terjadinya galat; taraf signifikansi; untuk sosial dan pendidikan lazimnya 0,05)

Jumlah anggota populasi (N) yang digunakan adalah jumlah penduduk Kelurahan Keputih Tahun 2015, yaitu sebanyak 16674 orang. Berikut ini merupakan perhitungan jumlah sampel yang digunakan:

$$n = \frac{N}{(1 + N \times e^2)}$$

$$n = \frac{16674 \text{ orang}}{(1 + 16674 \text{ orang} \times (0,05)^2)}$$

$$n = 390,62 \text{ orang} \approx 391 \text{ orang}$$

Dari hasil perhitungan diatas, jumlah sampel yang digunakan agar mewakili keseluruhan populasi adalah sebanyak 391 orang. Diasumsikan satu rumah berisi empat orang (satu no. pelanggan PDAM), sehingga jumlah sampel yang digunakan yaitu:

$$n = \frac{391 \text{ orang}}{4 \text{ orang}} \\ \text{Nomor pelanggan PDAM}$$

$$n = 97,75 \text{ KK} \approx 100 \text{ KK}$$

-Debit rata-rata ( $Q_{ave}$ )

Berikut ini merupakan contoh perhitungan debit *greywater* pada salah satu sampel:

No. Pelanggan PDAM	: 2252211
Alamat	: Keputih Tegal 6 No. 67
Jumlah penghuni rumah	: 4 orang
Jumlah penggunaan air bersih	
– Bulan Januari 2016	: 18 m <sup>3</sup>
– Bulan Februari 2016	: 17 m <sup>3</sup>
– Bulan Maret 2016	: 14 m <sup>3</sup>
– Rata-rata penggunaan air bersih:	16,3 m <sup>3</sup> /bulan
– Rata-rata penggunaan air bersih:	4,08 m <sup>3</sup> /orang.bulan
	: 0,13 m <sup>3</sup> /orang.hari
	: 130 L/orang.hari

Setelah dihitung rata-rata penggunaan air bersih dari 100 sampel, didapatkan debit rata-rata penggunaan air bersih di Kelurahan Keputih Surabaya sebesar 164,5 L/orang.hari. Selanjutnya, dihitung debit *greywater* yang dihasilkan di Kelurahan Keputih Surabaya pada tahun 2028.

$$Q \text{ air bersih/orang.hari} = 164,5 \text{ L/orang.hari}$$

$$Q \text{ greywater} = 75\% \times Q \text{ air bersih (Hlavinek et al., 2007)}$$

$$= 75\% \times 164,5 \text{ L/orang.hari}$$

$$= 123,39 \text{ L/orang.hari}$$

$$\text{Jumlah penduduk tahun 2028} = 26982 \text{ orang}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ greywater pada tahun 2028} &= 123,39 \text{ L/orang.hari} \times 26982 \text{ orang} \\
 &= 3329290 \text{ L/hari} \\
 &= 3329,29 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 Q \text{ greywater rata-rata (Q}_{ave}\text{)} &= 3329,29 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

## 5.4 Penetapan Unit dan Kriteria Desain

Unit IPAL yang direncanakan dalam Tugas Akhir ini adalah unit *sub-surface Constructed Wetland* (CW). CW tersebut dilengkapi dengan bak pengumpul dan bak indikator. Bak pengumpul berfungsi sebagai unit pengumpul sebelum masuk ke CW. Berikut ini adalah Gambar 5.3 yang merupakan diagram alir unit IPAL yang digunakan.



Gambar 5. 3 Diagram Alir Unit IPAL

Berikut ini merupakan kriteria desain dari masing-masing unit IPAL yang digunakan:

- *Sub-surface Constructed Wetland*
  - Removal TSS : 60-75% (Norton, 2007)
  - Removal BOD oleh media : 75-98% (Vymazal, 2001)
  - Removal BOD yang dibantu dengan adanya tanaman: 4,4% (Diaz *et al.*, 2014)
  - HLR : 0,2 - 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari (Ellis *et al.*, 2003)
  - LW ratio : 4:1 – 10:1 (Hlavinek *et al.*, 2007)

## 5.5 Perhitungan Dimensi Unit IPAL

### 5.5.1 Dimensi Bak Pengumpul

Bak pengumpul berfungsi sebagai bak untuk mengumpulkan *greywater* sebelum masuk ke CW. Berikut ini merupakan perhitungan dimensi bak pengumpul.

Direncanakan:

- Jumlah bak = 1 bak

- Waktu tinggal = 5 menit = 300 detik
- Debit influen ( $Q_{in}$ ) = 10.883,2 m<sup>3</sup>/hari ( $Q_{peak}$ )  
= 0,126 m<sup>3</sup>/detik
- Volume bak ( $Vol_{bak}$ )  

$$Vol_{bak} = Q \times t_d$$

$$= 0,126 \text{ m}^3/\text{detik} \times 300 \text{ s} = 37,8 \text{ m}^3$$
- Panjang bak (P)  

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

$$= \sqrt{\frac{37,8 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}}$$

$$= 3,55 \text{ m} \approx 4 \text{ m}$$
- Lebar bak (L)  

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

$$= 4 \text{ m}$$
- Luas efektif bak ( $As_{ef}$ )  

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

$$= 4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$$

$$= 16 \text{ m}^2$$
- Kedalaman air ( $H_{air}$ )  

$$H_{air} \text{ saat } Q_{ave} = \frac{Q_{ave} \times t_d}{As}$$

$$= \frac{0,039 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \times 300 \text{ detik}}{18 \text{ m}^2}$$

$$= 0,72 \text{ m}$$
  

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

$$= \frac{0,126 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \times 300 \text{ detik}}{18 \text{ m}^2}$$

$$= 2,36 \text{ m}$$

Jadi, dimensi bak pengumpul yang digunakan adalah:

- Panjang = 4 m
- Lebar = 4 m
- Kedalaman total = kedalaman bak + *freeboard*  
= 3 m + 0,3 m  
= 3,3 m

– Perhitungan diameter pipa (D)

Pipa efluen pada bak pengumpul juga merupakan pipa influen CW. Pada perencanaan kali ini terhadap 3 zona CW, yaitu: zona 1, zona 2, dan zona 3. Masing-masing zona terdiri atas 2 CW. Berikut merupakan perhitungan untuk penentuan ukuran pipa masing-masing zona CW.

Zona 1

$$\begin{aligned}
 \text{Slope} &= 0,005 \text{ m} \\
 \text{Panjang pipa (L)} &= 38 \text{ m} \\
 \text{Debit aliran masuk (Q)} &= 0,013 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Koefisien kekasaran pipa (C)} &= 130 \\
 \text{Headloss pada pipa (Hf)} &= \text{slope} / L \\
 &= 0,005 \text{ m} / 38 \text{ m} \\
 &= 0,19 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diameter pipa (D) menggunakan rumus berdasarkan Tahara (2000), yaitu:

$$\begin{aligned}
 H_f &= \left[ \frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\
 0,19 &= \left[ \frac{0,013 \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}}{0,00155 \times 130 \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times 38 \text{ m} \\
 D &= 0,2101 \text{ m} \\
 &= 210,1 \text{ mm} \approx 225 \text{ mm (diameter pipa pasaran)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa menggunakan ukuran pipa pasaran, yaitu:

$$\begin{aligned}
 Q &= v \times A \\
 &= v \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 v &= \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}
 \end{aligned}$$



$$= \frac{4 \times 0,013 \frac{m^3}{dt}}{3,14 \times 0,225 m^2}$$

$$= 0,32 \text{ m/s}$$

Zona 2

*Slope* = 0,005 m  
 Panjang pipa (L) = 72,6 m  
 Debit aliran masuk (Q) = 0,013 m<sup>3</sup>/detik  
 Koefisien kekasaran pipa (C) = 130  
 Headloss pada pipa (Hf) = *slope* / L  
 = 0,005 m / 72,6 m  
 = 0,36 m

$$H_f = \left[ \frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$0,36 \text{ m} = \left[ \frac{0,013 \frac{m^3}{dt}}{0,00155 \times 130 \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times 72,6 \text{ m}$$

$$D = 0,188 \text{ m}$$

$$= 188 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm (diameter pipa pasaran)}$$

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa menggunakan ukuran pipa pasaran, yaitu:

$$Q = v \times A$$

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

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

$$= \frac{4 \times 0,013 \frac{m^3}{dt}}{3,14 \times 0,2 m^2}$$

$$= 0,40 \text{ m/s}$$

Zona 3

*Slope* = 0,005 m  
 Panjang pipa (L) = 37,8 m  
 Debit aliran masuk (Q) = 0,013 m<sup>3</sup>/detik  
 Koefisien kekasaran pipa (C) = 130  
 Headloss pada pipa (Hf) = *slope* / L  
 = 0,005 m / 37,8 m  
 = 0,19 m

$$\begin{aligned}
 H_f &= \left[ \frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\
 0,19 \text{ m} &= \left[ \frac{0,013 \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}}{0,00155 \times 130 \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times 37,8 \text{ m} \\
 D &= 0,210 \text{ m} \\
 &= 210 \text{ mm} \approx 225 \text{ mm (diameter pipa pasaran)}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa menggunakan ukuran pipa pasaran, yaitu:

$$\begin{aligned}
 Q &= v \times A \\
 &= v \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 v &= \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \\
 &= \frac{4 \times 0,013 \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}}{3,14 \times 0,225 \text{ m}^2} \\
 &= 0,32 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

- *Headloss* pada pipa outlet bak pengumpul ( $H_f$  pipa)
 
$$\begin{aligned}
 H_f \text{ pipa} &= H_f \text{ zona 1} + H_f \text{ zona 2} + H_f \text{ zona 3} \\
 &= 0,19 \text{ m} + 0,36 \text{ m} + 0,19 \text{ m} \\
 &= 0,742 \text{ m}
 \end{aligned}$$
- Kebutuhan pompa

Pompa yang akan digunakan pada bak pengumpul ini merupakan pompa berjenis *submersible pump*. Pompa diletakkan di dasar bak untuk memompa *greywater* untuk diterukan ke CW. Berikut ini merupakan perhitungan yang menjadi dasar penentuan spesifikasi pompa.

Direncanakan:

Jumlah pompa pada 1 bak pengumpul = 3 buah

Kecepatan aliran ( $v$ ) asumsi = 1 m/s

Diketahui:

Debit ( $Q$ ) aliran =  $Q_{\text{in total CW}} / 3 \text{ buah}$   
 $= 3329,29 \text{ m}^3/\text{hari} / 3 \text{ buah}$   
 $= 0,013 \text{ m}^3/\text{detik}$

- Diameter pipa ( $D_{\text{pipa}}$ )

$$D_{\text{pipa}} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{2 \times \pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0,013 \text{ m}^3/\text{detik}}{2 \times 3,14}}$$

$$= 0,09 \text{ m}$$

$$= 90 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm (diameter pipa pasaran)}$$

– Head pompa (Head<sub>pompa</sub>)

$$\text{Head}_{\text{pompa}} = \text{Head}_{\text{statis}} + \text{Head}_{\text{sistem}} + \text{Head}_{\text{sisal tekan}}$$

$$\text{Head}_{\text{statis}} = \text{kedalaman bak total}$$

$$= 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Head}_{\text{sistem}} = \text{Hf}_{\text{mayor}} + \text{Hf}_{\text{minor}} + \text{Hv}$$

$$\text{Hf}_{\text{mayor}} = \text{Hf}_{\text{discharge}}$$

Diketahui:

Panjang pipa *discharge* pompa (L *discharge*) = 53 m (CW terjauh)

$$\begin{aligned} \text{Hf}_{\text{discharge}} &= \left[ \frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[ \frac{12,84 \text{ L/dt}}{0,00155 \times 130 \times 0,1^{2,63}} \right]^{1,85} \times 53 \text{ m} \\ &= 1,63 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Hf}_{\text{minor}} = k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right)$$

Hf<sub>minor</sub> akibat 15 belokan 90° (k = 4)

$$\begin{aligned} \text{Hf}_{\text{minor}} &= k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right) \\ &= 4 \times \left( \frac{1 \frac{\text{m}^2}{\text{dt}}}{2 \times 9,81} \right) \\ &= 0,306 \text{ m} \end{aligned}$$

Hf<sub>minor</sub> akibat 7 *valve* (k = 0,8)

$$\text{Hf}_{\text{minor}} = k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right)$$

$$= 0,8 \times \left( \frac{1 \frac{m^2}{dt}}{2 \times 9,81} \right)$$

$$= 0,107 \text{ m}$$

$$H_{f_{\text{minor total}}} = 0,306 \text{ m} + 0,107 \text{ m}$$

$$= 0,413 \text{ m}$$

$$H_v = \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$= \frac{1 \frac{m^2}{dt}}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,051 \text{ m}$$

$$Head_{\text{system}} = H_{f_{\text{mayor}}} + H_{f_{\text{minor}}} + H_v$$

$$= 1,63 \text{ m} + 0,413 \text{ m} + 0,051 \text{ m}$$

$$= 2,096 \text{ m}$$

$$\text{Diketahui Head}_{\text{sisa tekan}} = H_{f \text{ pipa outlet bak}} + H_{f \text{ CW}}$$

$$= 0,75 \text{ m}$$

Sehingga, Head pompa yang dibutuhkan adalah:

$$Head_{\text{pompa}} = Head_{\text{statis}} + Head_{\text{system}} + Head_{\text{sisa tekan}}$$

$$= 2,5 \text{ m} + 2,096 \text{ m} + 0,75 \text{ m}$$

$$= 5,35 \text{ m}$$

Pompa yang digunakan pada bak pengumpul adalah pompa berdasarkan debit discharge pompa, *head* sistem dan *head* pompa yang telah dihitung. Hasil penentuan pompa yaitu menggunakan pompa dengan jenis:

- Nama produk : HCP 100AL25.5
- Daya : 5500 watt
- Head : 23 m
- Debit air : 0,8 m<sup>3</sup>/menit

Spesifikasi lebih rinci dapat dilihat pada Lampiran. Berikut ini merupakan Gambar 5.5 Yang merupakan tampilan dari pompa yang digunakan.



Gambar 5. 4 Pompa HCP 100AL25.5

### 5.5.2 Dimensi *Constructed Wetland* (CW)

Direncanakan:

- jumlah CW = 6 buah
- kedalaman media CW (d) = 0,6 m (d disesuaikan dengan panjang akar tanaman yang digunakan; *Canna indica* mempunyai panjang akar  $\pm 0,6$  m saat dewasa)
- Media yang digunakan = *medium gravel*
  - $K_s$  =  $5.000 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{hari}^{(*)}$
  - $\alpha$  =  $0,4^{(*)}$
  - $K_{20}$  =  $1,104^{(*)}$
- Kemiringan tanah (*slope*) = 0,01

(Keterangan <sup>(\*)</sup>: EPA, 1999)

Diketahui karakteristik awal *greywater*:

- Q influen per CW =  $Q_{\text{ave}} / 6 \text{ CW}$   
=  $3329,29 \text{ m}^3/\text{hari} / 6 \text{ CW}$   
=  $554,88 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Konsentrasi BOD = 190,43 mg/L
- Konsentrasi COD = 289,17 mg/L
- Konsentrasi TSS = 206,67 mg/L
- pH = 7,8
- suhu = 28,4 °C

- Kedalaman media CW (d)

Kedalaman media pada CW ditentukan berdasarkan jenis vegetasi yang akan digunakan pada sistem CW yang direncanakan (Wallace & Robert, 2006). Dalam perencanaan ini, vegetasi yang akan digunakan adalah *Canna indica*. Tanaman kana saat dewasa mempunyai kemampuan penetrasi rizoma hingga sedalam 0,6 m (Konnerup *et al.*, 2009). Oleh karena itu, kedalaman media CW yang digunakan sedalam d = 0,6 m.

- Laju konstan suhu ( $K_T$ )

Nilai  $K_T$  pada temperatur *greywater* Kelurahan Keputih Surabaya (suhu *greywater*,  $T = 28,4^{\circ}\text{C}$ ) dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut, yaitu:

$$K_T = K_{20} (1,1)^{(T-20)}, T \text{ dalam } ^{\circ}\text{C}$$

$$K_{28,4} = 0,86 (1,1)^{(28,4-20)}$$

$$K_{28,4} = 1,915/\text{hari}$$

- Waktu detensi *pore-space* ( $t'$ )

$$t' = - \ln \frac{\left(\frac{C_e}{C_0}\right)}{K_T}$$

$$t' = - \ln \frac{\left(\frac{190,43 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{38,32 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}\right)}{1,915/\text{hari}}$$

$$t' = 0,83 \text{ hari} \approx 1 \text{ hari}$$

- *Cross sectional area* ( $A_c$ )

$$A_c = \frac{Q}{K_s \times S}$$

$$A_c = \frac{554,88 \text{ m}^3/\text{hari}}{5.000/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \times 0,01}$$

$$A_c = 11,09 \text{ m}^2$$

- Lebar CW (W)

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

$$W = \frac{11,09 \text{ m}^2}{0,6 \text{ m}}$$

$$W = 18,5 \text{ m} \approx 19 \text{ m}$$

- Panjang basin (L)

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

$$L = \frac{1 \text{ hari} \times 554,88 \text{ m}^3/\text{hari}}{19 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,4}$$

$$L = 125 \text{ m}$$

- Luas permukaan CW (As)

$$As = L \times W$$

$$As = 125 \text{ m} \times 19 \text{ m}$$

$$As = 2375 \text{ m}^2$$

$$As = 0,2375 \text{ Ha}$$

- Luas permukaan total CW (As total)

$$As \text{ total} = As \times \text{jumlah CW}$$

$$= 0,2375 \text{ Ha} \times 6 \text{ unit}$$

$$= 1,425 \text{ Ha}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dimensi CW adalah:

Panjang (L) = 125 m  
 Lebar (W) = 19 m  
 Kedalaman total = kedalaman media + *freeboard*  
 = 0,6 m + 0,4 m  
 = 1 m

- Pengecekan *hydraulic-loading rate* (HLR)

$$HLR = \frac{Q}{As}$$

$$HLR = \frac{554,88 \text{ m}^3/\text{hari}}{2.375 \text{ m}^2}$$

$$HLR = 0,233 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$$

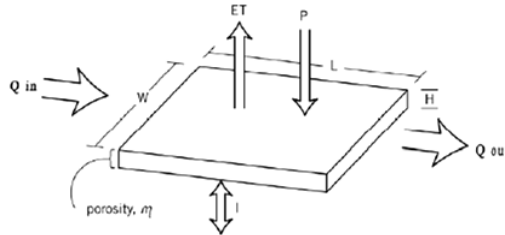
$$= 23,3 \text{ cm}/\text{hari}$$

**(OK, karena  $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari} < \text{HLR} < 1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$  (Ellis et al., 2003))**

- Debit Effluen ( $Q_{ef}$ )

Debit yang masuk ( $Q_{in}$ ) ke dalam CW tidak akan sama dengan debit yang keluar ( $Q_{ef}$ ) dari CW. Debit effluen CW dipengaruhi

oleh laju evapotranspirasi (ET), presipitasi (P) dan infiltrasi (I). Berikut ini adalah Gambar 5.6 yang merupakan skema ideal dari *water budget* pada CW.



