



TUGAS AKHIR – RE 141581

**PERENCANAAN *REED-BED* DALAM
PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
MENGUNAKAN TANAMAN *Canna indica*
(STUDI KASUS: RUSUNAWA PENJARINGAN
SARI 1 DAN 2)**

RINDA MEYLIA WIDYASARI
3312100081

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 REED-BED FOR DOMESTIC
WASTEWATER TREATMENT BY USING *Canna
indica* (CASE STUDY: RUSUNAWA
PENJARINGAN SARI I AND II)**

RINDA MEYLIA WIDYASARI
3312100081

Dosen Pembimbing
BIEBY VOIJANT TANGAHU, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN *REED-BED* DALAM PENGOLAHAN AIR
LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN TANAMAN *Canna*
indica (STUDI KASUS: RUSUNAWA PENJARINGAN SARI 1
DAN 2)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana

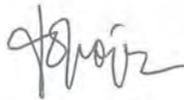
Pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RINDA MEYLIA WIDYASARI
NRP 3312100081

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D
NIP 197108181997032001



**PERENCANAAN *REED-BED* DALAM PENGOLAHAN AIR
LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN TANAMAN *Canna
indica* (STUDI KASUS: RUSUNAWA PENJARINGAN SARI 1
DAN 2)**

Nama Mahasiswa : Rinda Meylia Widyasari
NRP : 33 12 100 081
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Bieby Voijant Tangahu, ST., MT.,
Ph.D

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan rumah layak huni di Kota Surabaya semakin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Usaha dari pemerintah untuk menciptakan hunian yang layak yaitu dengan membangun rumah susun sederhana sewa bagi warganya. Salah satu rumah susun sederhana sewa yang terdapat di Surabaya adalah Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 yang terletak di Jalan Penjaringan Sari, Kecamatan Rungkut, Surabaya. Sebagai konsekuensi dari kegiatan yang terdapat di rumah susun maka dihasilkan limbah domestik yang berupa *black water* dan *grey water*.

Pada awal pembangunan Rusunawa Penjaringan Penjaringan Sari 1 dan 2 hanya dilengkapi dengan sarana pengolah limbah *black water* yaitu tangki septik dan sumur resapan sedangkan limbah *grey water* dialirkan secara langsung menuju drainase umum dan kolam. Kualitas air limbah domestik yang berasal dari efluen tangki septik dan *grey water* memiliki konsentrasi BOD 191 mg/L, COD 311 mg/L, dan TSS 127 mg/L. Sedangkan kuantitas air limbahnya sebesar 258 m³/hari. Berdasarkan Pergub Jatim No 72 Tahun 2013 Baku Mutu Air Limbah Domestik [Permukiman (*Real Estate*), Rumah Makan (Restoran), Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama], kadar polutan di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 masih melampaui baku mutu. Oleh sebab itu diperlukan suatu perencanaan unit pengolahan air limbah domestik dari efluen tangki septik dan *grey water* di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 sebelum memasuki saluran drainase umum.

Salah satu jenis pengolahan air limbah domestik yang saat ini sedang dikembangkan adalah dengan prinsip pengolahan

biologis menggunakan *reed-bed*. Pada perencanaan ini digunakan *reed-bed* tipe *sub-surface horizontal flow* dengan menggunakan *Canna indica* (Tanaman kana) dan media *gravelly sand*. Unit pengolahan air limbah domestik di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 akan dilengkapi dengan bak ekualisasi, *reed-bed*, dan bak penampung. Berdasarkan kualitas dan kuantitas air limbah di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 direncanakan dimensi dari 2 *reed-bed* masing-masing yaitu 9 m x 71 m, atau seluas 1278 m². Hasil perencanaan menunjukkan efisiensi BOD 86%, COD 89%, dan TSS 84% pada waktu detensi satu hari.

Kata kunci : Air limbah domestik, *Canna indica*, *reed-bed*, rusunawa

**DESIGN OF REED-BED FOR DOMESTIC WASTEWATER
TREATMENT BY USING *Canna indica* (CASE STUDY:
RUSUNAWA PENJARINGAN SARI 1 AND 2)**

Name : Rinda Meylia Widayarsi
NRP : 33 12 100 081
Department : Teknik Lingkungan
Lecturer : Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., Ph.D

ABSTRACT

The needs of proper livable house in Surabaya are increasing as the population increased. One of the efforts from the government to provide proper livable neighborhoods is to build flats. Rusunawa Penjaringan Sari 1 and 2 are one of the flats that have been built in Surabaya and they were taking place at Jalan Penjaringan Sari, Kecamatan Rungkut, Surabaya. As a consequence of the daily activities in residential area, domestic wastewater in form of black water and grey water were produced.

In the beginning of the construction, Penjaringan Sari 1 and 2 flats were only equipped with a black water processing facility, which consisted of a septic tank and catchment well. While grey water was discharged directly to common drainage and pit. Domestic wastewater quality from septic tank effluent and grey water were consist of BOD 191 mg/L, COD 311 mg/L, dan TSS 127 mg/L, while the quantity were 258 m³/day. According to Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 about Effluent Standard of Domestic Wastewater [Settlement (Real Estate), Restaurant, Office Complex, Commerce, Apartment, Hospitality, and Hostel], the pollutant concentration in Penjaringan Sari 1 and 2 flats has not meet the standard. Thus, it requires a processing plan of domestic wastewater from septic tank effluent and grey water at Penjaringan Sari 1 and 2 flats before flowed into common drainage channels.

Currently, one of the waste management that has been developed is using biological management principal using reed-bed. In this design planning, reed-bed with sub-surface horizontal flow type will be planted using *Canna indica* (*Canna Plant*) and used gravelly sand as media. The processing unit of domestic

wastewater will be equipped with equalization basin, reed-bed, dan final container. According to wastewater quality and quantity in Penjaringan Sari 1 and 2 flats, dimension of the two reed-bed are 9 m x 71 m or 1278 m². The design planning result shows that reed-bed efficiency for BOD 86%, COD 89%, and TSS 84% on one day time.