Gambar 5. 5 *Constructed Wetland Water Budget*  
(Sumber: Wallace & Robert, 2006)

Debit effluen CW dapat dihitung menggunakan persamaan (5.8) yang berasal dari Wallace & Robert (2006) berikut ini:

$$Q_{ef} = Q_{in} - Q_{ET} + Q_P + Q_I \dots \dots \dots (5.8)$$

Keterangan:

$Q_{ET}$  = debit evapotranspirasi,  $m^3/hari$

$Q_P$  = debit presipitasi,  $m^3/hari$

$Q_I$  = debit infiltrasi,  $m^3/hari$

Berikut ini merupakan perhitungan dari debit yang keluar ( $Q_{ef}$ ) dari CW:

Diketahui:

- $Q_{in}$  = 554,88  $m^3/hari$
- Luas permukaan CW (As) = 2.375  $m^2$
- ET = 28,55 mm/hari
- P = 18,8 mm/hari
- I = 0 mm/hari

Debit Evapotranspirasi ( $Q_{ET}$ )

$$\begin{aligned} Q_{ET} &= As \times ET \\ &= 2.375 \text{ m}^2 \times \frac{28,55}{1000} \text{ m/hari} \\ &= 67,81 \text{ m}^3/hari \end{aligned}$$

Debit Presipitasi ( $Q_P$ )

$$Q_P = As \times P$$



$$= 2.375 \text{ m}^2 \times \frac{18,8}{1000} \text{ m/hari}$$

$$= 44,65 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Debit Effluen CW ( $Q_{ef}$ )

$$Q_{ef} = Q_{in} - Q_{ET} + Q_P + Q_I$$

$$= (554,88 - 67,81 + 44,65 + 0) \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 531,73 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Total } Q_{ef} \text{ 6 CW} = 531,73 \text{ m}^3/\text{hari} \times 6 \text{ unit}$$

$$= 3190,36 \text{ m}^3/\text{hari}$$

– Perhitungan dimensi pipa efluen CW

$$\text{Slope} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Debit aliran keluar dari 1 CW (Q)} = 0,06 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Koefisien kekasaran pipa (C)} = 130$$

$$\text{Headloss pada pipa (Hf)} = \text{slope} / L$$

$$= 0,01 \text{ m} / 1 \text{ m}$$

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

Perhitungan diameter pipa (D) menggunakan rumus berdasarkan Tahara (2000), yaitu:

$$Hf = \left[ \frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$0,01 = \left[ \frac{0,06 \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}}{0,00155 \times 130 \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times 1 \text{ m}$$

$$D = 0,304 \text{ m}$$

$$= 304 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm (diameter pipa pasaran)}$$

Perhitungan kecepatan aliran dalam pipa menggunakan ukuran pipa pasaran, yaitu:

$$Q = v \times A$$

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

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

$$= \frac{4 \times 0,013 \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}}{3,14 \times 0,350 \text{ m}^2}$$

$$= 0,32 \text{ m/s}$$

- Degradasi BOD *greywater* yang dibantu dengan adanya tanaman

Proses degradasi dalam CW tidak hanya dibantu oleh media saja, tetapi juga dibantu oleh tanaman dan *rhizobacteria*. *Rhizobacteria* merupakan bakteri yang berkoloni pada akar dan hidup bermutualisme dengan tanaman. Bakteri ini memanfaatkan limbah sebagai sumber nutrisi untuk hidup. Menurut Diaz *et al.* (2014), CW yang ditumbuhi dengan tanaman (*planted*) memiliki nilai *removal* BOD yang lebih besar bila dibandingkan dengan CW tanpa tanaman (*unplanted*). *Planted* CW mempunyai nilai *removal* BOD lebih besar 4,4% daripada *unplanted* CW. Fungsi tanaman pada CW selain mempunyai nilai estetika, yaitu menyediakan jalur hidraulik pada media dan menjaga agar konduktivitas hidraulik limbah tetap stabil (Mara, 2006).

Berikut ini merupakan perhitungan konsentrasi BOD *greywater* yang dapat didegradasi oleh tanaman.

Konsentrasi BOD awal ( $BOD_{in}$ ) = 190,43 mg/L

Konsentrasi BOD yang terdegradasi dibantu oleh tumbuhan ( $BOD_{dt}$ )

$$\begin{aligned} BOD_{dt} &= 4,4\% \times 190,43 \text{ mg/L} \\ &= 8,32 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Sedangkan, konsentrasi BOD yang dapat didegradasi oleh media CW adalah:

Konsentrasi BOD terdegradasi oleh media CW

$$\begin{aligned} BOD_{dm} &= BOD_{in} - BOD_{ef} \\ &= (190,43 - 38,32) \text{ mg/L} \\ &= 152,11 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Sehingga, konsentrasi BOD efluen pada CW adalah:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi BOD pada efluen CW } (BOD_{ef} \text{ CW}) \\ BOD_{ef} \text{ CW} &= BOD_{in} - BOD_{dt} - BOD_{dm} \\ &= (190,43 - 8,32 - 152,11) \text{ mg/L} \\ &= 30 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Konsentrasi BOD pada efluen CW sebesar 30 mg/L yang sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Domestik, yaitu sebesar 30 mg/L.

- Kebutuhan tanaman CW

Kerapatan tanaman kana pada perencanaan *horizontal sub-surface* CW ini adalah 2 tanaman per m<sup>2</sup>. Sehingga, kebutuhan tanaman pada perencanaan kali ini dapat dihitung sebagai berikut:

Diketahui:

$$\text{Luas permukaan 1 CW (As)} = 2.375 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tanaman} &= \text{As} \times \text{kerapatan tanaman} \\ &= 2.375 \text{ m}^2 \times 2 \text{ tanaman/m}^2 \\ &= 4.750 \text{ tanaman} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tanaman 6 CW} &= 4.750 \text{ tanaman} \times 6 \\ &= 28.500 \text{ tanaman} \end{aligned}$$

Sehingga, tanaman kana yang dibutuhkan pada setiap unit CW adalah sebanyak 4.750 tanaman. Sedangkan, total kebutuhan tanaman untuk seluruh CW adalah 28.500 tanaman.

- Penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS)

Penyisihan TSS dapat dihitung menggunakan rumus dari Metcalf & Eddy (2004) berikut ini:

$$C_e = C_o [0,1058 + 0,0011 (\text{HLR})] \dots \dots \dots (5.9)$$

Keterangan:

C<sub>e</sub> = efluen TSS, mg/L

C<sub>o</sub> = influen TSS, mg/L

HLR = *hydraulic-loading rate*, cm/hari

Pada perencanaan ini, diketahui:

$$C_o = 206,67 \text{ mg/L}$$

$$\text{HLR} = 21,1 \text{ cm/hari}$$

$$\begin{aligned} C_e &= 206,67 \text{ mg/L} [0,1058 + 0,0011 (23,3 \text{ cm/hari})] \\ &= 27,17 \text{ mg/L} \text{ (OK, karena kurang dari baku mutu TSS} \\ &\quad \text{pada PerGub Jatim No. 72 Tahun 2013, yaitu 50 mg/L)} \end{aligned}$$

- Cek Efisiensi Penyisihan BOD

$$\text{Konsentrasi BOD awal (BOD}_{in}) = 190,43 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi BOD akhir ( $BOD_{ef}$ ) = 30 mg/L

$$\begin{aligned}\text{Removal BOD} &= \frac{(BOD_{in} - BOD_{ef})}{BOD_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{(190,43 \text{ mg/L} - 30 \text{ mg/L})}{190,43 \text{ mg/L}} \times 100\% \\ &= 84,25\%\end{aligned}$$

- Cek Efisiensi Penyisihan COD

Menurut Akrotos dan Vassilios (2007), CW yang mempunyai nilai efisiensi removal sebesar  $\pm 84,6\%$ , mempunyai nilai efisiensi removal sebesar  $\pm 85\%$ . Sehingga pada perencanaan ini, nilai efisiensi removal COD dianggap sama dengan penelitian yang telah dilakukan, yaitu sebesar 85%.

Konsentrasi COD Awal ( $COD_{in}$ ) = 289,17 mg/L

Konsentrasi COD Akhir ( $COD_{ef}$ )

$$= (100-85)\% \times 289,17 \text{ mg/L}$$

$$= 43,37 \text{ mg/L (OK, karena kurang dari baku mutu COD pada PerGub Jatim No. 72 Tahun 2013, yaitu 50 mg/L)}$$

- Cek Efisiensi Penyisihan TSS

Konsentrasi TSS awal ( $TSS_{in}$ ) = 206,67 mg/L

Konsentrasi TSS akhir ( $TSS_{ef}$ ) = 26,67 mg/L

$$\begin{aligned}\text{Removal TSS} &= \frac{(TSS_{in} - TSS_{ef})}{TSS_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{(206,67 \text{ mg/L} - 27,17 \text{ mg/L})}{206,67 \text{ mg/L}} \times 100\% \\ &= 87,1\%\end{aligned}$$

### 5.5.3 Dimensi Bak Indikator

Bak indikator berfungsi sebagai bak untuk menguji kualitas efluen dari CW dengan indikator biologis. Jika indikator biologis tersebut bisa hidup dalam air efluen tersebut, dapat diartikan kualitas efluen CW baik. Apabila sebaliknya, maka kualitas efluen bisa dinyatakan berkualitas buruk sehingga harus dilakukan evaluasi proses yang terjadi pada CW. Selain itu, bak indikator juga berfungsi sebagai bak untuk mengumpulkan effluen dari CW sebelum dibuang ke badan air. Berikut ini merupakan perhitungan dimensi bak indikator.

Direncanakan:

- Jumlah bak = 3 bak (1 bak untuk 2 CW)
- Waktu tinggal = 10 menit = 600 detik

- $Q_{\text{ave}}$  efluen dari 2 CW =  $531,73 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2$   
=  $1.063,45 \text{ m}^3/\text{hari}$

- $Q_{\text{in}}$  =  $Q_{\text{ave}}$  efluen dari 2 CW  
=  $1.063,45 \text{ m}^3/\text{hari}$   
=  $0,074 \text{ m}^3/\text{detik}$

- Volume bak ( $Vol_{\text{bak}}$ )

$$\begin{aligned} Vol_{\text{bak}} &= Q_{\text{in}} \times t_d \\ &= 0,074 \text{ m}^3/\text{detik} \times 600 \text{ s} = 44,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Panjang bak (P)

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{\frac{As}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{44,3 \text{ m}^2}{2}} \\ &= 5,93 \text{ m} \approx 6 \text{ m} \end{aligned}$$

- Lebar bak (L)

$$\begin{aligned} L &= 2 \times P \\ &= 2 \times 6 \text{ m} \\ &= 12 \text{ m} \end{aligned}$$

- Luas efektif bak ( $As_{\text{ef}}$ )

$$\begin{aligned} As_{\text{ef}} &= P \times L \\ &= 12 \text{ m} \times 6 \text{ m} \\ &= 72 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Kedalaman air ( $H_{\text{air}}$ )

$$\begin{aligned} H_{\text{air}} &= \frac{Q_{\text{ave}} \times t_d}{As} \\ &= \frac{0,074 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \times 600 \text{ detik}}{72 \text{ m}^2} \\ &= 1,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dimensi Bak Indikator adalah:

$$\begin{aligned}\text{Panjang (L)} &= 12 \text{ m} \\ \text{Lebar (W)} &= 6 \text{ m} \\ \text{Kedalaman total} &= \text{kedalaman media} + \text{freeboard} \\ &= 2 \text{ m} + 0,3 \text{ m} \\ &= 2,3 \text{ m}\end{aligned}$$

### 5.6 Kestimbangan Massa (*Mass Balance*)

Perhitungan kestimbangan massa dibutuhkan untuk mengetahui beban air limbah saat sebelum maupun sesudah melewati unit IPAL. Pembebanan dilakukan dengan cara mengalirkan debit dengan konsentrasi BOD, COD dan TSS.

– Influen CW

$$\begin{aligned}Q_{in} \text{ total CW} &= 3.329,29 \text{ m}^3/\text{hari} \\ Q_{in} \text{ tiap unit CW} &= 554,88 \text{ m}^3/\text{hari} \\ BOD_{in} &= 190,43 \text{ mg/L} = 190,43 \text{ g/m}^3 \\ COD_{in} &= 289,17 \text{ mg/L} = 289,17 \text{ g/m}^3 \\ TSS_{in} &= 206,67 \text{ mg/L} = 206,67 \text{ g/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } BOD_{in} &= 190,43 \text{ g/m}^3 \times 554,88 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 \text{ kg/g} \\ &= 105,67 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } COD_{in} &= 289,17 \text{ g/m}^3 \times 554,88 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 \text{ kg/g} \\ &= 160,45 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } TSS_{in} &= 206,67 \text{ g/m}^3 \times 554,88 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 \text{ kg/g} \\ &= 114,67 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } BOD_{in \text{ total}} &= 105,67 \text{ kg/hari} \times 6 \text{ CW} \\ &= 634,00 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } COD_{in \text{ total}} &= 160,45 \text{ kg/hari} \times 6 \text{ CW} \\ &= 962,72 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } TSS_{in \text{ total}} &= 114,67 \text{ kg/hari} \times 6 \text{ CW} \\ &= 688,05 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

– Masa penyisihan CW

$$\begin{aligned}Q_{ET} &= 74,86 \text{ m}^3/\text{hari} \\ Q_{ET \text{ total}} &= Q_{ET} \times 6 \text{ CW} \\ &= 74,86 \text{ m}^3/\text{hari} \times 6 \text{ CW}\end{aligned}$$

$$= 449,15 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} Q_P &= 49,29 \text{ m}^3/\text{hari} \\ Q_{P \text{ total}} &= Q_P \times 6 \text{ CW} \\ &= 49,29 \text{ m}^3/\text{hari} \times 6 \text{ CW} \\ &= 295,76 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa penyisihan BOD oleh media} \\ &= 634,00 \text{ kg/hari} \times 79,87\% \\ &= 506,42 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa penyisihan BOD dibantu tumbuhan} \\ &= 634,00 \text{ kg/hari} \times 4,37\% \\ &= 27,70 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa penyisihan COD} \\ &= 962,72 \text{ kg/hari} \times 83,99\% \\ &= 808,63 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa penyisihan TSS} \\ &= 688,05 \text{ kg/hari} \times 87,09\% \\ &= 599,24 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

– Effluen CW

$$\begin{aligned} Q_{\text{ef}} &= Q_{\text{in}} - Q_{\text{ET}} - Q_P \\ &= (3.329,29 - 406,83 - 267,9) \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 3.190,36 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{BOD}_{\text{ef}} = 30 \text{ mg/L} = 30 \text{ g/m}^3$$

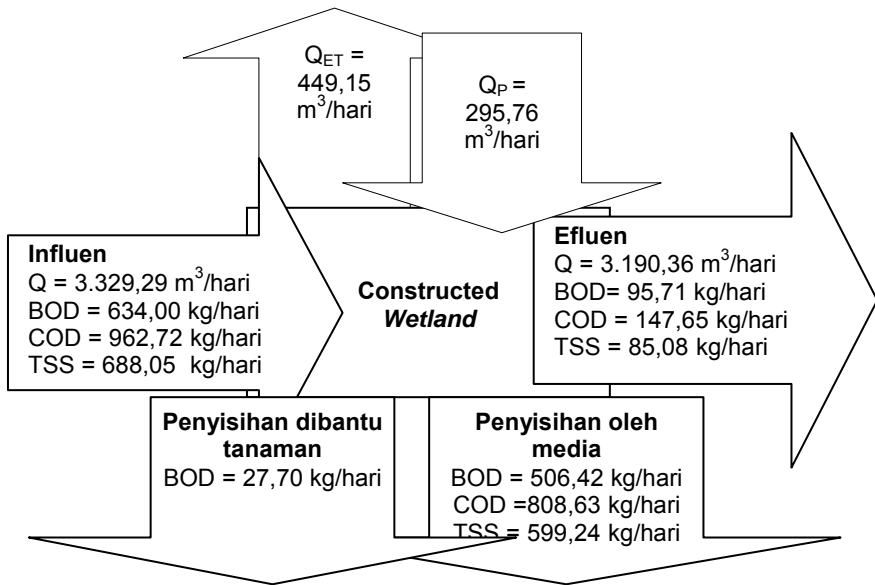
$$\text{COD}_{\text{ef}} = 46,28 \text{ mg/L} = 46,28 \text{ g/m}^3$$

$$\text{TSS}_{\text{ef}} = 27,17 \text{ mg/L} = 27,17 \text{ g/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Massa BOD}_{\text{ef}} &= 30 \text{ g/m}^3 \times 3.190,36 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 \text{ kg/g} \\ &= 95,71 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa COD}_{\text{ef}} &= 46,28 \text{ g/m}^3 \times 3.190,36 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 \text{ kg/g} \\ &= 147,65 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa TSS}_{\text{ef}} &= 27,17 \text{ g/m}^3 \times 3.190,36 \text{ m}^3/\text{hari} : 1000 \text{ kg/g} \\ &= 85,08 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$



Gambar 5. 6 Mass Balance dan Water Budget Constructed Wetland

## 5.7 Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ)

Bill of Quantity (BOQ) adalah daftar rancangan pekerjaan yang terdiri dari perhitungan volume pekerjaan. Selain itu BOQ juga dapat memperinci biaya, baik dari segi material, peralatan, maupun tenaga kerja. Berikut ini merupakan perhitungan BOQ pekerjaan penggalian tanah

### 5.7.1 BOQ Pekerjaan Penggalian Tanah

Tanah untuk bangunan galian akan digali dengan bentuk tampak samping trapesium. Volume galian tanah dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Volume galian} = \frac{1}{2} \times (A1 + A2) \times y \times L$$



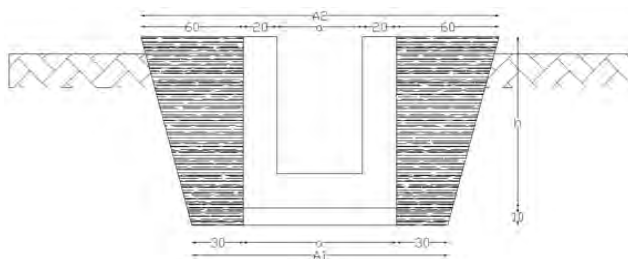
Dimana:

y = kedalaman bangunan (h) + tebal pasir (10 cm)

L = panjang bangunan

Volume yang terbangun = Luas bangunan (As) x y

Dibawah ini merupakan Gambar 5.6 yang merupakan tipikal ukuran galian.



Gambar 5. 6 Tipikal Ukuran Galian

Berikut ini merupakan perhitungan volume galian tanah pada unit bak pengumpul, *Constructed Wetland*, dan bak indikator.

- Volume galian tanah bak pengumpul  
 $= \frac{1}{2} \times (0,3 + 0,2 + 3 + 17,5 + 0,2 + 0,3) + (0,6 + 0,2 + 17,5 + 0,2 + 0,6) \times (2,3 + 0,1 + 0,2) \times (17,5)$   
 $= 855,4 \text{ m}^3$
- Volume galian tanah *Constructed Wetland*  
 $= \frac{1}{2} \times (0,3 + 0,2 + 19 + 0,2 + 0,3) + (0,6 + 0,2 + 19 + 0,2 + 0,6) \times (1 + 0,1 + 0,2) \times (125)$   
 $= 3.298,8 \text{ m}^3$   
Jadi, untuk seluruh CW volume galiannya adalah  
 $= 3.298,8 \text{ m}^3 \times 6 \text{ CW}$   
 $= 19.792,5 \text{ m}^3$
- Volume galian tanah bak indikator  
 $= \frac{1}{2} \times (0,3 + 0,2 + 6 + 0,2 + 0,3) + (0,6 + 0,2 + 6 + 0,2 + 0,6) \times (2,3 + 0,1 + 0,2) \times (12)$   
 $= 227,8 \text{ m}^3$

Jadi, untuk seluruh bak indikator volume galiannya adalah  
=  $227,8 \text{ m}^3 \times 3 \text{ bak}$   
=  $683,28 \text{ m}^3$

Sehingga, volume total galian tanah adalah  
=  $855,4 \text{ m}^3 + 19.792,5 \text{ m}^3 + 683,28 \text{ m}^3$   
=  $21.331,2 \text{ m}^3$

### 5.7.2 BOQ Pekerjaan Pengurugan Pasir yang Dipadatkan

Volume pasir urug yang dipadatkan dapat dihitung menggunakan rumus:

Volume pasir urug = As bangunan x 10 cm (tebal pasir)

- Volume pasir urug bak pengumpul  
=  $306,25 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m}$   
=  $30,625 \text{ m}^3$
- Volume pasir urug *Constructed Wetland*  
=  $2.375 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m}$   
=  $237,5 \text{ m}^3$   
Jadi, untuk seluruh CW volume pasir urugnya adalah  
=  $237,5 \text{ m}^3 \times 6 \text{ CW}$   
=  $1.425 \text{ m}^3$
- Volume pasir urug bak indikator  
=  $72 \text{ m}^3 \times 0,1 \text{ m}$   
=  $7,2 \text{ m}^3$   
Jadi, untuk seluruh bak indikator volume pasir urugnya adalah  
=  $7,2 \text{ m}^3 \times 3 \text{ bak}$   
=  $21,6 \text{ m}^3$

Sehingga, volume total galian tanah adalah  
=  $30,625 \text{ m}^3 + 1.425 \text{ m}^3 + 21,6 \text{ m}^3$   
=  $1.477,23 \text{ m}^3$

### 5.7.3 BOQ Pekerjaan Pemasangan Batu Bata

- a. Perhitungan Volume Lantai Batu Bata

Direncanakan lantai kerja batu bata setebal 20 cm.  
Volume lantai kerja batu bata adalah:

Volume lantai kerja batu bata = As bangunan x 0,2 m (tebal batu bata)

- Volume lantai batu bata bak pengumpul  
=  $306,25 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m}$   
=  $61,25 \text{ m}^3$
- Volume lantai batu bata *Constructed Wetland*  
=  $2.375 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m}$   
=  $475 \text{ m}^3$

Jadi, untuk seluruh CW volume lantai batu batanya adalah  
=  $475 \text{ m}^3 \times 6 \text{ CW}$   
=  $2.850 \text{ m}^3$

- Volume lantai batu bata bak indikator  
=  $72 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m}$   
=  $14,4 \text{ m}^3$

Jadi, untuk seluruh bak indikator volume lantai batu batanya adalah

$$= 14,4 \text{ m}^3 \times 3 \text{ bak}$$
$$= 43,2 \text{ m}^3$$

Sehingga, volume total lantai batu bata adalah  
=  $61,25 \text{ m}^3 + 2.850 \text{ m}^3 + 43,2 \text{ m}^3$   
=  $2.954,45 \text{ m}^3$

b. Perhitungan Volume Dinding Batu bata

Perhitungan volume dinding batu bata menggunakan rumus:

volume dinding batu bata = volume bangunan beserta dinding – volume bangunan

- Volume dinding batu bata bak pengumpul  
=  $[(17,5) \times (0,4) \times (2,3+0,2)] - [17,5 \times 17,5 \times 2,3]$   
=  $96,65 \text{ m}^3$
- Volume dinding batu bata *Constructed Wetland*  
=  $[(19+125) \times (0,4) \times (1+0,2)] - [19 \times 125 \times 1]$   
=  $544,31 \text{ m}^3$

Jadi, untuk seluruh CW volume dinding batu batanya adalah  
 $= 544,31 \text{ m}^3 \times 6 \text{ CW}$   
 $= 3.265,87 \text{ m}^3$

- Volume dinding batu bata bak indikator  
 $= [(6+12) \times (0,4) \times (2,3+0,2)] - [6 \times 12 \times 2,3]$   
 $= 32,8 \text{ m}^3$

Jadi, untuk seluruh bak indikator volume dinding batu batanya adalah  
 $= 32,8 \text{ m}^3 \times 3 \text{ bak}$   
 $= 98,4 \text{ m}^3$

Sehingga, volume total dinding batu bata adalah  
 $= 96,65 \text{ m}^3 + 3.265,87 \text{ m}^3 + 98,4 \text{ m}^3$   
 $= 3.460,9 \text{ m}^3$

Dari perhitungan diatas, volume total pekerjaan batu bata adalah  
 $= 2.954,45 \text{ m}^3 + 3.460,9 \text{ m}^3$   
 $= 6.415,37 \text{ m}^3$

#### 5.7.4 BOQ Pengurugan Tanah Kembali

Volume urugan tanah kembali dapat dihitung menggunakan rumus:

Volume urugan tanah = volume galian – volume yang terbangun

- Volume urugan tanah kembali bak pengumpul  
 $= 855,4 \text{ m}^3 - [(17,5) \times (0,4) \times (2,3+0,2)] \text{ m}^3$   
 $= 22,3 \text{ m}^3$
- Volume urugan tanah kembali *Constructed Wetland*  
 $= 2.791,3 \text{ m}^3 - [(19+125) \times (0,4) \times (1+0,2+0,1)] \text{ m}^3$   
 $= 136,2 \text{ m}^3$

Jadi, untuk seluruh CW volume urugan tanah kembalinya adalah  
 $= 136,2 \text{ m}^3 \times 6 \text{ CW}$   
 $= 816,97 \text{ m}^3$

- Volume urugan tanah kembali bak indikator  
 $= 210,2 \text{ m}^3 - [(6+12) \times (0,4) \times (2,3+0,2+0,1)] \text{ m}^3$   
 $= 21,4 \text{ m}^3$

Jadi, untuk seluruh bak indikator volume urugan tanah kembalinya adalah

$$= 21,4 \text{ m}^3 \times 3 \text{ bak}$$

$$= 64,27 \text{ m}^3$$

Sehingga, volume total urugan tanah kembali adalah

$$= 22,3 \text{ m}^3 + 816,97 \text{ m}^3 + 64,27 \text{ m}^3$$

$$= 903,578 \text{ m}^3$$

#### **5.7.5 BOQ Kerikil dan Tanaman Kana pada *Constructed Wetland***

Volume kerikil yang dibutuhkan untuk media *Constructed Wetland* adalah:

$$\text{Volume kerikil} = L \times w \times h \times \text{jumlah CW}$$

$$= 125 \text{ m} \times 19 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 6 \text{ buah}$$

$$= 8.550 \text{ m}^3$$

Sedangkan, kebutuhan tanaman kana untuk *Constructed Wetland* adalah sebanyak 57.000 tanaman.

#### **5.8 Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)**

Rancangan Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan biaya bangunan berdasarkan BOQ dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang dibangun. RAB pada perencanaan kali ini mengacu pada Harga Satuan Pokok Kerja (HSPK) Perubahan Kota Surabaya Tahun 2015. Berikut ini merupakan Tabel 5.12 yang merupakan RAB pada perencanaan kali ini.

Tabel 5. 11 Rancangan Anggaran Biaya

<b>BOQ dan RAB Pembangunan IPAL</b>					
<b>No</b>	<b>Tahapan Konstruksi</b>	<b>Kebutuhan</b>	<b>Satuan</b>	<b>Total Biaya (Rp)</b>	
<b>Tahap Persiapan</b>					
1	Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan	14771,2	m <sup>2</sup>	Rp	117.430.923
<b>JUMLAH</b>				<b>Rp</b>	<b>117.430.923</b>
<b>Pekerjaan Utama</b>					
1	Penggalian tanah dengan alat berat	21331,2	m <sup>3</sup>	Rp	3.050.254.125
2	Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1 meter	21331,2	m <sup>3</sup>	Rp	1.482.610.500
3	Pemasangan Batu Bata 1 Pc:4 Pp tebal 1/2 bata	6415,0	m <sup>3</sup>	Rp	362.236.168
4	Pekerjaan Acian	6415,0	m <sup>3</sup>	Rp	154.346.219
5	Pemasangan Pipa Air Kotor 8"	215,0	m	Rp	14.885.310
6	Pemasangan Pipa Air Kotor 10"	4,0	m	Rp	2.769.360
7	Pemasangan Geomembran	14250,0	m <sup>3</sup>	Rp	219.250.286
8	Pompa	4,0	buah	Rp	44.800.000
9	Pipa ø 8 inch	215,0	m	Rp	26.405.225
10	Pipa ø 10 inch	40,0	m	Rp	8.092.700
11	<i>Gate Valve</i>	13,0	buah	Rp	71.045.000
12	<i>Check Valve</i>	4,0	buah	Rp	11.660.000
13	elbow 4 inch	13,0	buah	Rp	87.750
14	Tee 4 inch	6,0	buah	Rp	108.000
15	cap 4 inch	24,0	buah	Rp	148.800
16	Geomembran 150 gr	14250,0	m <sup>3</sup>	Rp	82.650.000
17	Kerikil	10374,0	m <sup>3</sup>	Rp	248.976.000
18	Tanaman Canna	4750,0	batang	Rp	23.750.000

JUMLAH				Rp	5.804.075.442
<b>Pekerjaan Finishing</b>					
1	Pengurugan Tanah Dengan Pemasatan	903,6	m <sup>3</sup>	Rp	3.000.043.724
2	Pembersihan Lapangan "Berat" dan Perataan	14771,2	m <sup>2</sup>	Rp	234.861.846
JUMLAH				Rp	3.234.905.570
TOTAL				Rp	9.156.411.935
<b>TOTAL</b>				<b>Rp</b>	<b>9.156.412.000</b>

## **5.9 Standar Operasional Prosedur (SOP)**

Setiap IPAL pasti memiliki SOP sebagai acuan bagi operator untuk melaksanakan tugasnya. SOP dibuat bertujuan agar unit-unit pengolahan dapat berfungsi optimal. Selain itu, SOP berfungsi agar setiap unit IPAL mempunyai efisiensi pengolahan seperti yang diharapkan. Sehingga, efluen yang dihasilkan dapat memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

Pelaksanaan operasi dan pemeliharaan IPA penting dengan tujuan:

- Kinerja masing-masing unit optimal sehingga instalasi dapat terus beroperasi.
- Meminimalisasi biaya perbaikan unit.
- Tidak mengganggu lingkungan sekitar.

Selanjutnya merupakan SOP dari setiap unit yang ada di perencanaan kali ini, yaitu: bak pengumpul, Constructed *Wetland*, dan bak indikator.

### **5.9.1 Bak Pengumpul**

Bak pengumpul dilengkapi dengan 4 pompa jenis *submersible* (tercelup). Saat operasional bak pengumpul, 3 pompa menyala dan 1 pompa mati. Pompa yang mati tersebut diperuntukkan apabila ada pompa yang rusak/sedang dibersihkan. Pompa harus dalam keadaan menyala terus jangan sampai mati.

#### **• Persiapan Pengoperasian Awal**

1. Nyalakan 3 buah pompa lewat panel pompa.
2. Buka valve efluen pada pompa agar air bisa mengalir ke CW melewati pompa.

#### **• Operasional dan Perawatan**

1. Pemeriksaan terhadap pompa dan perpipaan inlet serta outlet dilakukan setiap hari. Apabila ditemukan penyumbatan segera dilakukan pembersihan oleh operator dan tutup valve pada bak pengumpul tersebut. Buka valve pada bak pengumpul cadangan dan nyalakan pompa pada bak tersebut.
2. Apabila terdapat lumpur pada dasar bak pengumpul, segera dilakukan pembersihan oleh operator dan tutup



valve pada bak pengumpul tersebut. Buka valve pada bak pengumpul cadangan dan nyalakan pompa pada bak tersebut.

3. Apabila terdapat sampah (plastik atau kotoran-kotoran mengambang) pada bak, segera diambil secara manual dengan aluminium *rake* dan dibuang ke tempat sampah.

### **5.9.2 Constructed Wetland**

Pada sistem IPAL ini, terdapat 6 unit *Constructed Wetland*. Tanaman yang digunakan adalah tanaman Kana/Bunga Tasbih. Tumbuhan pada unit *Constructed Wetland* mempunyai fungsi utama untuk membantu proses penyisihan limbah, selain proses penyisihan limbah pada media gravel. Bagian tumbuhan yang mempunyai peran penting adalah akar tanaman.

- **Persiapan Pengoperasian Awal**

1. Lakukan pemeriksaan keseluruhan terhadap struktur *Wetland*, dari kemungkinan retakan yang dapat berakibat pada kebocoran.
2. Persiapkan media gravel dengan ukuran 5-10 mm, 10-25 mm dan 50 mm. Basahi media gravel dengan air dan pastikan gravel tidak tercampur.
3. Persiapkan tumbuhan untuk *Wetland*, yaitu Tanaman Kana/ Bunga Tasbih. Pastikan tanaman berada pada keadaan sehat dan tidak layu. Tanaman kana yang digunakan adalah tanaman yang telah berumur 12-14 minggu. Ciri-ciri tumbuhan kana berumur 12-14 minggu adalah:
  - Tinggi tanaman  $\pm 1,5$  m
  - Jumlah daun 7 – 11 lembar
  - Telah muncul bunga



Gambar 5. 7 Tanaman kana umur  $\pm 12-14$  minggu  
Sumber: [http://america.pink/canna-indica\\_846328.html](http://america.pink/canna-indica_846328.html) (diakses pada tanggal 17 Mei 2016)

### **Peletakkan tanaman dan media gravel**

1. Lepaskan tanaman dari pot/plastik tempat media tanam. Jangan membersihkan tanah/media tanam yang menempel pada tanaman. Tanah asli ini akan menyediakan nutrisi sementara untuk pertumbuhan tanaman sebelum nutrisi tambahan dipasok oleh air limbah.
2. Peletakkan tanaman pada *Constructed Wetland* dengan kerapatan 2 tanaman/ $m^2$ . Pada 1 unit *Constructed Wetland*, terdapat  $\pm 4.750$  tanaman.
3. Tutup akar tanaman dengan media gravel 10-25 mm dengan perlahan dan hati-hati untuk menghindari tanaman rusak. Teruskan pengisian media hingga kedalaman 0,6 m dari dasar *Constructed Wetland*. Pastikan bahwa tanaman telah berdiri dengan stabil.
4. Masukkan media gravel ukuran 50 mm pada zona inlet dan outlet *Wetland*. Lakukan hingga kedalaman 0,6 m dari dasar *Constructed Wetland* dan panjang 1 m dari zona inlet dan outlet *Constructed Wetland*.
5. Tutup permukaan media gravel yang telah dimasukkan sebelumnya dengan gravel ukuran 5-10 mm. Lakukan dengan hati-hati agar tanaman tidak rusak. Lakukan hingga kedalaman 0,1 m dari batas media gravel.
6. Alirkan limbah ke dalam *Constructed Wetland*.

- **Operasional dan Pemeliharaan *Wetland***

1. Lakukan perawatan *Wetland* dengan menyirami tanaman 2 hari sekali, pada pagi atau sore hari. Lakukan penggantian tanaman jika terdapat tanaman yang layu atau mati.
2. Lakukan pengambilan sampel air pada inlet dan outlet *Constructed Wetland* setiap 4 minggu sekali untuk mengetahui kualitas influen dan efluen *Wetland*.
3. pencucian media (gravel) *Wetland*
  - Lakukan pencucian media (gravel) *Constructed Wetland* setiap 3 tahun sekali, saat cuaca panas/cerah.
  - Lakukan pencucian saat pukul 11.00 – 15.00 (hindari jam puncak aliran limbah yang masuk).
  - Pencucian dilakukan dengan cara:
    - a. Tutup valve influen *Wetland* untuk menghentikan aliran ke *Wetland*
    - b. Biarkan *wetland* hingga kering (1-2 hari)
    - c. Buka kembali valve influen *Constructed Wetland* agar air limbah mengalir kembali.
4. Lakukan pembersihan pada pipa inlet dan outlet 3 hari sekali.
5. Apabila terjadi banjir atau air meluap diatas media *Constructed Wetland*, maka Tutup keran pada pipa influen dan lakukan pengecekan. Apabila terjadi penyumbatan, segera lakukan pembersihan.
6. Lakukan pembersihan *Constructed Wetland* dari tanaman lain selain tanaman kana setiap 1 minggu sekali.
7. Lakukan pemotongan tanaman kana yang telah dewasa (tinggi  $\pm$  2m) setiap 4 bulan sekali. Hasil panen dapat digunakan sebagai kompos dan pakan hewan.

### **5.9.3 Bak Indikator**

Pada IPAL ini, terdapat 3 buah bak indikator. Bak indikator berisi air keluaran dari *Constructed Wetland* dan bio-indikator berupa ikan. Fungsi bak indikator adalah untuk mengetahui mutu pengolahan air limbah, apabila ikannya mati kemungkinan pengolahannya kurang sempurna.

- **Persiapan Pengoperasian Awal**
  1. Buka valve influen pada masing-masing bak indikator agar air bisa mengalir ke dalam bak dari CW.
  2. Masukkan 25 ekor ikan ke dalam masing-masing bak indikator.
  
- **Operasional dan Perawatan**
  1. Apabila terdapat banyak ikan yang mati pada salah satu bak, maka kemungkinan pengolahan limbah di *Constructed Wetland* kurang sempurna. Tutup valve influen pada bak indikator.
  2. Buang ikan yang mati, kemudian lakukan analisis kualitas limbah dari outlet *Constructed Wetland*.
  3. Ambil sampel air outlet *Constructed Wetland*. Lakukan analisis sampel tersebut di laboratorium.
  4. Apabila terdapat sampah (plastik atau kotoran-kotoran mengambang) pada bak, segera diambil secara manual dengan alumunium *rake* dan dibuang ke tempat sampah.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**LAMPIRAN I**  
**Foto-foto Kegiatan**



**Gambar 1. Kegiatan sampling no. Pelanggan PDAM di Kelurahan Keputih Surabaya**



**Gambar 2. Kegiatan sampling *greywater* di Kelurahan Keputih Surabaya**



**Gambar 3. Sampel *greywater* di Kelurahan Keputih Surabaya dimasukkan kedalam botol winkler dan box styrofoam agar terjaga kualitas sampel**



**Gambar 4. Kegiatan analisis sampel di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya**

## **LAMPIRAN II**

### **Prosedur Analisis Laboratorium**

#### **Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

##### **Alat dan Bahan**

1. Larutan kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) 0,1 N
2. Kristal perak sulfat ( $Ag_2SO_4$ ) dicampur dengan asam sulfat ( $H_2SO_4$ )
3. Kristal merkuri sulfat ( $Hg_2SO_4$ )
4. Larutan standart Fero Amonium Sulfat (FAS) 0,05 N
5. Larutan indikator Fenantrolin Fero Sulfat (Feroin)
6. Erlenmeyer 250 mL 2 buah
7. Buret 25 mL atau 50 mL 1 buah
8. Alat refluks dan pemanasnya
9. Pipet 5 mL, 10 mL
10. Pipet tetes 1 buah
11. Beker glass 50 mL, 1 buah
12. Gelas ukur 25 mL, 1 buah

##### **Prosedur Analisis:**

1. Masukkan 0,4 gram kristal  $Hg_2SO_4$  ke dalam masing-masing erlenmeyer.
2. Tuangkan 20 mL air sampel dan 20 mL air akuades (sebagai blangko) kedalam masing-masing erlenmeyer.
3. Tambahkan 10 mL larutan  $K_2Cr_2O_7$  N.
4. Tambahkan 25 mL larutan campuran  $Ag_2SO_4$ .
5. Alirkan pendingin pada kondesor dan pasang erlenmeyer COD.
6. Nyalakan alat pemanas dan refluks larutan tersebut selama 2 jam.
7. Biarkan erlenmeyer dingin dan tambahkan air akuades melalui kondensor sampai volume 150 mL.
8. Lepaskan erlenmeyer dari kondensor dan tunggu sampai dingin.
9. Tambahkan 3-4 tetes indikator Feroin.
10. Titrasi kedua larutan di erlenmeyer tersebut dengan larutan standart FAS 0,05 N hingga warna menjadi merah



## 2. Analisis BOD (*Biological Oxygen Demand*)

### Alat dan Bahan

1. 1 buah labu ukur berukuran 500 mL
2. 2 buah botol winkler 300 mL dan 2 buah botol winkler 150mL
3. 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL
4. Inkubator suhu 20°C

### Prosedur Analisis:

1. Sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran dituangkan ke dalam labu ukur kemudian ditambahkan air pengencer hingga tandabatas.
2. Sampel yang telah diencerkan dituangkan kedalam 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL hingga tumpah kemudian ditutup dengan hati –hati.
3. Air pengencer dituangkan kedalam 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL
4. hingga tumpah kemudian ditutup dengan hati- hati.
5. Larutan dalam botol winkler 300 mL dimasukkan ke dalam inkubator 20 °C selama 5 hari.