Keywords: Canna indica, domestic wastewater, flat residential area, reed-bed

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji Syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan *Reed-Bed* dalam Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Tanaman *Canna indica* (Studi Kasus: Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2)” yang merupakan syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana di Teknik Lingkungan ITS-Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dan rasa hormat atas segala bantuan yang telah diberikan kepada:

1. Bu Bieby Voijant Tangahu, S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan, bimbingan, dan arahan selama penyusunan proposal hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bu Harmin Sulistaning Titah, S.T., M.T., Ph.D, Bu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T.,Ph.D, dan Pak Ir. Hariwiko Indarjanto, M.Eng, selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan saran dan masukan.
3. Ibu, Ayah, dan Adik di rumah atas cinta dan dukungan moril yang diberikan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Hadi selaku laboran Lab. Pemulihan Air dan Bu lin selaku laboran Lab. Fitoteknologi dan Sanitasi Lingkungan atas bantuannya selama analisis laboratorium.
5. Bapak Pengurus UPT Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 serta Ketua RT 01 – RT 06, RW 07 Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.
6. Athif, Dandy, Grace dan Mery sebagai *partner* penulis dalam mengerjakan dan menyusun Laporan Tugas Akhir.
7. Teman-teman *Sampoerna Academy Intake 2012* Bramastyo Galih, Arizky Rachmad, Lucky Caesar, Ifitahul Fariha, Elok Dian, Thaniya Triagustine, dan

Cintya Seruni yang selalu memberikan semangat dan bantuan kepada penulis.

8. Teman-teman Lab. Fitoteknologi dan Sanitasi Lingkungan dan Lab. Pemulihan Air.
9. Teman-teman TL Enthung 2012 yang selalu membagi kebahagiaan dan semangat.
10. Seluruh pihak yang tidak mampu penulis sebut satu persatu yang telah membantu kelancaran Tugas Akhir ini. Terima kasih semoga Allah SWT membalas dengan balsa yang terbaik. Amin.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam Tugas Akhir ini. Namun, Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	XI
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Limbah Domestik.....	5
2.1.1 Definisi Air Limbah Domestik.....	5
2.1.2 Kuantitas Air Limbah Domestik.....	5
2.2 Sistem <i>Reed-bed</i>	8
2.2.1 Tipe dan Mekanisme Pengaliran.....	9
2.2.2 Proses dalam <i>Reed-bed</i>	11
2.3 Desain <i>Reed-bed</i> Jenis Pengaliran SSF.....	13
2.3.1 Prosedur Desain <i>Subsurface Flow</i>	13
2.3.2 Kriteria Desain <i>Subsurface Flow</i>	13
2.4 Tanaman <i>Canna indica</i>	17
2.5 Gambaran Umum Perencanaan <i>Reed-bed</i>	17
2.5.1 Bak Ekualisasi.....	18
2.5.2 Pompa.....	19
2.5.3 <i>Reed-bed</i>	22
2.5.4 Bak Penampung.....	22
2.6 Perhitungan Kehilangan Tekanan (<i>Headloss</i>).....	23
BAB III.....	25
GAMBARAN UMUM DAERAH PERENCANAAN.....	25
3.1 Gambaran Umum Rusunawa.....	25
3.2 Sistem Penyaluran dan IPAL.....	25
BAB IV.....	31
METODE PERENCANAAN.....	31
4.1 Umum.....	31
4.2 Tahap Perencanaan.....	31
4.2.1 Ide Tugas Akhir.....	34

4.2.2	Pengumpulan Data	34
4.2.3	Perencanaan Reaktor <i>Reed-bed</i>	37
BAB V	39
HASIL DAN PEMBAHASAN		39
5.1	Data Penghuni Rusun PS 1 dan 2	39
5.2	Kuantitas Air Limbah Domestik	39
5.3	Kualitas Air Limbah Domestik.....	41
5.4	Perhitungan <i>Reed-bed</i>	42
5.4.1	Bak Ekualisasi	42
5.4.2	<i>Reed-bed</i>	50
5.4.3	Bak Penampung	55
5.4.4	Perhitungan <i>Water Balance</i>	56
5.4.5	Perhitungan <i>Mass Balance</i>	57
5.4.6	Perpipaan.....	58
5.6	Profil Hidrolis	59
5.7	SOP dan Monitoring	59
5.7.1	SOP Teknis.....	60
5.7.2	Monitoring dan Evaluasi	64
5.8	BOQ dan RAB	67
5.8.1	BOQ (<i>Bill Of Quantity</i>)	67
5.8.2	RAB (Rancangan Anggaran Biaya).....	75
BAB VI	83
KESIMPULAN		83
DAFTAR PUSTAKA		83
LAMPIRAN		89
BIODATA PENULIS.....		100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Air Limbah di Indonesia	7
Tabel 2.2 Karakteristik Air Lmbah Domestik di Indonesia.....	7
Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik	8
Tabel 2.4 Jenis Polutan dan Mekanisme Penurunannya	12
Tabel 2.5 Perbandingan Kinerja <i>Reed-bed</i>	13
Tabel 2.6 Kriteria Desain <i>Reed-bed</i> SSF	13
Tabel 2.7 Efisiensi Penyisihan BOD,COD,TSS oleh Tanaman <i>Canna indica</i>	17
Tabel 2.8 Faktor Pemakaian Air Bersih.....	18
Tabel 4.1 Metode Analisis Parameter Uji	35
Tabel 5.1 Kebutuhan Air Bersih Rusunawa PS 1 dan 2	40
Tabel 5.2 Kualitas Air Limbah Domestik PS 1 dan 2	41
Tabel 5.3 Fluktuasi Air Limbah Domestik.....	43
Tabel 5.4 Permasalahan yang Mungkin Timbul dan Cara Penanganannya	63
Tabel 5.5 Parameter yang Digunakan dalam Pemantauam Kualitas Air Limbah.....	64
Tabel 5.6 BOQ Pompa, Perpipaan, dan Aksesoris.....	64
Tabel 5.7 Rencana Anggaran Biaya Perencanaan <i>Reed-bed</i>	75
Tabel 5.8 Analisis Harga Satuan.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipikal Tipe Pengaliran FWS.....	9
Gambar 2.2 Kedalaman Air untuk FWS <i>wetland</i>	10
Gambar 2.3 Tipikal Tipe Pengaliran SSF.....	11
Gambar 2.4 Tanaman <i>Canna indica</i>	17
Gambar 2.5 Bagian-bagian Pompa Submersibel	20
Gambar 2.6 <i>Gravelly Sand</i>	22
Gambar 3.1 Lokasi Rusunawa PS 1 dan 2	26
Gambar 3.2 Layout Rusunawa PS 1 dan 2	27
Gambar 3.3 Sltuasi Rusunawa PS 1 dan 2	27
Gambar 3.4 Layout Rusunawa PS 1	28
Gambar 3.5 Layout Rusunawa PS 2	28
Gambar 3.6 Elevasi di Rusunawa PS 2	29
Gambar 3.7 Penyaluran Air Limbah Rusunawa PS 2.....	29
Gambar 4.1 Diagram Alir Tahapan Perencanaan Desain	34
Gambar 4.2 Lokasi Pengambilan Sampeldari Efluen Tangki Septik dan <i>Grey water</i>	36
Gambar 5.1 Tempat Pengambilan Sampel Kualitas Air Limbah Rusunawa PS 1 dan 2	42
Gambar 5.2 Sketsa <i>Head Static</i> Pompa Utama.....	46
Gambar 5.3 Sketsa <i>Head Static</i> Pompa Pengumpan.....	48
Gambar 5.4 Pompa SEV.80.80.11.A.4.50D	50
Gambar 5.5 Galian Bak Pengumpul dan Penampung	67
Gambar 5.6 Galian <i>Reed-bed</i>	68
Gambar 5.7 Dinding Bak Pengumpul dan Penampung	71
Gambar 5.8 Dinding <i>Reed-bed</i>	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai kota metropolitan di Jawa Timur, Kota Surabaya telah mengalami pertumbuhan yang sangat pesat dalam berbagai bidang. Begitu pula dengan kenaikan kebutuhan rumah layak huni bagi seluruh masyarakat Kota Surabaya. Oleh karena itu pemerintah membangun rumah susun sederhana sewa sebagai alternatif hunian layak bagi masyarakat berpenghasilan rendah. Namun keberadaan rusunawa membawa beberapa masalah seperti kecenderungan menjadi kumuh dan kondisi sanitasi yang buruk (Hartatik *et al.*, 2010)

Salah satu rumah susun sederhana sewa yang terdapat di Surabaya adalah rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 yang terletak di Jalan Penjaringan Sari, Kecamatan Rungkut, Surabaya. Sebagai konsekuensi dari kegiatan yang terdapat di rumah susun maka dihasilkan limbah domestik yang berupa *black water* dan *grey water*. Air limbah domestik memiliki kandungan yang tinggi terhadap senyawa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Karakteristik air limbah di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 berdasarkan penelitian yang dilakukan Saifulloh (2015) memiliki kandungan BOD 201 mg/L, COD 339 mg/L, TSS 200 mg/L. Berdasarkan Pergub Jatim No 72 Tahun 2013 Baku Mutu Air Limbah Domestik [Permukiman (*Real Estate*), Rumah Makan (Restoran), Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama], kadar polutan di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 masih melampaui baku mutu.

Pada awal pembangunan Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 telah dilengkapi dengan sarana pengolahan limbah *black water* yaitu tangki septik. Sedangkan sarana pengelolaan limbah *grey water* hanya berupa pipa yang menuju drainase umum dan kolam. Sistem pengolahan limbah cair yang saat ini terdapat di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 yaitu dengan menggunakan tangki septik saja dan dinilai sudah tidak layak sebab memiliki efluen dengan konsentrasi rata-rata BOD 201 mg/L, COD 339 mg/L, TSS

200 mg/L (Saifulloh, 2015). Berdasarkan Permen PU No 5 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Susun Sederhana Bertingkat Tinggi diwajibkan adanya pengolahan terhadap air limbah domestik sebelum dibuang ke saluran drainase umum. Hal ini sejalan dengan UU No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang menekankan pada upaya pencegahan terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup. Oleh sebab itu diperlukan suatu perencanaan pengelolaan air limbah dari efluen tangki septik dan *grey water* di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 agar tidak terjadi pencemaran limbah domestik terhadap saluran drainase umum di sekitar rusunawa.

Salah satu jenis pengolahan air limbah domestik yang saat ini sedang dikembangkan adalah dengan prinsip pengolahan biologis menggunakan *reed-bed* (Hoffman, *et. al*, 2011). *Reed-bed* adalah salah satu alternatif pengolahan biologis yang ekonomis dan mudah dalam pengoperasiannya. Prinsip kerja sistem pengolahan limbah tersebut dengan memanfaatkan simbiosis antara tumbuhan air dengan mikroorganisme dalam media di sekitar sistem perakaran (*Rhizosphere*) tanaman tersebut (Arunbabu, *et. al*, 2015). Berdasarkan rata-rata kondisi iklim Indonesia yang potensial untuk mendukung pertumbuhan dan transpirasi tanaman sepanjang tahun, maka pengolahan air limbah menggunakan sistem tersebut diperkirakan dapat berjalan dengan optimal (Supradata, 2010). Pengolahan air limbah dengan menggunakan *reed-bed* ini dapat menyisihkan lebih dari 98% zat organik, 85% nitrogen, dan 61,4% fosfat (O'Lunaigh, *et al*, 2010).

Penggunaan *reed-bed* dalam pengelolaan air limbah yaitu dengan memanfaatkan media berupa kerikil dan pasir serta menambahkan tanaman pada bagian atas media. Influen akan dilewatkan melalui media dan mengalami proses sedimentasi, filtrasi, degradasi aerobik/anaerobik dan nitrifikasi/denitrifikasi (O'Hogain dan McCarton, 2011). Penekanan pengelolaan dengan menggunakan *reed-bed* adalah pada reduksi area dan kenaikan tingkat efisiensi pengolahan. Pada perencanaan ini akan direncanakan *reed-*

bed tipe *sub-surface horizontal flow* dengan menggunakan tanaman *Canna indica* (Tanaman kana). Penggunaan tanaman kana dapat meningkatkan tingkat penyisihan organik hingga 90% (Ariani, 2010). Pada perencanaan *reed-bed* ini diharapkan mampu memperbaiki kualitas air limbah yang akan menuju badan air sehingga memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan pada Pergub Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan di atas maka perumusan masalah pada tugas akhir ini yaitu perlunya perencanaan rancang bangun *reed-bed* menggunakan tanaman *Canna indica* sebagai alternatif unit pengolahan air limbah di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2. Selain itu diperlukan pula penyusunan SOP (*Standard Operational and Procedure*) teknis dalam penggunaan dan pemeliharaan *reed-beds* di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan dari perencanaan ini adalah :

1. Menciptakan rancang bangun *reed-bed* dengan menggunakan tanaman *Canna indica* untuk pengolahan air limbah di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.
2. Menyusun SOP (*Standard Operational and Procedure*) teknis pada penggunaan dan pemeliharaan *reed-bed* dan BOQ (*Bill Of Quantity*) serta RAB (Rencana Anggaran Biaya) di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.