## **Analisis TSS (*Total Suspended Solids*)**

### Alat dan Bahan

1. Larutan sampel yang akan dianalisis
2. Furnace dengan suhu 550°C
3. Oven dengan suhu 105°C
4. Cawan porselin 50 ml
5. Timbangan analitis
6. Desikator
7. Cawan Petridis
8. Kertas saring
9. Vacuum filter

### Prosedur Analisis:

1. Cawan porselin dibakar dengan suhu 550°C selama 1 jam, setelah itu dimasukkan ke dalam oven 105°C selama 15 jam.
2. Masukkan kertas saring ke oven 105°C selama 1 jam
3. Cawan dan kertas saring di atas didinginkan dalam desikator selama 15 menit
4. Timbang cawan dan kertas saring dengan timbangan analitis (e mg)
5. Letakkan kertas saring yang telah ditimbang pada vacuum filter
6. Tuangkan 25 ml sampel di atas filter yang telah dipasang pada vacuum filter, volume sampel yang digunakan ini tergantung dari kepekatannya, catat volume sampel (g ml)
7. Saring sampel sampai kering atau airnya habis
8. Letakkan kertas saring pada cawan Petridis dan masukkan ke dalam oven 105°C selama 1 jam
9. Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit
10. Timbang dengan timbangan analitis (f mg)
11. Hitung jumlah TSS dengan rumus berikut:  $TSS (mg/L) = ((f-e)/g) \times 1000$

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan Perencanaan *Sub-surface Constructed Wetland* untuk Pengolahan *Greywater* Menggunakan Tumbuhan *Canna indica* (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya) adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan didapatkan dimensi dari unit IPAL yang direncanakan yaitu:
  - Bak Pengumpul sebanyak 1 unit dengan ukuran 4 m x 4 m x 3,3 m.
  - *Constructed Wetland* sebanyak 6 unit dengan ukuran 19 m x 25 m x 1 m.
  - Bak indikator sebanyak 3 unit dengan ukuran 6 m x 12 m x 2,3 m.
2. Efisiensi removal konsentrasi BOD, COD dan TSS pada unit *Constructed Wetland* yang telah direncanakan adalah: 84,25%; 85,00%; 87,10%. Efluen dari *Constructed Wetland* telah memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 7 Tahun 2013.
3. Standar Operasional Prosedur (SOP) yang dihasilkan dalam perencanaan ini berupa SOP teknis saat persiapan pengoperasian awal serta operasional dan perawatan unit IPAL.
4. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun *Constructed Wetland* pada perencanaan ini sebesar Rp 9.156.412.000, . IPAL ini melayani 100% Kelurahan Keputih Surabaya pada tahun 2028 dengan proyeksi jumlah penduduk 26.982 orang.

#### 6.2 Saran

Saran untuk perbaikan perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Perlunya data primer dari data *time series* penggunaan air bersih penduduk di Kelurahan Keputih Surabaya. Sehingga bisa diketahui debit air yang digunakan saat jam puncak sehingga data lebih akurat.

2. Perlunya data primer karakteristik awal *greywater* untuk Total N dan Total P sehingga bisa diketahui konsentrasi awal nutrien yang akan diberikan kepada tumbuhan di CW.
3. Perlunya analisis finansial lebih lanjut mengenai perencanaan *Constructed Wetland* kali ini sehingga bisa lebih rinci dan sesuai dengan kondisi masyarakat dan Pemerintah Kota Surabaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WEF). 1999. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition**. United Book Press, Inc., Baltimore: Maryland.
- Akratos, Christos S. dan Vassilios A. Tsihrintzis. 2006. Effect of Temperature, HRT, Vegetation and Porous Media on Removal Efficiency of Pilot-Scale Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands. **Ecological Engineering** 29:173-191.
- Ariani, Diah Muslikha dan Eddy Setiadi Soedjono. 2011. **Perencanaan Subsurface Flow Constructed Wetland dalam Pengolahan Efluen Tangki Septik pada Daerah Air Tanah Dangkal (Studi Kasus: Perumahan Istana Bestari Kota Pasuruan)**. Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Dhohikah, Y. 2006. **Pengelolaan Air Bekas Domestik dengan Sistem Constructed Wetland Aliran Subsurface untuk Menurunkan COD, TSS Dan Deterjen**. Tesis Program Pascasarjana Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Diaz, Otoniel Carranza, Luciana Schultze-Nobre, Monika Moedera, Jaime Nivalac, Peter Kuschik, Heinz Koeser. 2014. Removal Of Selected Organic Micropollutants in Planted and Unplanted Pilot-Scale Horizontal Flow Constructed Wetlands Under Conditions of High Organic Load. **Ecological Engineering** 71:234–245.
- Djawa D. R. 2011. **Analisis Kehilangan Energi Air Pada Pipa Penyaluran Sarana Air Bersih Menggunakan Pompa Hidraulik Di BTN Kolhua Kota Kupang**. Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- Ellis, J. B., R.B.E. Shutes and D.M. Revitt. 2003. **Guidance Manual for Constructed Wetlands**. United Kingdom: Environment Agency.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2003. **Subsurface Flow Constructed Wetlands For Wastewater Treatment**. United States.

- Hlavinek, Petr, Ongken Bonacci, Jiri Marsalek, Ivana Mahrikova. 2007. **Dangerous Pollutants (Xenobiotics) in Urban Water Cycle**. Springer: Lednice, Czech Republic.
- James, Jeremy J. dan Rebecca E. Drevnosky. 2007. A Basis for Relative Growth Rate Differences Between Native and Invasive Forb Seedlings. **Rangeland Ecology and Management** 60:4.
- Kayombo, S., T.S.A Mbwette, dan J.H.Y Katima. 2006. **Waste Stabilization Ponds and Constructed Wetlands Design Manual**. Prospective College of Engineering and Technology University of Dar es Salaam.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Republik Indonesia. 2003. **Baku Mutu Air Limbah Domestik**. Indonesia: Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Kisman, Novi Yanti. 2007. **Evaluasi dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum Kota Kendari Sulawesi Tenggara**. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Konnerup, Dennis, Thammarat Koottatep, Hans Brix. 2008. Treatment of Domestic Wastewater in Tropical, Subsurface Flow Constructed Wetlands Planted With Canna And Heliconia. **Ecological Engineering** 35:248–257.
- Lita CSC, Valentina. 2008. **Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Grey Water**. Fakultas Teknik Universitas Indonesia : Banten.
- Mangkoedihardjo, S., dan Samudro, G. 2010. **Fitoteknologi Terapan**. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Mara, D.D. 2006. Constructed Wetlands are not A Viable Alternative or Addition to Waste Stabilization Ponds. **IWA Specialist Conference on Waste Stabilization Ponds**, 7, Bangkok, Proceedings. International Water Association: Bangkok.
- Metcalf dan Eddy. 2003. **Wastewater Engineering : Treatment and Reuse**, Fourth Edition, International Edition. McGraw-Hill: New York.
- Norton, Stephen. 2007. Removal Mechanisms in Constructed Wastewater Wetlands.

- Pratiwi, Rochma Septi. 2015. **Perencanaan *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* di Kelurahan Keputih Surabaya.** Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Surabaya.
- Puspita, L., E. Ratnawati, I N. N. Suryadiputra, A. A. Meutia. 2005. **Lahan Basah Buatan di Indonesia.** *Wetlands International - Indonesia Programme.* Bogor.
- Risnawati, Damanhuri. 2009. **Penyisihan Logam Pada Lindi Menggunakan *Constructed Wetland*.** Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Safitri, R. 2009. **Phytoremediasi Greywater dengan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) serta Pemanfaatannya untuk Tanaman Selada Secara Hidroponik.** Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Sari, Novi K., Hastuadi Harsa, dan Rachmat Boedisantoso. 2015. Penentuan Korelasi Curah Hujan, Ketinggian Lapisan Inversi dan Hubungannya dengan Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya. **Jurnal Teknik ITS** Vol. 4, No. 1.
- Sasse, Ludwig. 1998. **Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries.** Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA).
- Setiarini, Dinda Wahyu. 2013. **Penurunan BOD COD Pada Limbah Katering Menggunakan Pengolahan Fisik dan Konstruksi *Subsurface Flow Wetland* dan Biofilter dengan Tumbuhan Kana (*Canna indica*).** Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Sim, C.H. 2003. **The Use of *Constructed Wetlands* for Wastewater Treatment.** *Wetlands International – Malaysia Office.*
- Silas, Johan dan Happy Ratna S., Wahyu Setyawan, IDAA Warmadewanthi, Hartatik, Susetyo Firmaningtyas. 2014. Revitalisasi Eks TPA Keputih Menjadi Taman Kota untuk Mendukung Surabaya Menuju *Eco-City*. **Simposium Nasional RAPI XIII – Fakultas Teknik UMS.**
- Supradata. 2005. **Pengolahan Limbah Domestik menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius L.***



- Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands).** Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro: Semarang.
- Surakusumah, W. 2012. **Adaptasi dan Mitigasi.** UPI:<http://file.upi.edu/>
- Suswati, Anna Catharina Sri Purna dan Gunawan Wibisono. 2013. Pengolahan Limbah Domestik Dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed *Wetlands*). **Indonesian Green Technology Journal** Vol. 2 No. 2.
- Syahputra, Benny. 2000. **Penentuan Faktor Jam Puncak Dan Harian Maksimum Terhadap Pola Pemakaian Air Domestik Di Kecamatan Kalasan, Sleman, Yogyakarta.** Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang.
- Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A., 2001. Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) dalam Sistem Constructed *Wetland*. **Jurnal Purifikasi**, Volume 3. No.3: 127-132.
- Tjitrosoepomo, Gembong. 2010. **Taksonomi Tumbuhan Spermatophyta.** Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Villar, M.M. Perez, E.R, Dominguez, F.Tack, J.M. Hernandez Ruiz, R. Sanchez Morales, L.E. Arteaga. 2012. Vertical Subsyface Wetlands for Wastewater Purification. **Procedia Engineering** 42: 1960-1968.
- Vymazal, J. 2001. Constructed *Wetlands* for wastewater treatment in the Czech Republic. **Water Science and Technology** 44: 369–374.
- Wallace, Scott D. dan Robert L. Knight. 2006. **Small Scale Constructed *Wetland* Treatment Systems : Feasibility, Design Criteria, and O&M Requirements.**The Water Environment Research Fondation: United kingdom.
- Winursita, Hutari. 2013. **Penurunan BOD COD Pada Limbah Katering Menggunakan Pengolahan Fisik dan Konstruksi Subsurface Flow *Wetland* Dengan Tumbuhan Kana (*Canna indica*).** Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.

### LAMPIRAN III

#### Hasil *Sampling* No. Pelanggan PDAM Kelurahan Keputih Surabaya

No.	alamat	No. Pelanggan	orang	Penggunaan Air Bersih Tahun 2016		
				Bulan Januari (m <sup>3</sup> )	Bulan Februari (m <sup>3</sup> )	Bulan Maret (m <sup>3</sup> )
1	keputih tegal 6/7	2252213	3	13	12	13
2	keputih tegal 6/65	2252429	3	10	14	11
3	keputih tegal 5/34	2252338	6	26	22	21
4	keputih tegal 5/18	2252193	4	13	10	12
5	keputih tegal 5/12 A	2252212	5	28	33	21
6	keputih tegal 6/67	2252211	4	17	18	14
7	keputih tegal 2/9	2252210	4	21	18	24
8	keputih tegal 4/9	2252209	7	38	31	32
9	keputih tegal 4/14	2252208	3	18	21	20
10	keputih tegal 3/17	2252207	4	13	11	11
11	keputih tegal 3/13	2252206	3	10	10	11
12	keputih tegal 3/9	2252205	4	24	20	19

No.	alamat	No. Pelanggan	orang	Penggunaan Air Bersih Tahun 2016		
				Bulan Januari (m <sup>3</sup> )	Bulan Februari (m <sup>3</sup> )	Bulan Maret (m <sup>3</sup> )
13	keputih tegal 1 tembusan 2/31	2252204	5	28	10	10
14	keputih tegal 3A/4	2252203	3	14	13	14
15	keputih tegal 3A/3	2252202	4	17	18	18
16	keputih tegal 3/12	2252201	5	24	24	22
17	keputih tegal 3B/22A	2252431	3	15	15	17
18	keputih tegal 4/19	2252432	4	23	20	21
19	keputih tegal 4/19A	2252433	3	10	15	15
20	keputih 3C/40 A	2252101	5	21	22	19
21	keputih makam E1/18	2252010	4	20	18	10
22	keputih makam E1/20	2252011	3	12	10	10
23	keputih makam E1/20	2252012	2	11	16	16
24	keputih makam E1/30	2252013	3	14	18	16
25	keputih makam E2/3	2252014	3	12	13	10
26	keputih makam E2/5	2252015	4	13	10	10
27	keputih makam E2/7	2252016	3	10	10	10

No.	alamat	No. Pelanggan	orang	Penggunaan Air Bersih Tahun 2016		
				Bulan Januari (m <sup>3</sup> )	Bulan Februari (m <sup>3</sup> )	Bulan Maret (m <sup>3</sup> )
28	keputih makam E2/13	2252018	7	59	56	50
29	keputih makam E2/21	2252020	4	28	43	32
30	keputih makam E2/23	2252021	3	17	16	16
31	keputih makam E2/29	2252023	3	19	15	17
32	keputih makam E2/25	2252050	4	18	13	18
33	keputih makam E1/10	2252051	2	10	10	10
34	keputih makam E1/22	2252052	2	10	10	10
35	keputih makam E1/6	2252054	2	10	10	10
36	keputih tegal 29	2252055	2	10	10	10
37	keputih tegal timur 2/3	2252057	4	24	30	20
38	keputih tegal timur 2/6A	2252061	2	10	10	10
39	keputih tegal timur 2/24	2252062	6	31	47	29
40	keputih tegal timur 2/10	2252063	5	26	23	20
41	keputih tegal timur 2/6	2252064	6	30	33	35
42	keputih tegal timur 2/11	2252065	5	20	15	22

No.	alamat	No. Pelanggan	orang	Penggunaan Air Bersih Tahun 2016		
				Bulan Januari (m <sup>3</sup> )	Bulan Februari (m <sup>3</sup> )	Bulan Maret (m <sup>3</sup> )
43	keputih tegal timur 2/21	2252066	3	10	10	10
44	keputih tegal timur 2/2	2252067	3	10	10	10
45	medokan keputih 16 B	2252541	4	10	10	23
46	keputih 3 56 A	2252550	6	39	40	29
47	keputih 3c blk angguna 25 s1	2252610	3	10	16	10
48	keputih 3c blk angguna 25 s2	2252611	5	51	45	42
49	keputih 3c 8 d	2252630	6	38	53	42
50	keputih tegal 1 1	2252631	4	20	26	20
51	keputih tegal 5 7 O	2252650	4	15	16	16
52	keputih 3C 2G	2252651	4	10	22	20
53	keputih makam blok B 27 A1	2252652	4	12	27	13
54	keputih tegal 4 24	2252653	5	26	24	31
55	keputih tegal timur 2 77	2252654	3	15	13	11
56	keputih makam F-A 11	2252670	4	23	23	25
57	keputih makam F-A 13	2252671	5	35	37	32

No.	alamat	No. Pelanggan	orang	Penggunaan Air Bersih Tahun 2016		
				Bulan Januari (m <sup>3</sup> )	Bulan Februari (m <sup>3</sup> )	Bulan Maret (m <sup>3</sup> )
58	keputih makam F-A 15	2252673	4	24	27	23
59	keputih makam F-A 19	2252674	4	28	29	20
60	keputih makam F-A 21	2252675	4	21	20	21
61	keputih makam F-A 23	2252676	3	15	14	13
62	keputih makam F-A 33	2252677	4	19	22	18
63	keputih makam F-A 35	2252678	2	10	10	10
64	keputih 3C 34 A	2252679	3	17	20	17
65	keputih 3C 32	2252680	5	23	25	27
66	keputih 3C 30 B	2252681	2	10	10	10
67	keputih makam E 52 A	2252682	3	18	16	12
68	keputih makam E 50	2252683	4	10	15	16
69	keputih makam E 48	2252684	2	10	11	10
70	keputih makam F-A 17	2252685	2	10	10	10
71	keputih 3C 30A	2252687	3	13	13	16
72	keputih makam E 48 A	2252760	3	16	17	16

No.	alamat	No. Pelanggan	orang	Penggunaan Air Bersih Tahun 2016		
				Bulan Januari (m <sup>3</sup> )	Bulan Februari (m <sup>3</sup> )	Bulan Maret (m <sup>3</sup> )
73	keputih tegal bhakti Blok C 10	2252762	3	16	17	10
74	keputih 3E 6 A	2252770	5	21	17	20
75	keputih tegal 7 6A	2252771	2	10	10	10
76	keputih 3C 5	2252790	3	10	19	10
77	keputih 3C 9	2252791	5	10	10	24
78	keputih tegal 7 11	2252810	5	10	10	30
79	keputih 3E timur 10 A	2252130	7	39	38	38
80	keputih 3E timur 11	2252131	3	18	17	14
81	keputih 3E timur 14	2252132	5	33	10	31
82	keputih 3E timur 12	2252135	4	23	23	23
83	keputih 3E timur 41	2252136	5	37	33	23
84	keputih 3E timur 48	2252137	5	25	27	26
85	keputih 3E timur 19	2252138	4	15	14	18
86	keputih 3E timur 20 A	2252139	2	10	10	10
87	keputih 3E timur 20 C	2252141	4	16	18	15

No.	alamat	No. Pelanggan	orang	Penggunaan Air Bersih Tahun 2016		
				Bulan Januari (m <sup>3</sup> )	Bulan Februari (m <sup>3</sup> )	Bulan Maret (m <sup>3</sup> )
88	keputih 3E timur 5 20	2252142	4	23	18	18
89	keputih tegal timur 1 28	2252171	3	13	17	11
90	keputih tegal 5 16	2252180	5	38	25	31
91	keputih tegal 4 5	2252182	4	27	21	24
92	keputih tegal 4 6	2252183	3	14	14	10
93	keputih tegal 4 9 A	2252185	3	14	14	13
94	keputih tegal 4 11 A	2252186	4	16	17	15
95	keputih tegal 4 7	2252187	5	32	22	33
96	keputih tegal 4 9 B 1	2252188	3	10	13	10
97	keputih tegal 4 8	2252189	5	33	13	10
98	keputih tegal 4 12	2252190	3	19	10	12
99	keputih tegal 4 16	2252191	3	13	13	11
100	keputih tegal 3 11	2252192	4	17	21	20