1.4 Manfaat Perencanaan

1. Memberikan alternatif pengolahan air limbah domestik dari effluen tangki septik dan *grey water* yang sesuai dengan kondisi Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2I.
2. Memberikan gambaran penerapan *reed-bed* dengan menggunakan tanaman *Canna indica* sebagai pengolah air limbah domestik yang efektif dan efisien di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.

3. Menyusun SOP (*Standard Operational and Procedure*) teknis pada penggunaan dan pemeliharaan *reed-bed* di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.
4. Meningkatkan ruang terbuka hijau di lingkungan Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.

1.5 Ruang Lingkup

1. Limbah yang dibahas dalam perencanaan ini adalah air limbah domestik di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 yang berasal dari efluen tangki septik dan *grey water*.
2. Parameter yang akan diuji adalah kandungan BOD, COD, TSS, pH, dan suhu
3. Baku mutu yang akan diacu adalah Pergub Jatim No 72 Tahun 2013.
4. Tipe pengaliran yang digunakan adalah *subsurface horizontal flow*.
5. Tanaman yang digunakan adalah *Canna indica* atau tanaman kana.
6. Aspek yang ditinjau adalah aspek rancang bangun dan *Standard Operational and Procedure* (SOP) teknis.
7. Perhitungan BOQ (*Bill of Quantity*) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) sesuai dengan HSPK (Harga Satuan Pokok Kegiatan) Kota Surabaya Tahun 2015.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

2.1.1 Definisi Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah kombinasi dari cairan dan kotoran yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri bersama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan (Metcalf dan Eddy, 2014). Sejalan dengan pengertian tersebut menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 mendefinisikan air limbah sebagai sisa dari usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair dan dibuang ke lingkungan serta dapat menurunkan kualitas lingkungan penerimanya. Maka secara umum air limbah domestik dapat didefinisikan sebagai kotoran dan sisa dari suatu kegiatan rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang berwujud cair dan biasanya mengandung bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.

Limbah domestik terbagi menjadi dua jenis yaitu *grey water* dan *black water*. *Grey water* adalah air buangan yang berasal dari kegiatan kamar mandi dan mencuci selain jamban. Sedangkan *black water* adalah air buangan dari jamban yang bercampur dengan limbah tinja (Crites dan Tchobanoglous, 2003)

2.1.2 Kuantitas Air Limbah Domestik

Besarnya debit air limbah tergantung pada jenis kegiatan yang menghasilkan limbah, besarnya pemakaian air bersih, cara penyaluran air limbah, dan curah hujan serta keadaan air tanah. Adanya variasi tersebut akan mempengaruhi besarnya fluktuasi harian. Menurut Hindarko (2003), fluktuasi air limbah dipengaruhi oleh fluktuasi pemakaian air bersih. Pada saat pemakaian air bersih meningkat maka besarnya debit air limbah akan meningkat pula. Secara umum akan membentuk pola jika debit puncak

terjadi dua kali yaitu saat pagi dan sore hari yaitu pada pukul 07.00-10.00 dan 16.00-20.00 (Sasongko, 2006).

A. Debit Air Limbah Domestik

Debit air limbah dapat dihitung berdasarkan besarnya debit penggunaan air bersih untuk kegiatan domestik seperti mandi, cuci, dan jamban. Sekitar 70% hingga 85% dari penggunaan air bersih akan menjadi air limbah. Kehilangan air sebesar 15% hingga 30% terjadi karena adanya penyiraman tanaman, infiltrasi air ke dalam tanah, evaporasi, dsb. Berdasarkan Kepmen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2001), rata-rata debit air limbah domestik yang dihasilkan pada skala rumah tangga di Indonesia dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_d = (70\%-85\%) \times q_d \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

Q_d = debit air limbah domestik (L/det)

q_d = kebutuhan air bersih domestik (L/orang/hari)

B. Fluktuasi Air Limbah

Fluktuasi air limbah tergantung pada fluktuasi pemakaian air bersih. Pada saat terjadi pemakaian puncak air bersih maka besarnya debit air limbah pun akan meningkat pula. Fluktuasi air limbah dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

Debit air limbah rata-rata (Q_r)

$$Q_r = Q_d \dots\dots\dots(2.2)$$

Debit air limbah puncak (Q_{peak})

$$Q_{peak} = f_{peak} \times Q_r \dots\dots\dots(2.3)$$

Debit air limbah minimum (Q_{min})

$$Q_{min} = 1/5 \times (P/1000)^{1,2} \times Q_r \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

Q_r = debit air limbah rata-rata (L/det)

Q_{bd}	= debit air limbah domestik (L/det)
Q_{peak}	= debit air limbah puncak (L/det)
f_{peak}	= faktor puncak
Q_{min}	= debit air limbah minimum (L/det)
P	= penduduk

2.1.3 Kualitas Air Limbah Domestik

Limbah domestik memiliki kandungan yang tinggi pada bahan organik BOD dan COD yang berasal dari aktivitas harian penduduk seperti mandi, buang air besar/kecil, dan mencuci. Pada Tabel 2.1 berikut adalah klasifikasi air limbah yang terdapat di Indonesia, dan Tabel 2.2 adalah karakteristik air limbah domestik di Indonesia :

Tabel 2.1 Klasifikasi Air Limbah di Indonesia

Parameter	Konsentrasi (mg/L)		
	Lemah	Sedang	Tinggi
Total Solid	350	750	1200
Total Dissolve Solid	250	500	850
Total Suspended Solid	100	220	400
BOD	40	220	400
COD	250	500	1000
Total P	4	8	15
Total N	20	40	85

Sumber: Ariani, 2010

Tabel 2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik di Indonesia

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	
	Kisaran	Rata-rata
Total Dissolve Solid	250-850	500
Total Suspended Solid	100-350	220
BOD	110-400	220
COD	250-1000	500
TOC	80-290	160
Minyak dan Lemak	50-150	100
Total P	4-15	8

Parameter	Konsentrasi (mg/L)	
	Kisaran	Rata-rata
Total N	20-85	40

Sumber: Halim, 2012

Pemerintah telah menetapkan batasan kandungan organik yang diperbolehkan untuk masuk ke dalam lingkungan dalam bentuk baku mutu. Pada Pergub Jatim No 72 Tahun 2013, baku mutu adalah kondisi kualitas air limbah yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan. Baku mutu untuk air limbah domestik yang dipersyaratkan dapat dilihat pada tabel 2.3:

Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik [Permukiman (*Real Estate*), Rumah Makan (Restoran), Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama]

Baku Mutu Air Limbah Domestik	
Volume limbah cair maksimum 120 l/orang.hari	
BOD	30
COD	50
TSS	50
Lemak dan minyak	10
pH	6-9

Sumber: Pergub Jatim No 72 Tahun 2013

2.2 Sistem *Reed-bed*

Sistem *reed-bed* merupakan salah satu jenis lahan basah yang dikonstruksi (*constructed wetland*) untuk mengadopsi proses filtrasi air limbah dan pemulihan kualitas air melalui *self purification*. Sistem *reed-bed* adalah suatu sistem lahan basah buatan yang telah didesain dan direkayasa agar proses alamiah dalam menyisihkan polutan dapat terjadi sesuai kondisi yang terjadi pada lahan basah. Terdapat hubungan yang kompleks antara komponen fisik, kimia, dan biologis yang terlibat dalam *reed bed* yang meliputi media, tanaman, mikroba pada akar tanaman (Arunbabu *et.al*, 2015).