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**Lampiran IV**  
**Detail Bill Of Quantity (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)**

<b>Tahap Persiapan</b>						
<b>a. Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan / m<sup>2</sup></b>						
NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Luas (m <sup>2</sup> )	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja					
1	Mandor	OH	0,025	Rp 120.000	14.771	Rp 44.313.556
2	Pembantu Tukang	OH	0,05	Rp 99.000	14.771	Rp 73.117.367
Jumlah						Rp 117.430.923

<b>Tahap Pekerjaan Utama</b>						
<b>Penggalian Tanah dengan Alat Berat</b>						
NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Volume (m <sup>3</sup> )	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan					
1	Sewa Dump Truck 5 Ton	jam	0,074	Rp 66.100	94.134	Rp 460.447.048
2	Sewa escavator 6 m3	jam	0,0528	Rp 81.400	94.134	Rp 404.580.401
Jumlah						Rp 865.027.449
B.	Tenaga Kerja					
1	Mandor	OH	0,007	Rp 120.000	94.134	Rp 79.072.560
6	Pembantu Tukang	OH	0,226	Rp 99.000	94.134	Rp 2.106.154.116
Jumlah						Rp 2.185.226.676
Jumlah						Rp 3.050.254.125

**Tahap Pekerjaan Utama**  
**b. Pengangkutan Tanah/m<sup>3</sup> dari Lubang Galian**  
**Dalamnya Lebih Dari 1 meter**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Volume (m <sup>3</sup> )	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja					
1	Mandor	OH	0,0075	Rp 120.000	94.134	Rp 84.720.600
2	Pembantu Tukang	OH	0,15	Rp 99.000	94.134	Rp 1.397.889.900
Jumlah						Rp 1.482.610.500

**Tahap Pekerjaan Utama**

**Pemasangan Batu Bata 1 Pc:4 Pp tebal 1/2 bata**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Volume (m <sup>3</sup> )	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan					
1	semen PC 50 kg	Zak	0,23	Rp 66.000	3.230	Rp 49.036.743
2	Pasir Pasang/Plester	M3	0,043	Rp 168.400	3.230	Rp 23.391.625
3	batu bata merah kelas I (Uk. 22x11x4.5 cm)	buah	70	Rp 950	3.230	Rp 214.818.408
Jumlah						Rp 287.246.776
B.	Tenaga Kerja					
1	Mandor	OH	0,007	Rp 120.000	3.230	Rp 2.713.496

2	Pembantu Tukang	OH	0,226	Rp 99.000	3.230	Rp 72.275.896
Jumlah						Rp 74.989.391
Jumlah						Rp 362.236.168

<b>Tahap Pekerjaan Utama Pekerjaan Acian</b>						
NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Volume (m2)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan					
1	semen PC 50 kg	Zak	0,23	Rp 66.000	3.230	Rp 49.036.743
Jumlah						Rp 49.036.743
B.	Tenaga Kerja					
1	Mandor	OH	0,01	Rp 120.000	3.230	Rp 3.876.422
2	Kepala Tukang	OH	0,01	Rp 110.000	3.230	Rp 3.553.387
3	Tukang	OH	0,1	Rp 105.000	3.230	Rp 33.918.696
4	Pembantu Tukang	OH	0,2	Rp 99.000	3.230	Rp 63.960.970
Jumlah						Rp 105.309.475
Jumlah						Rp 154.346.219

<b>Tahap Pekerjaan Utama Pemasangan Pipa Air Kotor 8"</b>						
NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Panjang (m)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan					
1	pipa plastik PVC Tipe C Uk. 6 inch Pj. 6 meter	batang	0,2	Rp 166.900	215	Rp 7.176.700
2	pipa plastik PVC Tipe C Uk. 6 inch Pj. 6 meter	batang	0,07	Rp 166.900	215	Rp 2.511.845
Jumlah						Rp 9.688.545
B.	Tenaga Kerja					
1	Mandor	OH	0,0041	Rp 120.000	215	Rp 105.780
2	Kepala Tukang	OH	0,0135	Rp 110.000	215	Rp 319.275
3	Tukang	OH	0,135	Rp 105.000	215	Rp 3.047.625
4	Pembantu Tukang	OH	0,081	Rp 99.000	215	Rp 1.724.085
Jumlah						Rp 5.196.765
Jumlah						Rp 14.885.310

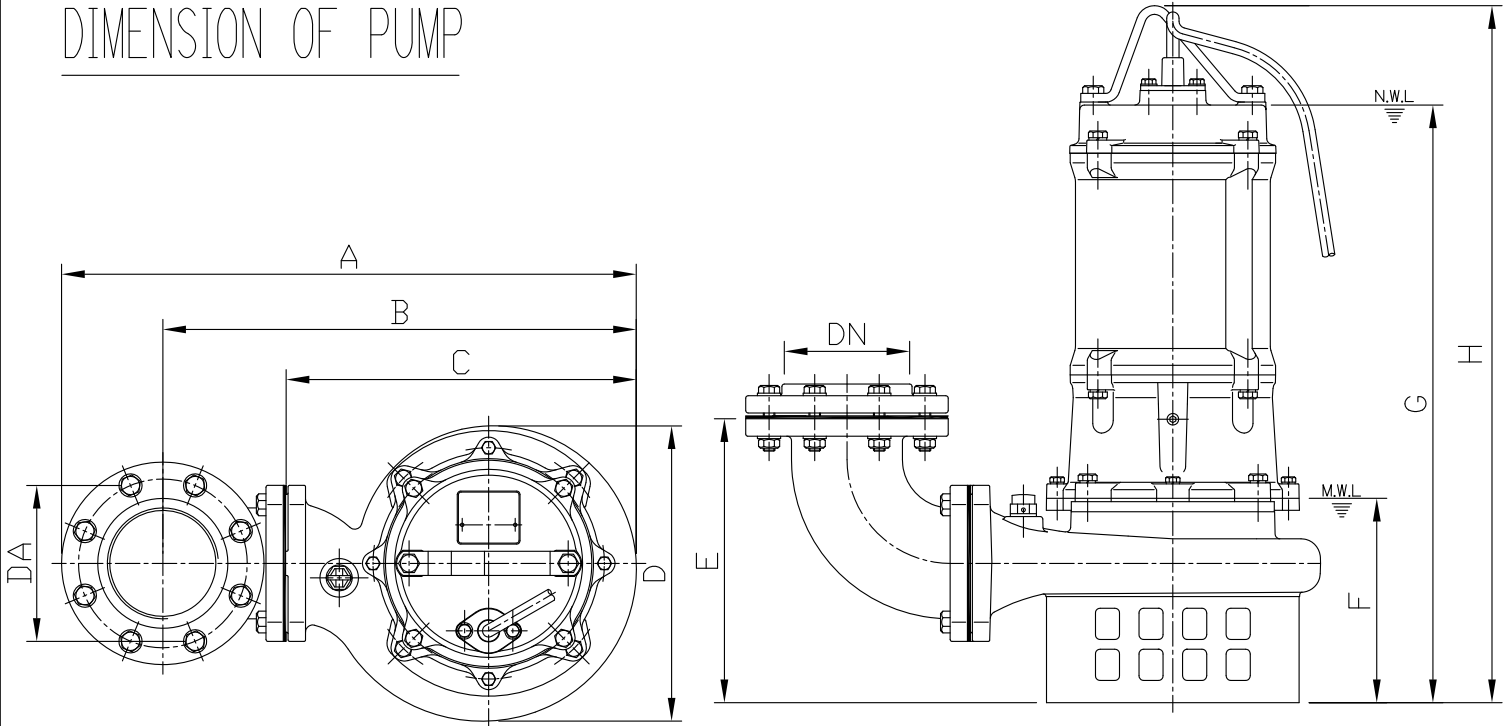
<b>Tahap Pekerjaan Utama Pemasangan Pipa Air Kotor 10"</b>						
NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Panjang (m)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan					
1	pipa plastik PVC Tipe C Uk. 6 inch Pj. 6 meter	batang	0,2	Rp 166.900	40	Rp 1.335.200
2	pipa plastik PVC Tipe C Uk. 6 inch Pj. 6 meter	batang	0,07	Rp 166.900	40	Rp 467.320
Jumlah						Rp 1.802.520
B.	Tenaga Kerja					
1	Mandor	OH	0,0041	Rp 120.000	40	Rp 19.680
2	Kepala Tukang	OH	0,0135	Rp 110.000	40	Rp 59.400
3	Tukang	OH	0,135	Rp 105.000	40	Rp 567.000
4	Pembantu Tukang	OH	0,081	Rp 99.000	40	Rp 320.760
Jumlah						Rp 966.840
Jumlah						Rp 2.769.360

<b>Tahap Pekerjaan Utama</b>						
<b>Biaya gilas dengan mesin gillas (Walles) (1 hari = 5 jam)</b>						
NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	jam	Jumlah Harga (Rp)
A.	Peralatan					
1	Sewa walles Min 5 jam	jam	1	Rp 107.400	1440	Rp 154.656.000
Jumlah						Rp 154.656.000
B.	Tenaga Kerja					
1	Sopir	OH	0,142857143	Rp 105.000	1.440	Rp 21.600.000
2	Pembantu Tukang	OH	0,142857143	Rp 99.000	1.440	Rp 20.365.714
3	Pembantu Operator	OH	0,142857143	Rp 110.000	1.440	Rp 22.628.571
Jumlah						Rp 64.594.286
Jumlah						Rp 219.250.286

<b>Tahap Finishing</b>						
<b>b. Pembersihan Lapangan "Berat" dan Perataan</b>						
NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Luas (m <sup>2</sup> )	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja					
1	Mandor	OH	0,05	Rp 120.000	14.771	Rp 88.627.112
2	Pembantu Tukang	OH	0,1	Rp 99.000	14.771	Rp 146.234.734
Jumlah						Rp 234.861.846

MODEL: 100AL25.5;100AL27.5

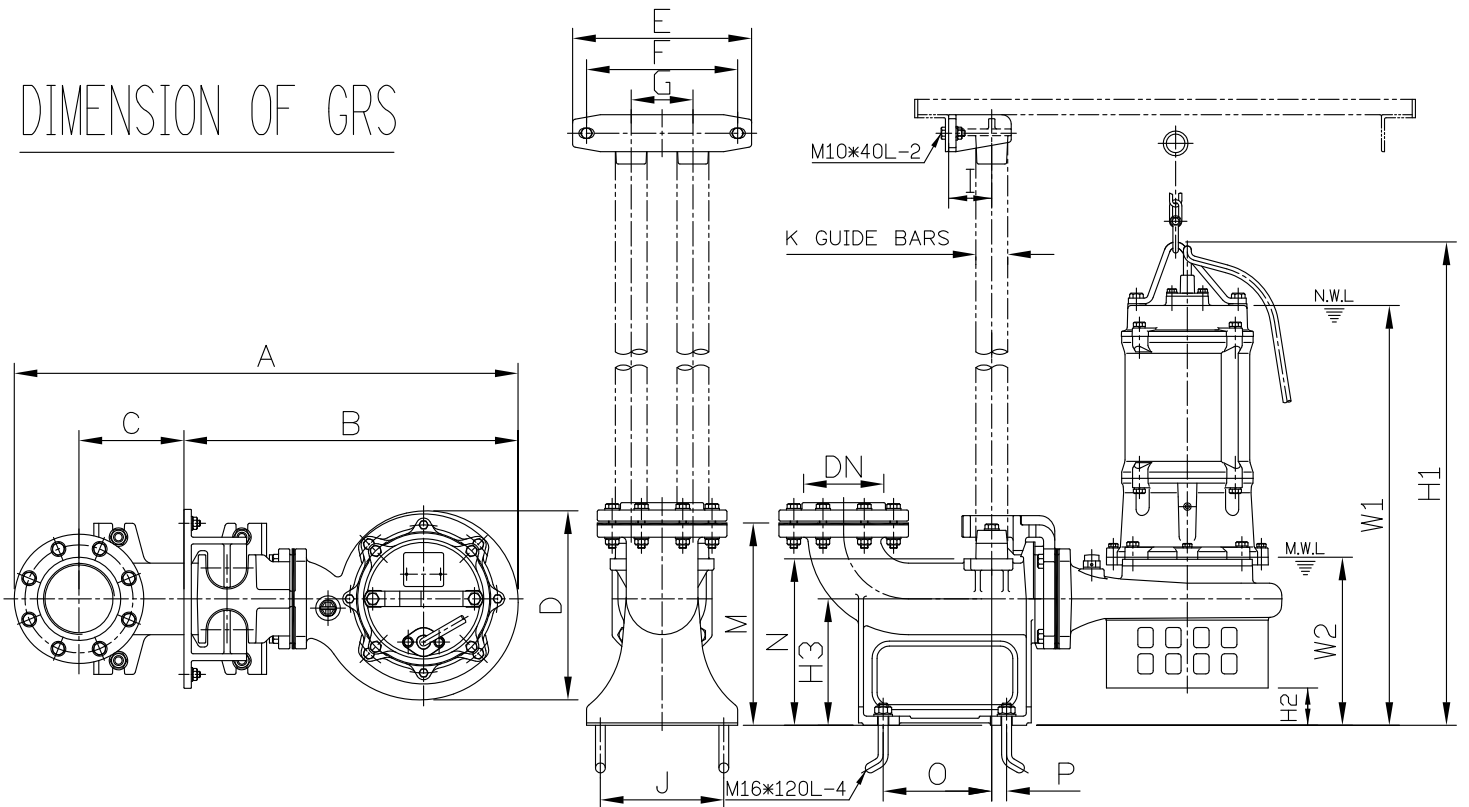
DIMENSION OF PUMP



Model	DN	DA	A	B	C	D	E	F	G	H
100AL25.5	100	175	597	491	363	307	295	210	620	723
100AL27.5	100	175	597	491	363	307	295	210	620	723

N.W.L.: Normal water level  
M.W.L.: Minimum water level

DIMENSION OF GRS



Model	DN	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	M	N	O	P	W1	W2	H1	H2	H3
100AL25.5	100	817	542	170	307	290	245	100	70	200	2"	325	270	176	24	680	270	783	60	205
100AL27.5	100	817	542	170	307	290	245	100	70	200	2"	325	270	176	24	680	270	783	60	205



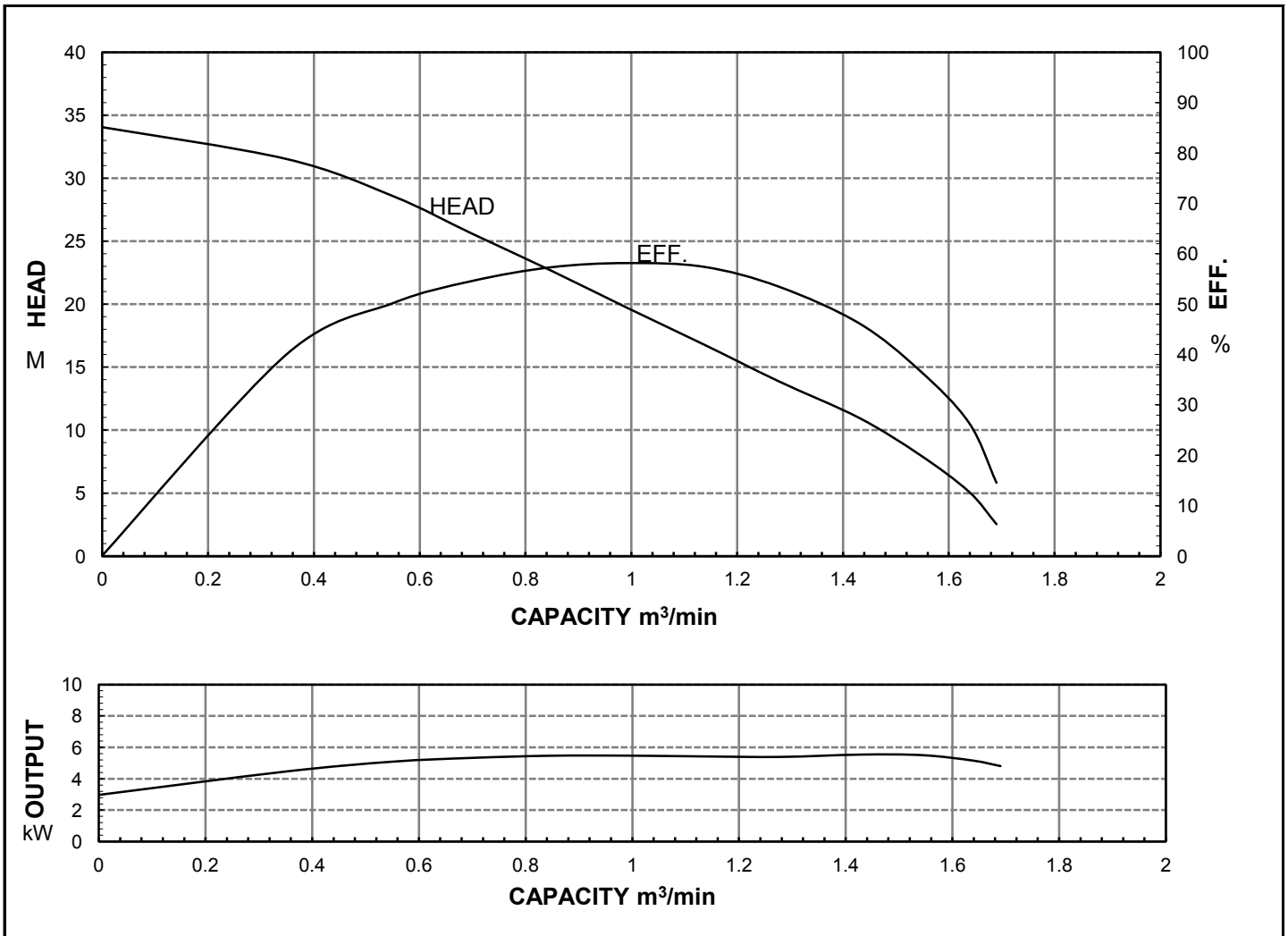


# HCP PUMP

FILE NO PC-M-E5-100AL25.5

## PUMP PERFORMANCE CURVES

MODEL	100AL25.5				DATE:	2011.12
	STANDARD SPECIFICATION				REFERENCE SPECIFICATION	
FREQUENCY	50			Hz		
DISCHARGE	4	inch	/	100	mm	
OUTPUT	7.5	HP	/	5.5	kW	HP      kW
HEAD	23			M		
CAPACITY	0.8			m <sup>3</sup> /min		
PHASE/VOLTAGE	3 φ	230 V	380 V	400 V	415 V	φ      V
RATED CURRENT		20.4 A	11.8 A	11.6 A	11.0 A	A
POLE / R.P.M.	2	P	/	2860	R.P.M.	
START METHOD	DIRECT					
INSULATION CLASS	F					
REMARK						



**HCP PUMP MANUFACTURER CO.,LTD.**

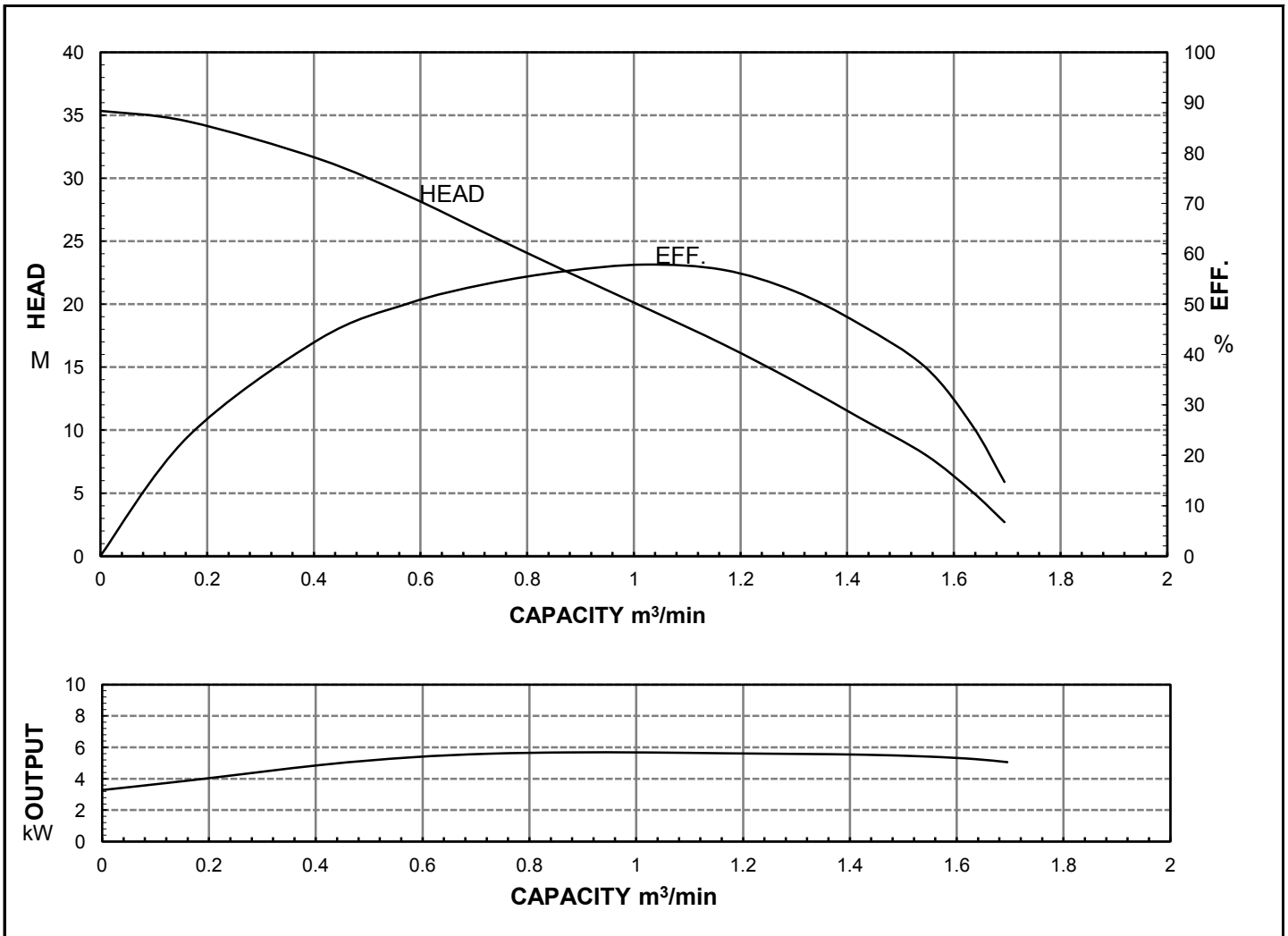


# HCP PUMP

FILE NO PC-M-E6-100AL25.5

## PUMP PERFORMANCE CURVES

MODEL	100AL25.5					DATE:	2011.12
	STANDARD SPECIFICATION					REFERENCE SPECIFICATION	
FREQUENCY	60 Hz						
DISCHARGE	4	inch	/	100	mm		
OUTPUT	7.5	HP	/	5.5	kW	HP	kW
HEAD	23.5 M						
CAPACITY	0.8 m <sup>3</sup> /min						
PHASE/VOLTAGE	3 $\phi$	220 V	230 V	380 V	440 V	460 V	$\phi$ V
RATED CURRENT		20.0 A	19.6 A	11.3 A	10.0 A	9.8 A	A
POLE / R.P.M.	2	P	/	3480	R.P.M.		
START METHOD	DIRECT						
INSULATION CLASS	F						
REMARK							



**HCP PUMP MANUFACTURER CO.,LTD.**

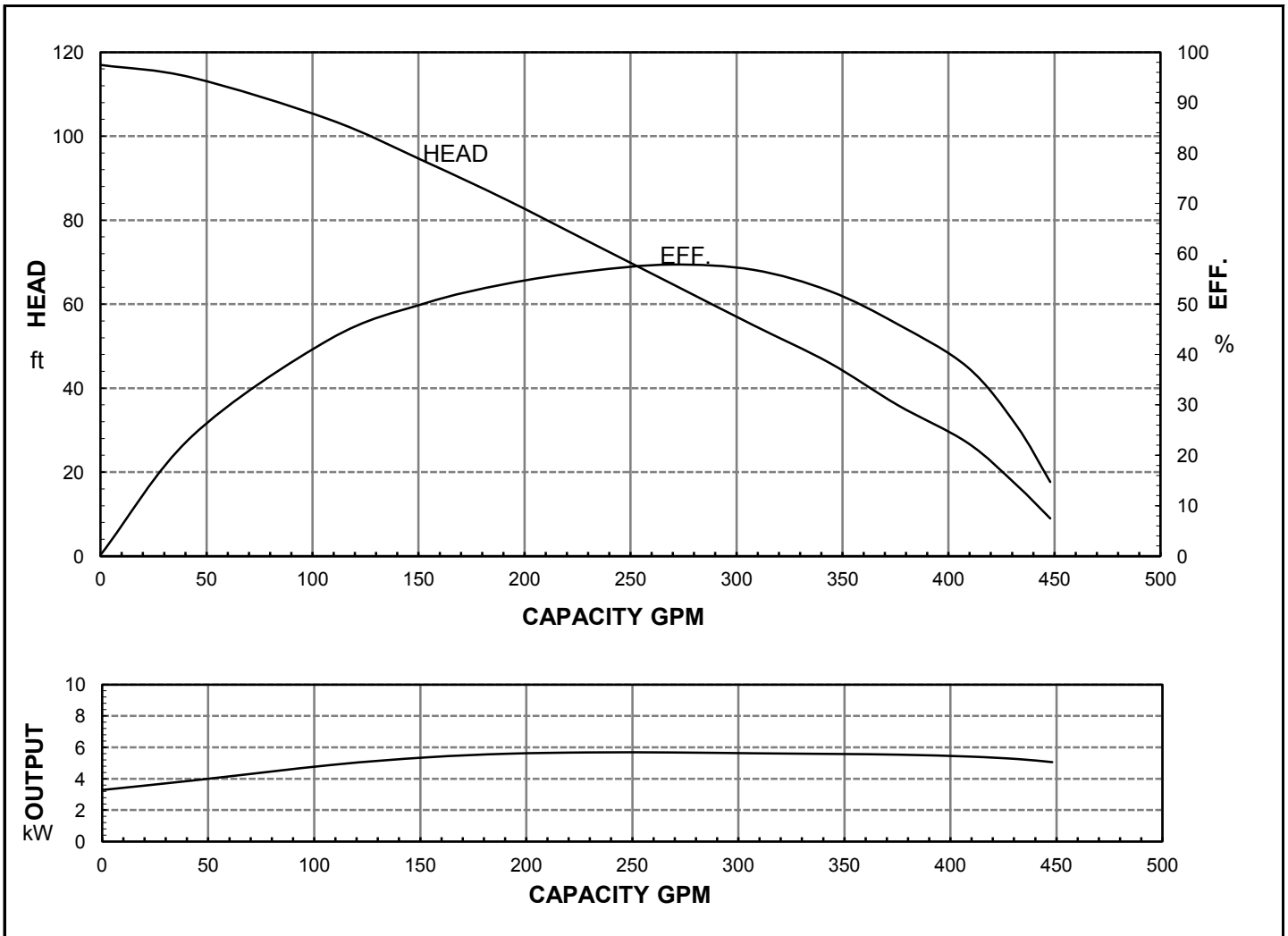


# HCP PUMP

FILE NO PC-FT-E6-100AL25.5

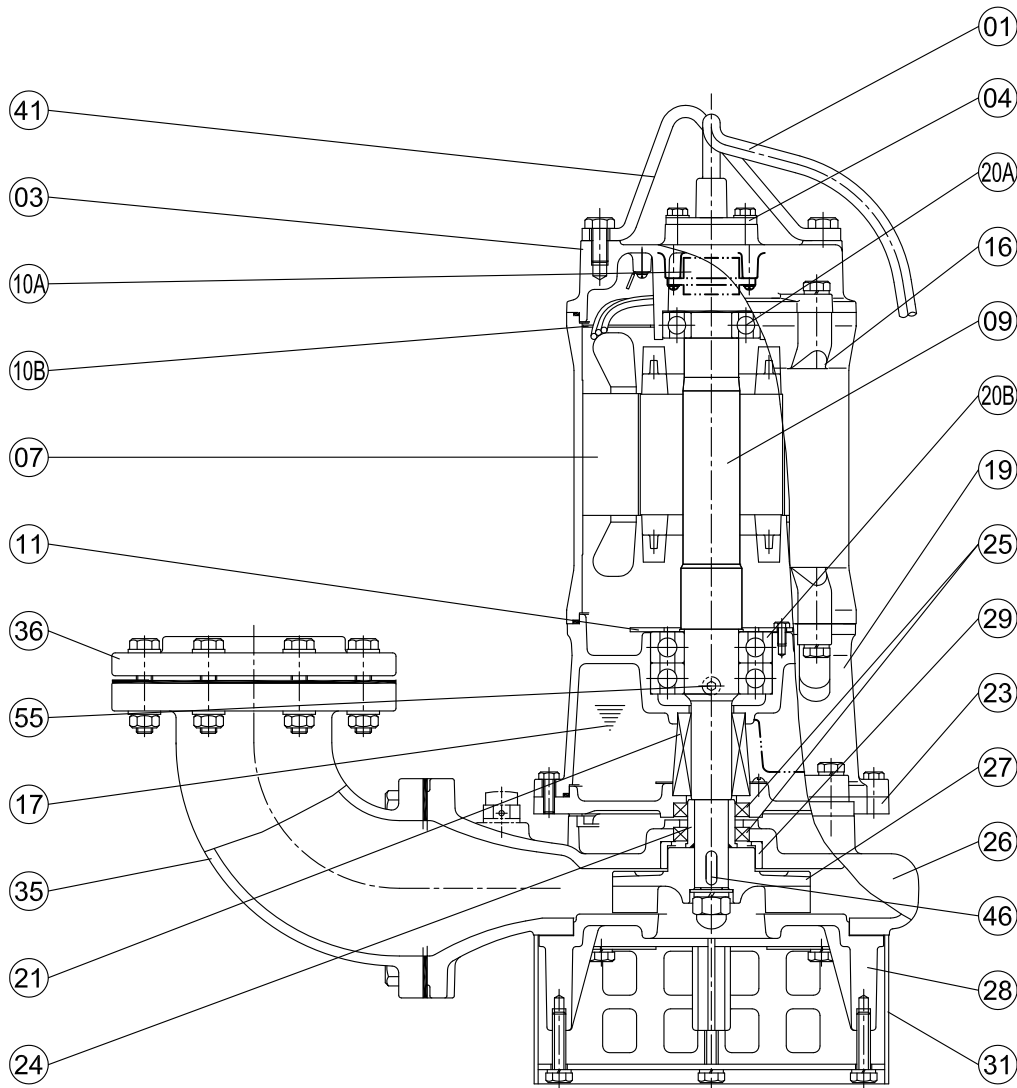
## PUMP PERFORMANCE CURVES

MODEL	100AL25.5					DATE:	2011.12
	STANDARD SPECIFICATION					REFERENCE SPECIFICATION	
FREQUENCY	60 Hz						
DISCHARGE	4	inch	/	100	mm		
OUTPUT	7.5	HP	/	5.5	kW	HP	kW
HEAD	78 ft						
CAPACITY	212 GPM						
PHASE/VOLTAGE	3 $\phi$	220 V	230 V	380 V	440 V	460 V	$\phi$ V
RATED CURRENT		20.0 A	19.6 A	11.3 A	10.0 A	9.8 A	A
POLE / R.P.M.	2	P	/	3480	R.P.M.		
START METHOD	DIRECT						
INSULATION CLASS	F						
REMARK							



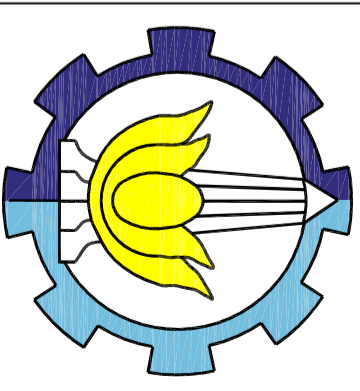
HCP PUMP MANUFACTURER CO.,LTD.

## MODEL: 100AL25.5;100AL27.5



No.	Part name	Material	QTY	Remark
01	Cable		1	VCT/H07RN-F UL/CSA
03	Upper cover	FC-200	1	
04	Cable base cover	SUS304	1	
07	Stator		1	
09	Shaft(with Rotor)	SUS420J2	1	
10A	Auto-cut		1	
10B	Auto-cut plate		1	
11	Bearing fixer		1	
16	Motor frame	FC-200	1	
17	Lubricant	Turbine oil #32	1	
19	Bearing bracket	FC-200	1	
20A	Upper bearing		1	
20B	Lower bearing		1	
21	M. seal	CA VS CE SIC VS SIC	1	
23	M. seal bracket	FC-200	1	

No.	Part name	Material	QTY	Remark
24	Oil seal bush	SUS403	1	
25	Oil seal	NBR	2	
26	Casing	FC-200	1	
27	Impeller	FC-200	1	
28	Casing cover	FC-200	1	
29	Impeller bush	SUS403	1	
31	Strainer	SS41	1	
35	Coupling	FC-200	1	
36	Flange	FC-200	1	
41	Handle	SS41	1	
46	Impeller key	SUS304	1	
47	Packing (1 set)		1	
55	Oil plug	SUS304	1	



**Program Sarjana**  
**Jurusan Teknik Lingkungan**  
**FTSP - ITS**  
**2016**

**TUGAS AKHIR**

Perencanaan *Sub-surface Constructed Wetland* dalam Pengolahan Greywater Menggunakan Tanaman *Canna Indica* (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya)