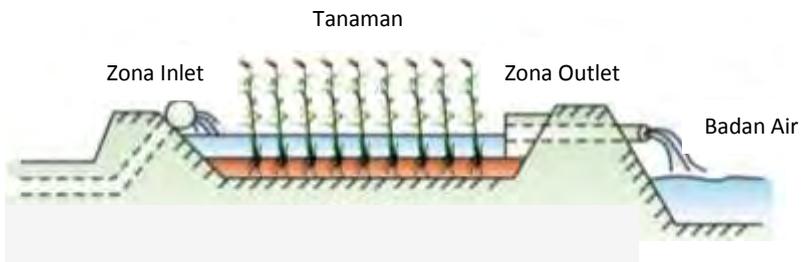
Pengolahan air limbah dengan menggunakan *reed-bed* perlu memperhatikan hal-hal penting seperti ketersediaan area yang cukup untuk mendukung kehidupan tanaman air, media yang digunakan untuk ditumbuhi tanaman selalu tergenang, dan media yang jenuh air (Supradata, 2010). Selain sebagai unit pengolahan limbah sistem *reed-bed* memiliki tujuan lain seperti penyediaan keberagaman habitat bagi makhluk hidup, penahan dan penyimpan air, tempat *recharge* dan *discharge* air tanah, serta memodifikasi aliran air (Dallas *et al*, 2005).

2.2.1 Tipe dan Mekanisme Pengaliran

Berdasarkan prinsip pengalirannya sistem lahan basah dibagi menjadi dua jenis yaitu sistem aliran permukaan (*free water surface*) dan sistem aliran bawah permukaan (*sub-surface flow*).

a. *Free Water Surface (FWS)*

FWS memiliki kedalaman air yang dangkal dan dilewatkan melalui permukaan media tanam yang berupa tanah. FWS *wetland* menggunakan tipe tanaman air mengambang dan tanaman makrophyta dalam air (*submerged plant*). Tipe wetland ini seringkali digunakan untuk mengolah air limbah pertanian dan air limpasan hujan (Noor, 2007).



Gambar 2.1 Tipikal Tipe Pengaliran FWS

Sumber: Sim, 2003

Perhitungan FWS *wetland* berdasarkan *removal* BOD menurut WERF, (2006):

1. Perhitungan BOD *loading*

$$BOD_L = P \times BOD_I$$

Keterangan:

BOD_L = BOD *loading* (kg/hari)

P = Jumlah penduduk

BOD_I = BOD *loading* per orang.hari (g/orang.hari)

2. Perhitungan luas area

$$A = \frac{1}{OLR} \times BOD_L$$

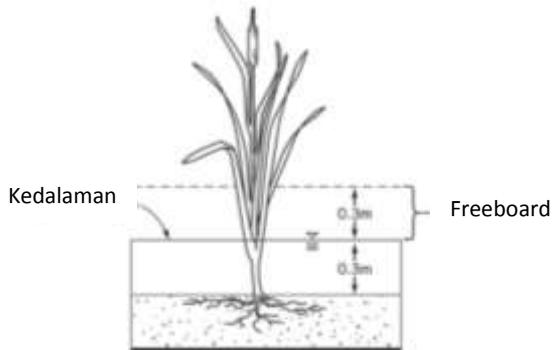
Keterangan:

OLR = *Organic loading rate* (kg/m².hari)

BOD_L = BOD *loading* (kg/hari)

3. Penentuan kedalaman

Kedalaman air maksimal untuk FWS *wetland* tidak boleh melebihi 0,6 m agar dapat menopang pertumbuhan *emergent plant*.



Gambar 2.2 Kedalaman Air untuk FWS *Wetland*

Sumber: WERF, 2006

4. Perhitungan HRT

$$HRT = A \times h \times f_v \times \frac{1}{Q}$$

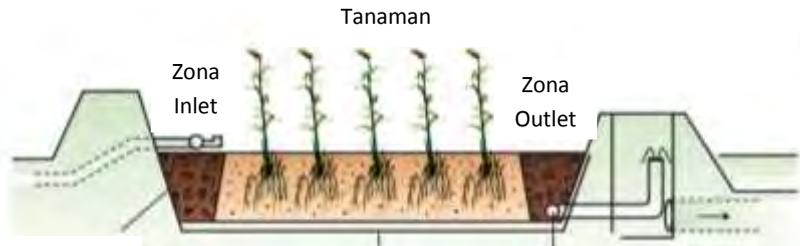
Keterangan:

HRT = *Hydraulic Retention Time* (hari)

- A = Luas (m^2)
- h = Kedalaman air (m)
- f_v = Void factor (0,85)
- Q = Debit ($m^3/hari$)

b. Sub-Surface Flow (SSF)

SSF memiliki desain yang melewatkan air limbah menuju akar tanaman baik secara vertikal maupun horizontal. Berbeda dengan FWS *wetland*, media yang digunakan pada sistem SSF adalah media berpori seperti batu dan kerikil. Adanya media yang berpori ini akan menunjang zona perakaran tanaman (*Reed-bed*). Tipe tanaman yang sering digunakan pada SSF adalah tipe tanaman makrophyta yang akarnya tenggelam atau sering juga disebut *amphibious plant*. Sistem SSF memiliki kelebihan seperti mengurangi bau dan adanya perkembang biakan serangga (Noor, 2007).