**Nama Mahasiswa**

Athif Husnabillah  
3312100064

**Dosen Pembimbing**

Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D

**Judul Gambar**

Layout Rencana Instalasi Pengolahan Greywater Kelurahan Keputih Surabaya

**Legenda**

- 1 = bak pengumpul
- 2 = *constructed wetland*
- 3 = bak indikator

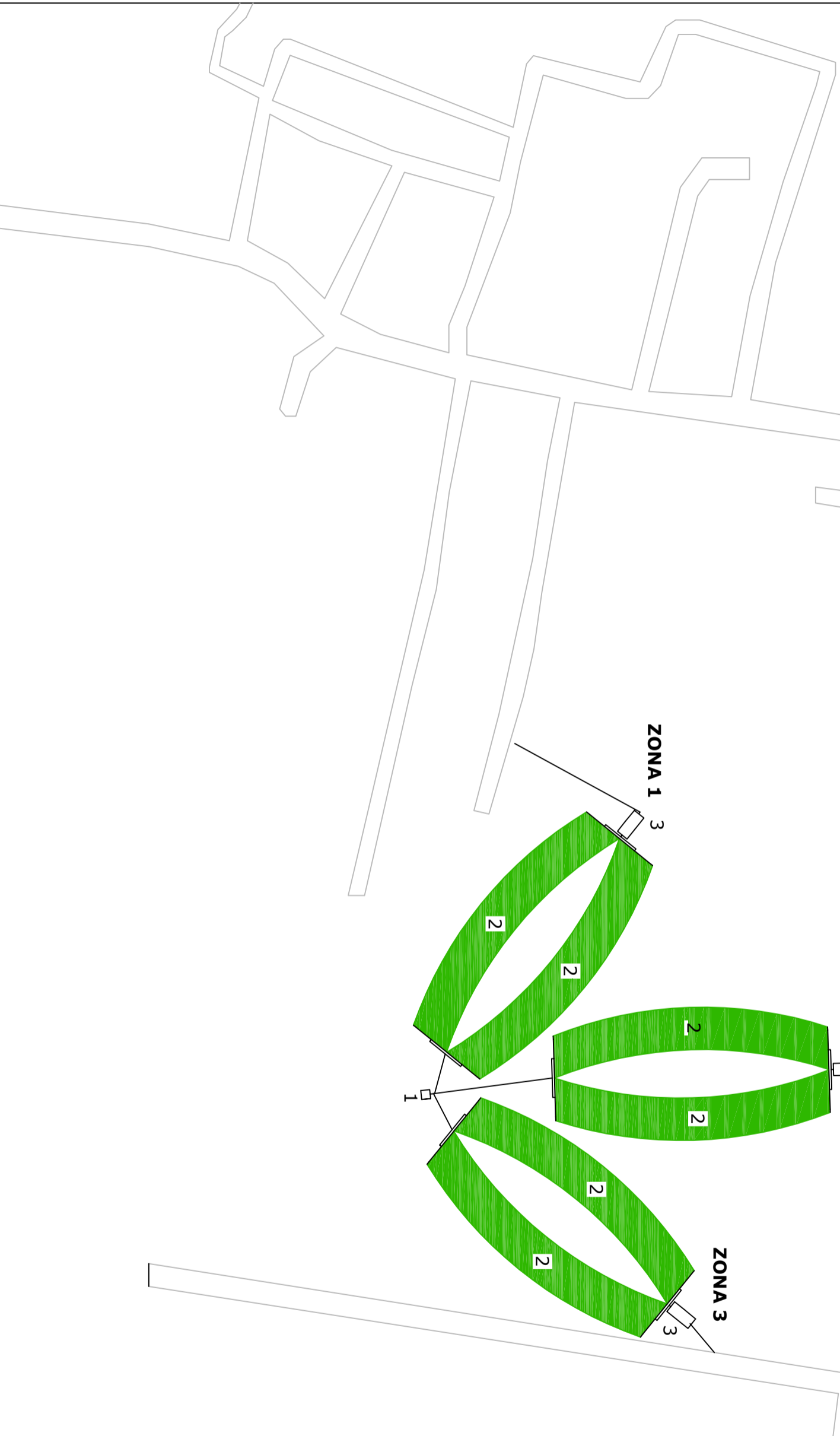
**Skala Gambar**

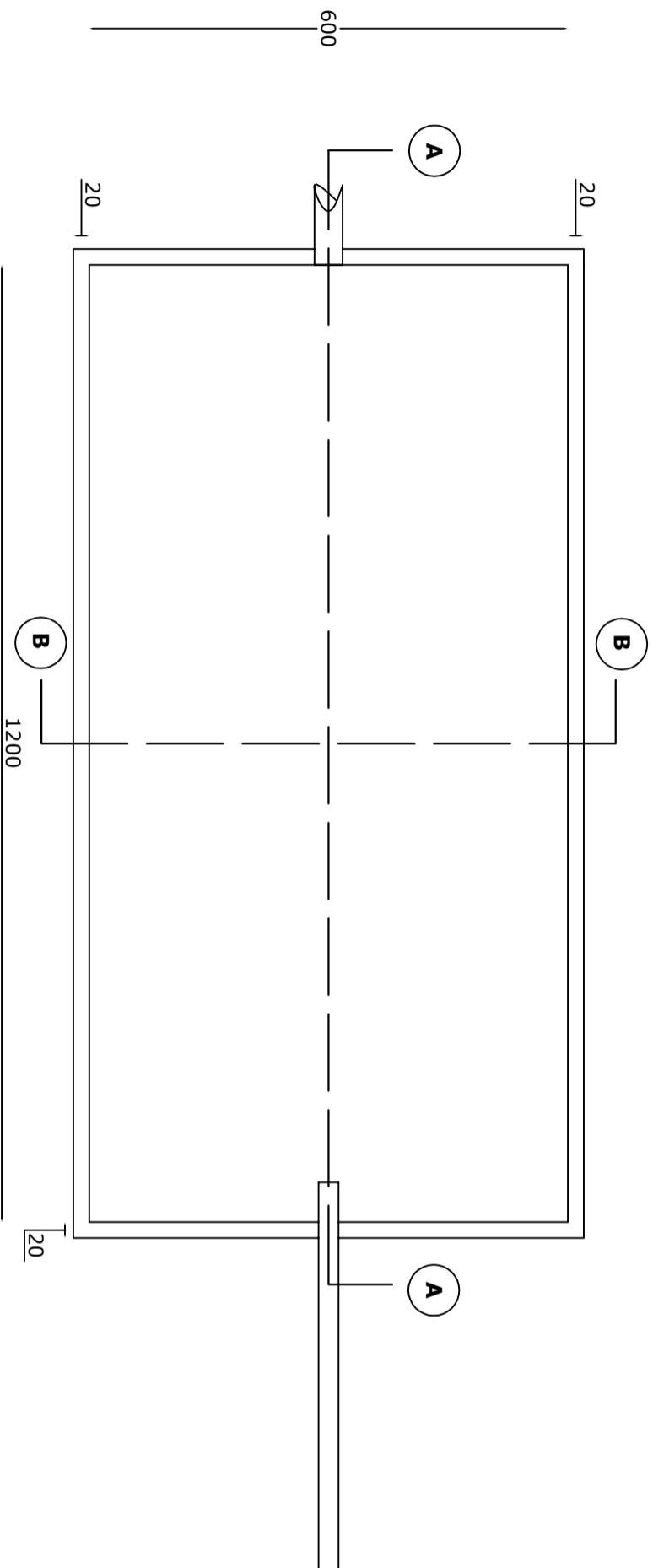
1 : 2.000



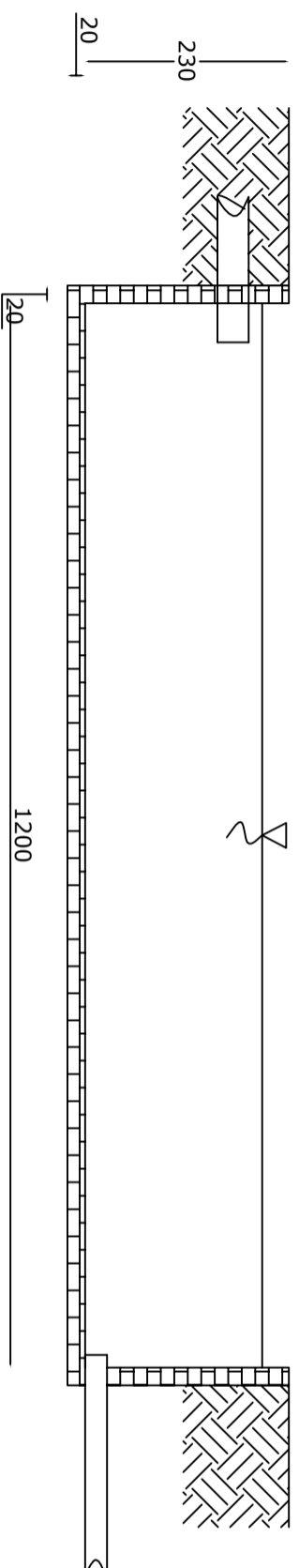
No. Gambar    Halaman

5.8                    1

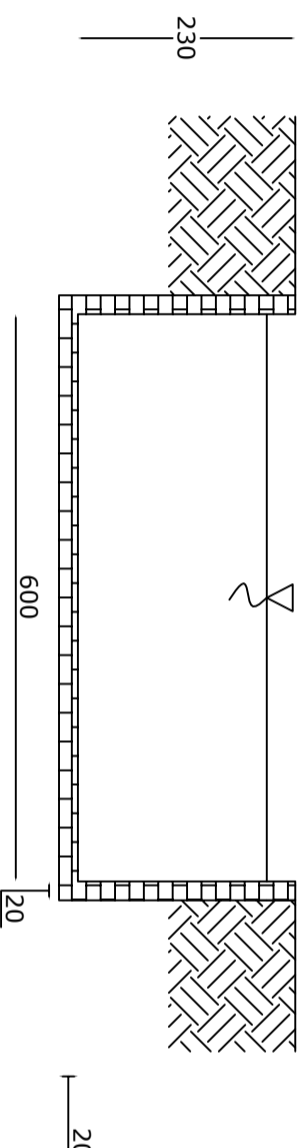




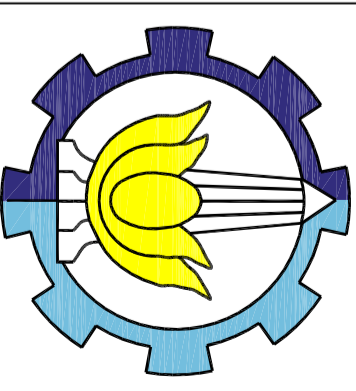
**DENAH BAK INDIKATOR**  
**SKALA 1:80**



**POTONGAN A-A BAK INDIKATOR**  
**SKALA 1:80**



**POTONGAN B-B BAK INDIKATOR**  
**SKALA 1:80**



**Program Sarjana**  
**Jurusan Teknik Lingkungan**  
**FTSP - ITS**  
**2016**

**TUGAS AKHIR**

Perencanaan *Sub-surface Constructed Wetland*  
dalam Pengolahan *Greywater* Menggunakan  
*Tanaman Canna Indica* (Studi Kasus: Kelurahan  
Keputih Surabaya)

**Nama Mahasiswa**

Athif Husnabillah  
33121100064

**Dosen Pembimbing**

Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D

**Judul Gambar**

Bak Indikator

**Legenda**

- = Muka Air
- = Tanah
- = Pas. Batu Bata
- = gravel

**Skala Gambar**

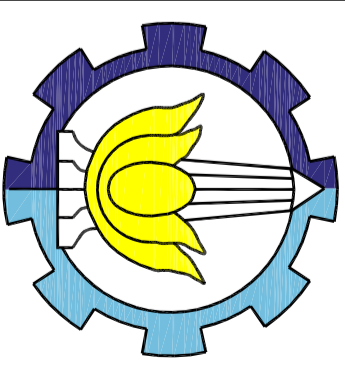
1:80



No. Gambar Halaman

5.14

7



**Program Sarjana**  
**Jurusan Teknik Lingkungan**  
**FTSP - ITS**  
**2016**

**TUGAS AKHIR**

Perencanaan *Sub-surface Constructed Wetland* dalam Pengolahan Greywater Menggunakan Tanaman *Canna indica* (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya)

**Nama Mahasiswa**

Athif Husnabillah  
 3312100064





**Dosen Pembimbing**

Bleby Vojjant Tangahu S.T., M.T., Ph.D

**Judul Gambar**

Potongan B-B, C-C, dan D-D *Constructed Wetland*

**Legenda**

-  = Muka Air
-  = Tanah
-  = Pas. Batu Bata
-  = gravel

**Skala Gambar**

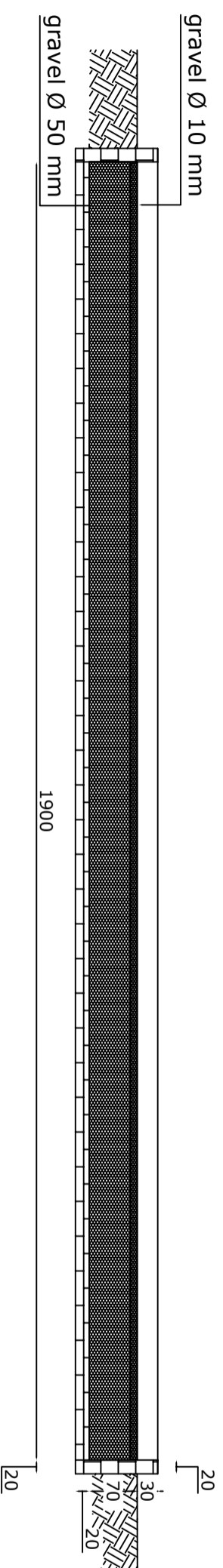
1:80



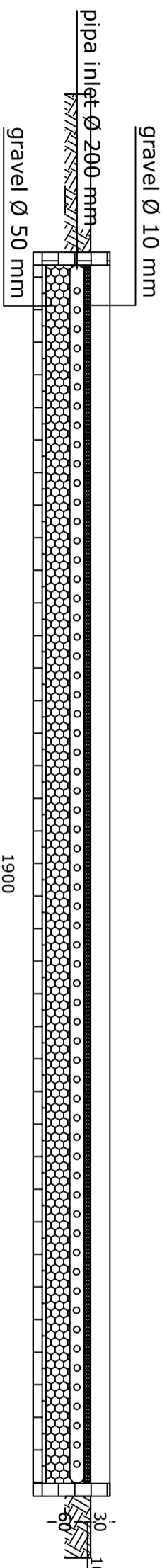
No. Gambar Halaman

5.13

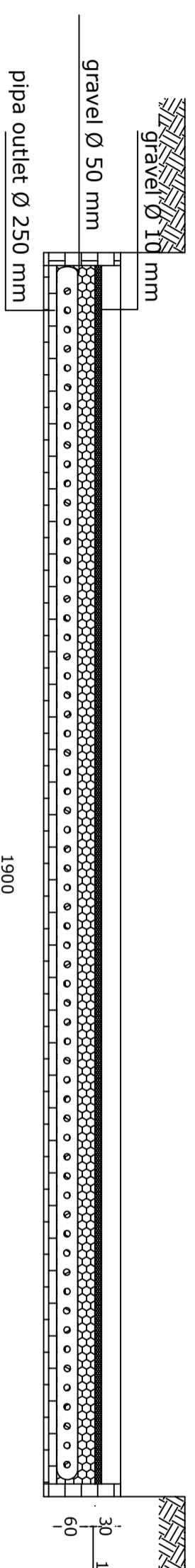
6



**POTONGAN B-B CONSTRUCTED WETLAND**  
**SKALA 1:80**

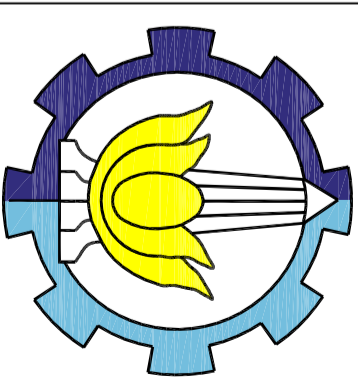


**POTONGAN C-C CONSTRUCTED WETLAND**  
**SKALA 1:80**



**POTONGAN D-D CONSTRUCTED WETLAND**  
**SKALA 1:80**





**Program Sarjana**  
**Jurusan Teknik Lingkungan**  
**FTSP - ITS**  
**2016**

**TUGAS AKHIR**

Perencanaan *Sub-surface Constructed Wetland* dalam Pengolahan Greywater Menggunakan Tanaman *Canna indica* (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya)

**Nama Mahasiswa**

Athif Husnabliah  
 3312100064

**Dosen Pembimbing**

Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D

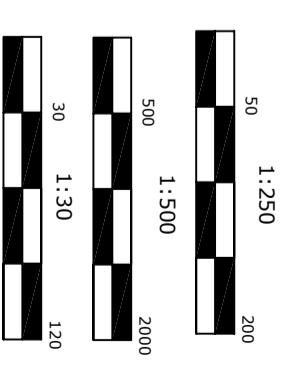
**Judul Gambar**

Potongan A-A *Constructed Wetland*

**Legenda**

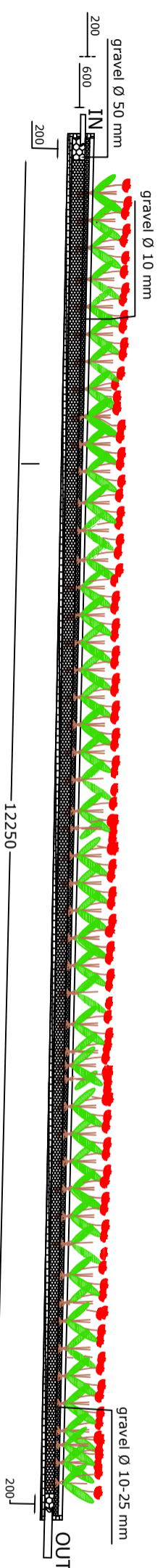
- = Muka Air
- = Tanah
- = Pas. Batu Bata
- = gravel
- = tumb. *Canna indica*

**Skala Gambar**



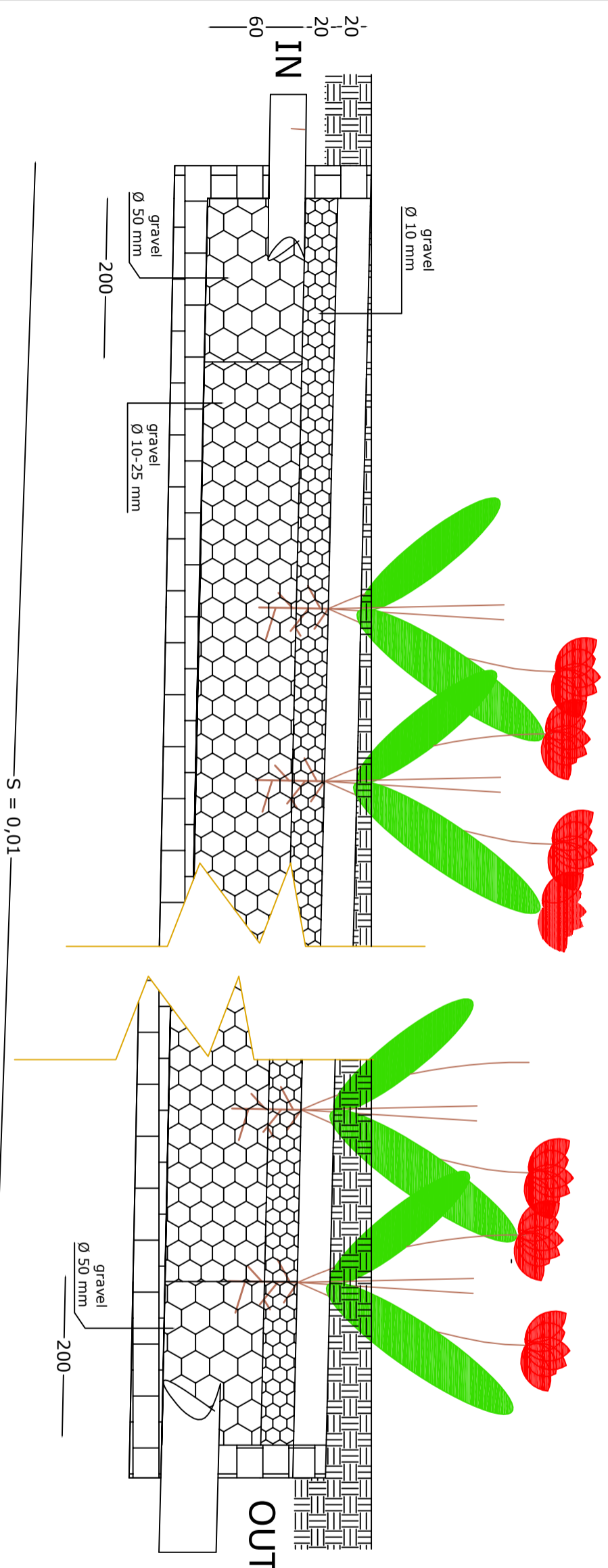
No. Gambar Halaman

5.12 5



S = 0,01

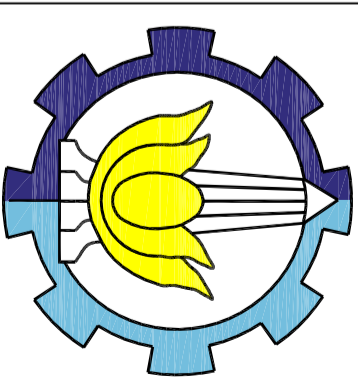
**POTONGAN A-A CONSTRUCTED WETLAND**  
**SKALA VERTIKAL 1:250**  
**SKALA HORIZONTAL 1: 500**



S = 0,01

**DETAIL POTONGAN A-A CONSTRUCTED WETLAND**  
**SKALA VERTIKAL 1:30**





**Program Sarjana**  
**Jurusan Teknik Lingkungan**  
**FTSP - ITS**  
**2016**

**TUGAS AKHIR**

Perencanaan *Sub-surface Constructed Wetland*  
dalam Pengolahan *Greywater* Menggunakan  
Tanaman *Canna indica* (Studi Kasus: Kelurahan  
Keputih Surabaya)