Gambar 2.3 Tipikal Tipe Pengaliran SSF

Sumber: Sim, 2003

2.2.2 Proses dalam *Reed-bed*

Pada sistem *reed-bed* terjadi proses pengolahan kandungan bahan pencemar secara fisik, kimia, dan biologis. Proses tersebut terjadi akibat adanya simbiosis antara tanaman, media, dan mikroorganisme dalam air limbah sehingga proses penyisihan polutan dapat terjadi. Mekanisme penurunan polutan disajikan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Jenis Polutan dan Mekanisme Penurunannya

Polutan	Proses Penurunan
Material organik Kontaminan organik (pestisida)	proses biologis dan sedimentasi adsorpsi, volatilisasi, fotolisis, degradasi biotik/abiotik,
<i>Suspended solid</i>	Sedimentasi

Sumber: Suswati *et al.*, 2013

Sistem SSF merupakan pengolahan air limbah yang dialirkan melalui tanaman yang ditanam di media berpori. Pada sistem ini air limbah akan mengalami proses filtrasi, sedimentasi, dan absorpsi oleh mikroorganisme yang bersimbiosis dengan akar tanaman. Adanya kompleksitas yang tinggi pada sistem ini menyebabkan potensi *removal* polutan dapat terjadi. Adanya proses secara fisik dapat mengurangi konsentrasi BOD, COD, dan TSS, sedangkan kombinasi dari proses fisik, kimia, dan biologis akan meningkatkan persentase *removal* BOD dan COD yang terlarut (Noor, 2007).

Sistem *reed-bed* telah terbukti dapat menyisihkan polutan seperti BOD, TSS, N dan P, logam berat, polutan organik lainnya, dan pathogen. Prinsip penyisihan polutan yang terjadi pada *reed-bed* adalah pengolahan biologis dan *uptake* oleh tanaman serta proses fisik-kimia. Kinerja dari sistem *reed-bed* bisa dilihat dari kemampuannya dalam menurunkan kadar polutan atau parameter pencemar. Beberapa penelitian menunjukkan persentase penurunan polutan misal BOD mencapai 60% - 99.7% (Raude *et al.*, 2009). Namun terdapat pula keterbatasan pada sistem ini seperti kecepatan proses yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, *hydraulic overload* sehingga menyebabkan waktu retensi yang terlalu pendek, keterbatasan lingkungan, dan keterbatasan lahan sehingga mempengaruhi waktu tinggal.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dhokikah (2006) terdapat perbandingan kinerja *reed-bed* pada bentuk reaktor

yang berbeda dengan menggunakan tanaman kana, berikut pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Perbandingan Kinerja *Reed-Bed* Pada Bentuk Reaktor Yang Berbeda

Parameter	Reaktor Persegi	Reaktor Persegi Panjang
TS	56%	24%
BOD	61%	72%
LAS	42%	65%

Sumber: Dhokikah, 2006

2.3 Desain *Reed-bed* Jenis Pengaliran *Subsurface Flow*

2.3.1 Prosedur Desain *Subsurface Flow*

Faktor penting yang harus diperhatikan dalam prosedur desain *subsurface flow constructed wetland* yaitu penentuan area. Besarnya area yang dibutuhkan dalam perencanaan ini membutuhkan data primer dan sekunder meliputi ;

- Rencana kecepatan aliran
- Jenis air limbah yang akan diolah
- Konsentrasi pecemar dalam air limbah
- Konsentrasi air limbah dalam air hasil olahan yang diinginkan

2.3.2 Kriteria Desain *Subsurface Flow*

Pada perencanaan *reed-bed* tipe *subsurface flow* diperlukan data kriteria desain dan kualitas efluen, yang tertera pada Tabel 2.6:

Tabel 2.6 Kriteria Desain *Reed-Bed Subsurface Flow*

Parameter	Satuan	Nilai
<i>BOD loading rate</i>	gr/m ² .hari	< 7,5
<i>TSS entry loading rate</i>	gr/m ² .hari	40,3
Waktu detensi	Hari	2-7

Parameter	Satuan	Nilai
Kedalaman air	m	0,1-1
<i>Length / Width</i>	-	10:1
<i>Hydraulic Loading Rate</i>	mm/hari	2-30
Kedalaman media	m	0,45-0,75
Kualitas efluen yang diharapkan		
BOD ₅	mg/L	<20
COD	mg/L	<20

Sumber: Crites dan Tchobanoglous, 2003

Sedangkan perhitungan untuk keperluan desain *subsurface flow* adalah sebagai berikut:

1. Waktu detensi

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-Kt} \cdot e^{-td} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Kt = K_{20} (1,1)^{t-20} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$td = \frac{-\ln(\frac{C_e}{C_o})}{Kt} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Ac = d \cdot W = \frac{Q}{Ks \cdot S} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$L = \frac{td \cdot Q}{W \cdot d \cdot \alpha} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$As = L \cdot W \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

Q = debit rata-rata (m³/hari)

As = luas permukaan (m²)

T = temperature/suhu (°C)

Ks = konduktivitas hidrolik (m/hari)

α = porositas media (desimal)

K_{20} = koefisien standar pada suhu 20°C (per hari)

C_o = BOD influen (mg/L)

C_e = BOD efluen (mg/L)

S = *slope* media

T_d = waktu detensi (hari)

D = kedalaman (m)

W = lebar (m)

L = panjang media (m)

2. Loading Rate

$$L_w = \frac{Q}{L \cdot W} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$BOD_{LR} = \frac{Q \cdot C}{A} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana:

L_w = *hydraulic loading rate* ($m^3/m^2 \cdot \text{hari}$)

BOD_{LR} = *BOD loading rate* ($kg/m^2 \cdot \text{hari}$)

C = konsentrasi BOD (mg/L)

2.4 Tanaman *Canna Indica*

Tanaman air yang hidup pada perairan *wetland* memiliki peranan untuk menyumbang produktivitas, menyediakan media substrat untuk memungkinkan simbiosis antara mikroorganisme dan akar tanaman, serta membantu siklus nutrisi yang terakumulasi dalam sedimen (Thullen *et.al*, 2005) Tanaman yang sering digunakan dalam sistem *reed-bed* adalah tanaman *phragmites* (*reed*) namun

penggunaan tanaman yang umum digunakan dalam *wetland* dapat pula digunakan dalam sistem ini. Tanaman yang cocok digunakan dalam sistem *reed-bed* adalah jenis tanaman air atau tanaman yang tahan hidup di air tergenang (*submerged plants* atau *amphibious plants*). Dari jenis tanaman *amphibious* dipilih tanaman yang memiliki nilai estetika yang baik yaitu *Canna indica*. Dari segi estetika tanaman kana merupakan tanaman ornamental yang baik sebab memiliki periode generatif yang cukup lama. Selain itu tanaman kana memiliki kelebihan lain yaitu memiliki potensial aerasi yang sangat tinggi untuk menyediakan oksigen terlarut yang berada pada akarnya dan memiliki efisiensi *removal* BOD yang cukup tinggi (Zhang *et al*, 2007). Untuk keperluan OM (*Operation and Maintenance*), tanaman kana juga mudah ditumbuhkan dan dikembangbiakan sehingga selama masa operasi tanaman tidak perlu dilakukan penggantian namun hanya cukup dipangkas agar tidak mengganggu pertumbuhan tunas yang baru (Zhang, *et al*, 2008).

Tumbuhan kana memiliki tingkat adaptasi yang tinggi terhadap lingkungannya. Tanaman ini mampu hidup di daerah yang memiliki suhu antara 18°C – 32°C, memiliki toleransi yang tinggi terhadap curah hujan tinggi. Pada fase pertumbuhan awal kana yaitu fase vegetatif yang ditandai dengan munculnya tunas dari rimpang. Setelah berumur 3-5 minggu akan tumbuh beberapa helai daun dan setelah 8-10 minggu akan mencapai ukuran dewasanya. Pada umur 12-14 tanaman akan memasuki fase kedua yaitu fase generatif yang ditandai dengan munculnya bunga. Adapun klasifikasi tanaman *Canna Indica* adalah:

Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Zingiberales
Family	: Cannaceae
Genus	: <i>Canna</i>
Species	: <i>Canna indica</i>



Gambar 2.4 Tanaman *Canna indica*

Sumber: Sim, 2003

Efisiensi penyisihan COD, BOD, dan TSS oleh tanaman kana pada reaktor *continue process* untuk pengolahan air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 2.7:

Tabel 2.7 Efisiensi Penyisihan COD, BOD, dan TSS oleh Tanaman *Canna indica*

Parameter	Media	Debit (l/detik)	Efisiensi <i>removal</i> tertinggi %	Literatur
COD	Pasir	10	91,42	Kusuma, 2005
	Kerikil	10	87,81	
BOD	Pasir	10	87,8	Herumurti, 2005
	Kerikil	10	81,09	
TSS	Pasir	10	90	
	Kerikil	10	76,47	

2.5 Gambaran Umum Perencanaan *Reed-bed*

Pada perencanaan pengolahan air limbah domestik di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 ini ditujukan untuk mengolah limbah *grey water* dan efluen tangki septik. Sebelum memasuki

unit *reed-bed*, air limbah akan memasuki bak ekualisasi lalu dipompakan menuju unit *reed-bed*. Pompa yang akan digunakan adalah jenis pompa *submersible*. Selanjutnya air hasil olahan dari *reed-bed* akan ditampung pada bak penampung sebelum dibuang ke badan air dengan harapan air hasil olahan dapat digunakan untuk menyiram tanaman di lingkungan Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.

2.5.1 Bak Ekualisasi

Pada proses pengolahan air limbah di rusunawa, kuantitas air limbah maupun konsentrasi polutan organik sangat berfluktuasi. Hal ini dapat menyebabkan proses pengolahan air limbah tidak dapat berjalan secara *continuous* dan sempurna. Oleh sebab itu maka direncanakan bak ekualisasi untuk mengatur debit air limbah yang akan diolah serta menyeragamkan konsentrasi zat pencemarnya agar homogen. Sehingga proses pengolahan air limbah dapat berjalan dengan stabil.

- A. Perhitungan Bak Ekualisasi
 1. Menentukan faktor pemakaian air bersih di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 sesuai tabel 2.8.
 2. Mencari fluktuasi air limbah yang diperoleh dari 80% pemakaian air bersih.
 3. Melakukan penentuan volume bak ekualisasi dengan memasukkan data perhitungan debit dalam grafik. Lalu diambil selisih terbesar yang selanjutnya akan menjadi volume bak ekualisasi dalam perencanaan ini.

Tabel 2.8 Faktor Pemakaian Air Bersih

Periode Jam	Faktor Pemakaian Air Bersih
00.00-01.00	0,3
01.00-02.00	0,1
02.00-03.00	0,1
03.00-04.00	0,3
04.00-05.00	0,5

Periode Jam	Faktor Pemakaian Air Bersih
05.00-06.00	1,4
06.00-07.00	1,6
07.00-08.00	1,8
08.00-09.00	1,0
09.00-10.00	0,8
10.00-11.00	0,8
11.00-12.00	1,1
12.00-13.00	1,1
13.00-14.00	1,0
14.00-15.00	0,8
15.00-16.00	1,2
16.00-17.00	1,6
17.00-18.00	1,8
18.00-19.00	1,8
19.00-20.00	1,5
20.00-21.00	1,2
21.00-22.00	1,0
22.00-23.00	0,8
23.00-00.00	0,5

2.5.2 Pompa

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan suatu fluida dari satu tempat ke tempat yang lainnya dengan cara menaikkan tekanan fluida tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek.

A. Klasifikasi Pompa

Secara umum pompa dibagi menjadi 2 tipe yaitu Pompa Kerja Positif (*Positive Displacement Pump*) dan Pompa Kinetik (*Kinetic Pump*). Pompa kinetik adalah pompa yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis). Pada perencanaan ini akan digunakan pompa jenis *Submersible Pump*. Pompa *submersible* merupakan salah satu jenis pompa sentrifugal dengan tipe impeler *overhung*.

Pompa sentrifugal terdiri dari selubung (*pump casing*) dengan sebuah impeler yang terpasang shaft di dalamnya. Pada shaft ini diberikan tenaga sehingga impeler berotasi.

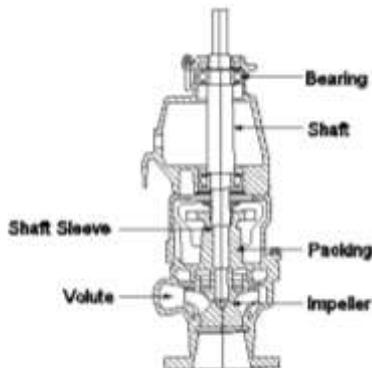
Kelebihan pompa sentrifugal:

- Kemampuan dan ketahanan tinggi
- Biaya initial dan pemeliharaan rendah, konstruksi, dan operasi sederhana.
- Ringkas, ringan, dan keperluan tempat kecil
- Cocok dengan tenaga uap atau listrik
- Dapat menangani air berpasir atau lumpur

Kelemahan pompa sentrifugal :

- Tidak cocok untuk tekanan tinggi dan kuantitas rendah
- Perlu dilakukan priming

Secara spesifik pompa *submersible* dijalankan dengan motor jenis celup dan didesain untuk instalasi pada tempat basah. Motor pompa *submersible* akan berjalan baik pada kondisi tercelup. Pada penggunaan yang kontinyu hanya dapat beroperasi pada waktu yang singkat dengan kondisi terpapar langsung dengan udara. Pompa ini dapat dipasang dengan pipa *discharge* permanen dan dilengkapi adanya tripod untuk menyokong tegaknya pompa. Gambar 2.5 berikut adalah komponen pada pompa *submersible*.