**Nama Mahasiswa**

Ahif Husnabliah  
3312100064

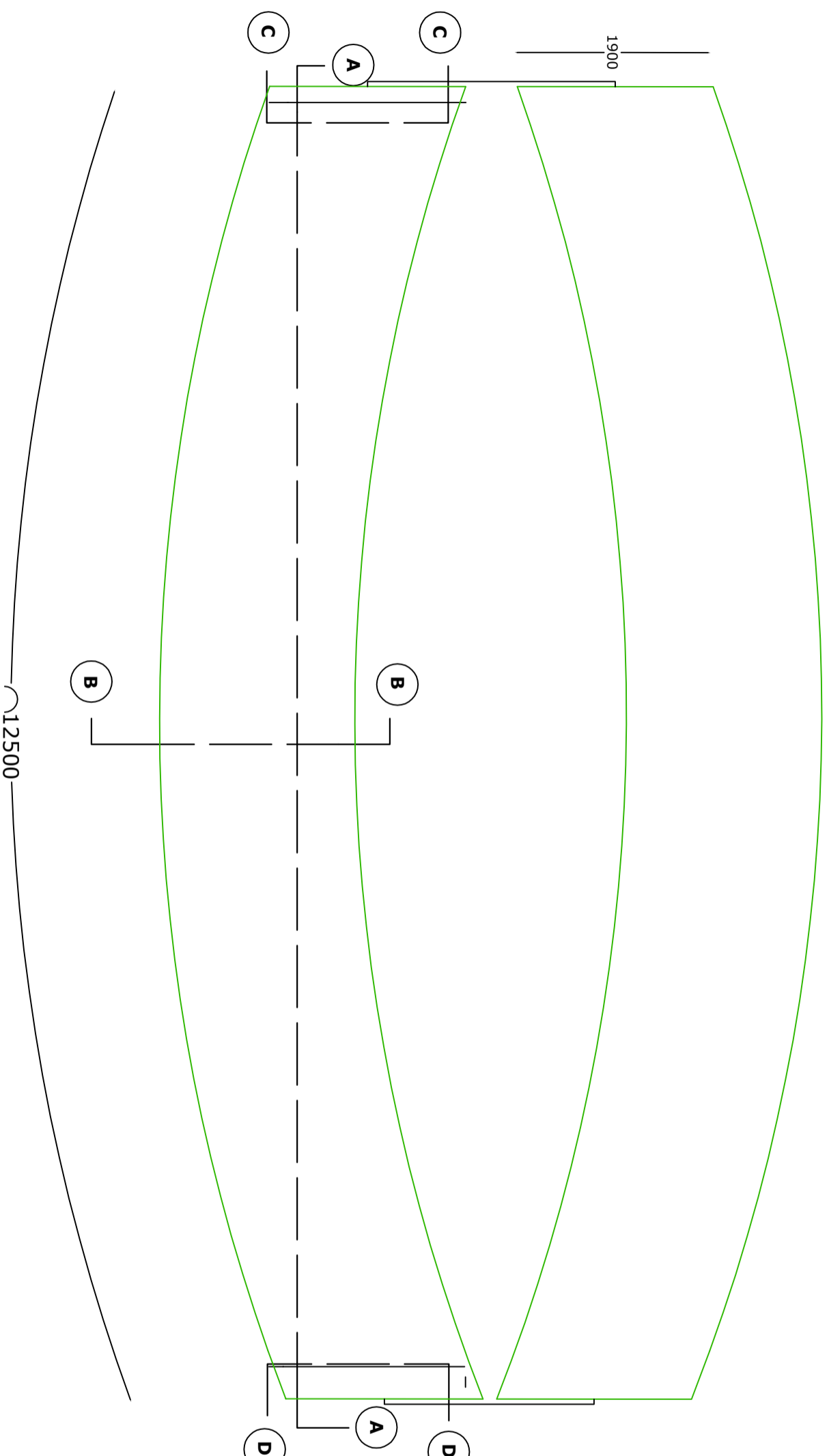
**Dosen Pembimbing**

Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D

**Judul Gambar**

Layout  
*Constructed Wetland*

**Legenda**



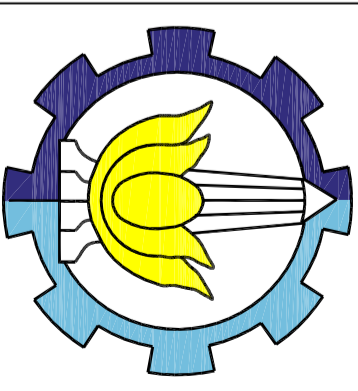
**Skala Gambar**

1 : 500



No. Gambar Halaman

5.11 4



**Program Sarjana**  
**Jurusan Teknik Lingkungan**  
**FTSP - ITS**  
**2016**

**TUGAS AKHIR**

*Perencanaan Sub-surface Constructed Wetland dalam Pengolahan Greywater Menggunakan Tanaman *Canna indica* (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya)*

**Nama Mahasiswa**

Athif Husnabillah  
 33121100064





**Dosen Pembimbing**

Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D

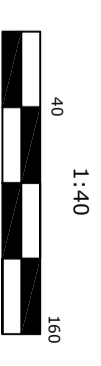
**Judul Gambar**

Bak Pengumpul

**Legenda**

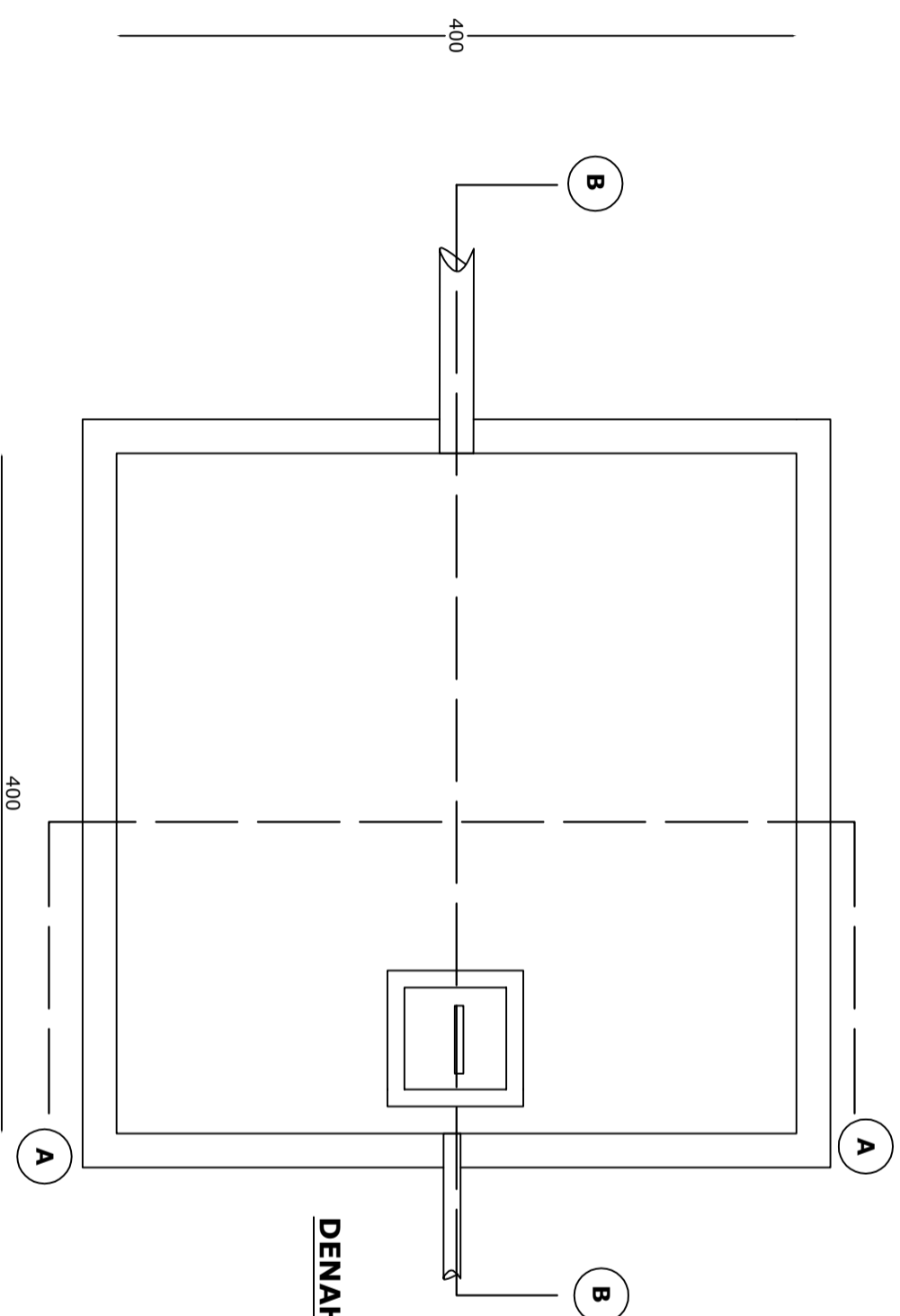
-  = Muka Air
-  = Pas. Batu Bata
-  = Tanah
-  = Pompa

**Skala Gambar**

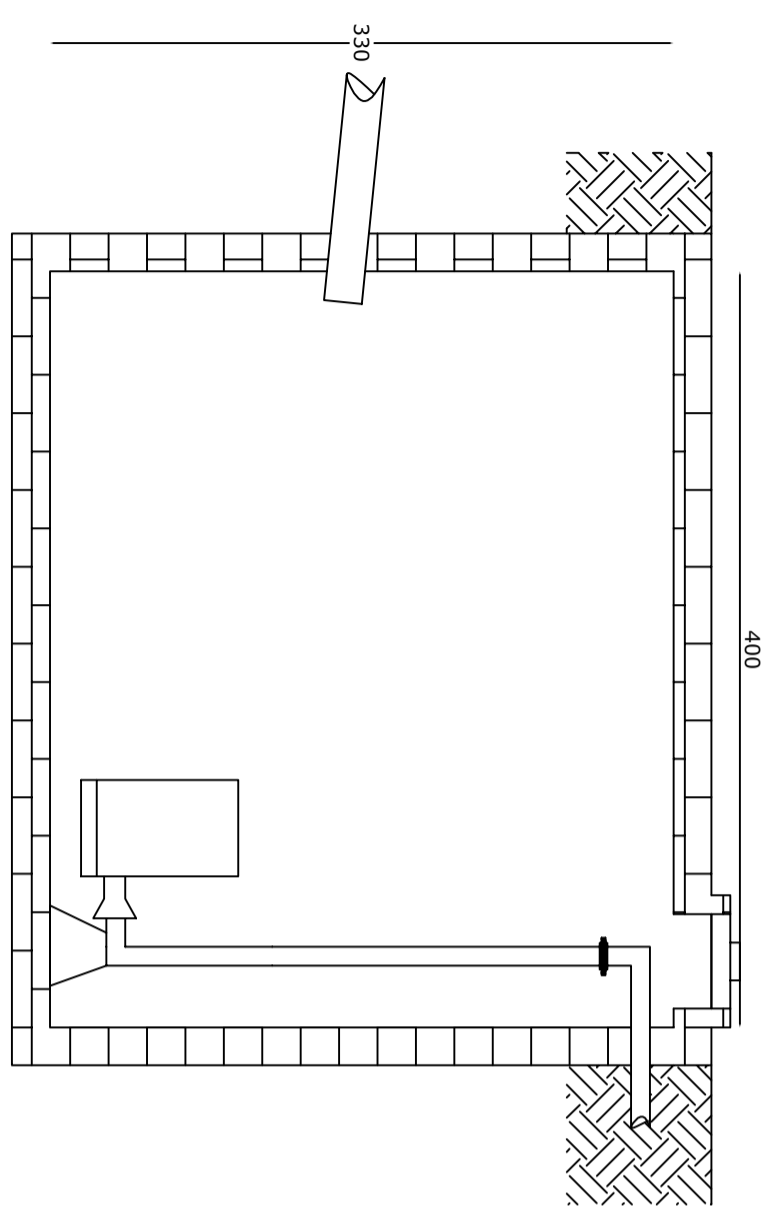


No. Gambar      Halaman

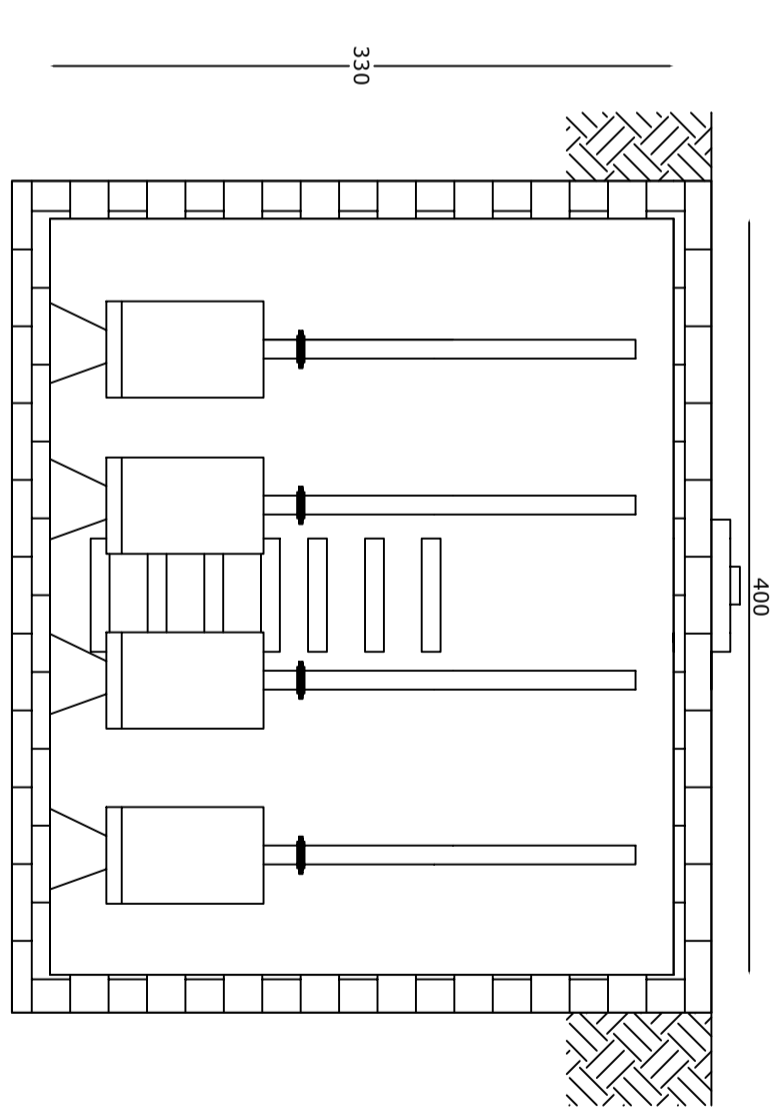
5.10                      3



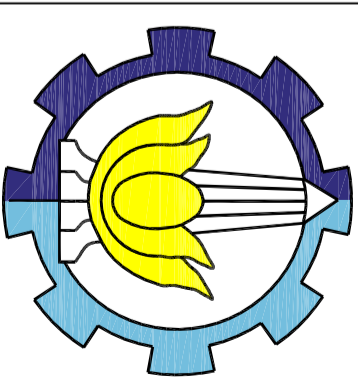
**DENAH BAK PENGUMPUL**



**POTONGAN A-A BAK PENGUMPUL**



**POTONGAN B-B BAK PENGUMPUL**



**Program Sarjana**  
**Jurusan Teknik Lingkungan**  
**FTSP - ITS**  
**2016**

**TUGAS AKHIR**

Perencanaan *Sub-surface Constructed Wetland* dalam Pengolahan *Greywater* Menggunakan Tanaman *Canna Indica* (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya)

**Nama Mahasiswa**

Athif Husnabillah  
 3312100064

**Dosen Pembimbing**

Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D

**Judul Gambar**

Layout Rencana Instalasi Pengolahan *Greywater* Kelurahan Keputih Surabaya

**Legenda**

- 1 = bak pengumpul
- 2 = *constructed wetland*
- 3 = bak indikator

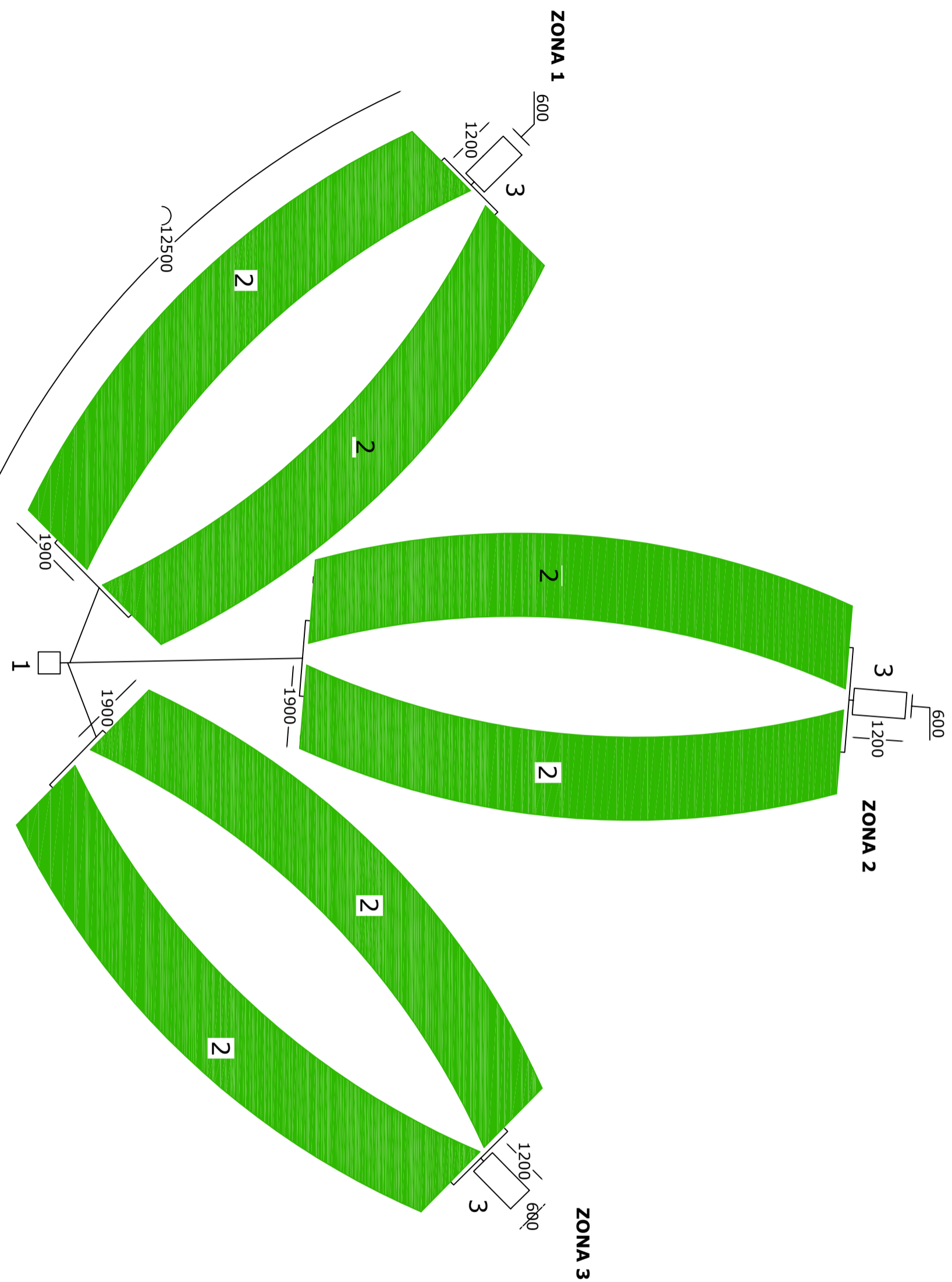
**Skala Gambar**

1 : 100



No. Gambar    Halaman

5.9                    2



## BIOGRAFI PENULIS



Athif Husnabilah lahir di Bekasi, 12 Juni 1994. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara dari Bapak Chrisna Panoedjoe dan Ibu Retno Yulianti. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari pendidikan dasar yang ditempuh dari tahun 2000-2006 di SD Bani Saleh 5 Bekasi. Penulis melanjutkan pendidikan di SMP 1 Bekasi pada tahun 2006-2007 kemudian dilanjutkan di SMPN 1 Malang pada tahun 2007-2009. Pendidikan selanjutnya yang ditempuh oleh penulis adalah pendidikan tingkat atas di SMAN 5 Malang pada tahun 2009-2012.

Kemudian penulis melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama perkuliahan penulis aktif dalam berbagai kegiatan baik sebagai panitia maupun organisasi kemahasiswaan. Penulis dalam keterlibatannya di dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS pernah menjabat sebagai kepala Departemen Hubungan Luar pada Tahun 2014/2015. Kemudian penulis pernah tergabung dalam Pengurus Besar Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI) pada tahun 2014/2015 sebagai Staff Departemen Dalam Negeri.

Dalam prakteknya di lapangan penulis pernah mengikuti kegiatan magang di Pertamina EP Asset 4 Cepu. Dalam kesempatan tersebut penulis membantu bagian *Health, Safety, Security, and Environment* (HSSE) selama kurun waktu 1,5 bulan. Terakhir penulis untuk memenuhi tugas sebagai mahasiswa S1 Teknik Lingkungan ITS dengan membuat tugas akhir. Tugas akhir yang dibuat berjudul "Perencanaan *Constructed Wetland* untuk Pengolahan *Greywater* Menggunakan Tumbuhan *Canna indica* (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya)" dibawah bimbingan Bieby Voijant Tangahu S.T., M.T., Ph.D. Segala informasi dan masukan dapat menghubungi penulis melalui email [athif120694@gmail.com](mailto:athif120694@gmail.com).