Gambar 2.5 Bagian-bagian Pompa Submersibel
Sumber: Jones, 2008

Keterangan:

- *Volute/casing*: didesain dengan bentuk corong yang berfungsi untuk mengkonversi energi kinetik menjadi tekanan dengan cara menurunkan kecepatan dan menaikkan tekanan. Hal ini juga membantu menyeimbangkan tekanan hidrolis pada *shaft* pompa.
- *Impeller*: adalah bagian yang berputar pada pompa yang berfungsi untuk mentransfer energi dari utaran motor menuju fluida yang dipompa dengan cara mengakselerasinya dari tengah *impeller* ke luar sisi *impeller*.
- *Shaft* (poros): adalah bagian yang mentransmisikan putaran dari sumber gerak ke pompa.
- *Bearing*: adalah bagian yang berfungsi untuk menahan (*constrain*) posisi rotor relatif terhadap stator sesuai dengan jenis bearing yang digunakan.
- *Packing*: sistem *packing* pada pompa berfungsi untuk mengontrol kebocoran fluida yang mungkin terjadi pada sisi perbatasan antara poros dan stator.

B. Dasar-dasar Pemilihan Pompa

Dasar pemilihan pompa adalah pada sistem ekonomisnya yaitu dengan mempertimbangkan keuntungan dan kerugian jika pompa tersebut digunakan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jenis pompa adalah fungsi terhadap instalasi perpipaan, kapasitas, head, temperatur kerja, dan motor penggerak. Kondisi yang diinginkan dalam perencanaan ini adalah:

- Kapasitas dan head mampu dipenuhi
- Fluida yang mengalir secara kontinu
- Pompa yang dipasang pada kedudukan tetap
- Konstruksi sederhana
- Mempunyai efisiensi tinggi
- Harga awal dan perawatan relatif murah

C. Head Pompa

Head pompa adalah energi yang diberikan ke dalam fluida dalam bentuk tinggi tekan. Dimana tinggi tekan merupakan ketinggian fluida harus naik untuk

memperoleh jumlah energi yang sama dengan yang dikandung satu satuan bobot fluida pada kondisi yang sama. Perhitungan head total pompa diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$H = H_s + \Delta H_p + H_a + H_i + \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

- H_s = *Head static*
- ΔH_p = *Pressure head*
- H_a = Head mayor
- H_i = Head minor

2.5.3 *Reed-bed*

Reed-bed yang direncanakan adalah jenis *subsurface flow*. Media yang digunakan adalah *gravelly sand* yang memiliki *effective size* 8 mm dan porositas sebesar 35%. Dasar *reed-bed* dibuat *slope* sebesar 0,5% agar terjadi gradien hidrolik yang cukup. *Slope* dibuat berupa lapisan *impermeable* yaitu plesteran beton agar air limbah tidak terinfiltrasi ke dalam tanah.



Gambar 2.6 *Gravelly Sand*
 Sumber: Scotslandscape, 2016

2.5.4 Bak Penampung

Bak penampung berfungsi untuk menampung air hasil olahan dari *reed-bed* sebelum dibuang ke badan air sehingga air hasil olahan dari *reed-bed* dapat dimanfaatkan untuk penyiraman tanaman. Perhitungan bak penampung meliputi:

1. Menentukan t_d (waktu detensi)

2. Melakukan perhitungan volume bak penampung dan menentukan kedalaman bak penampung.

2.6 Perhitungan Kehilangan Tekanan (*Headloss*)

Pada sistem *reed-bed* akan terjadi kehilangan tekanan akibat perjalanan air sepanjang sistem. Besarnya kehilangan tekan dapat dihitung dengan rumus Hazen-William dan Darcy-Weisbach:

1. Hazen-William
 - Umumnya dipakai untuk menghitung kerugian head dalam pipa yang relatif panjang.
 - Perhitungan lebih mudah untuk sistem yang terdiri dari bermacam-macam pipa.
 - Persamaan ini paling umum digunakan untuk fluida selain air dan dapat digunakan untuk aliran turbulen.
2. Darcy-Weisbach
 - Memberikan hasil yang lebih baik pada pipa yang relatif pendek.
 - Pada sistem yang terdiri dari bermacam-macam pipa akan lebih rumit perhitungannya.
 - Sering dipakai untuk perhitungan dengan beda energy besar
 - Persamaan ini secara teori paling baik digunakan untuk semua jenis fluida.

A. Perhitungan *headloss* (head mayor) pada pipa bertekanan dihitung dengan menggunakan rumus Hazen William. Kerugian head ini akibat adanya gesekan antara dinding pipa dengan fluida yang mengalir di dalamnya.

$$h_f = \left[\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan:

h_f = *headloss* (m)

Q = debit (m³/detik) n

- C = koefisien kekasaran pipa
- L = panjang pipa (m)
- D = diameter (mm)

B. Perhitungan *headloss* (head minor) pada aksesoris pipa dihitung menggunakan rumus Hazen-William. Kerugian head ini akibat adanya perubahan geometri aliran seperti katup, belokan, perubahan diameter pipa, dsb.

$$h_f = n \left[k \frac{v^2}{2g} \right] \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

- h_f = *headloss* (m)
- n = jumlah aksesoris
- v = kecepatan dalam pipa (m/s)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

C. *Headloss* pada sistem *reed-bed* dihitung dengan menggunakan rumus Darcy:

$$W^2 = \frac{Q \cdot A_s}{K \cdot D_w \cdot h_f} \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan:

- W = lebar (m)
- Q = debit (m³/hari)
- A_s = luas permukaan (m²)
- K = *hydraulic conductivity* (m³/m² .hari)
- D_w = kedalaman air (m)
- h_f = *headloss* (m)

BAB III

GAMBARAN UMUM DAERAH PERENCANAAN

3.1 Gambaran Umum Rusunawa

Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 terletak di Jalan Penjaringan Sari, Kecamatan Rungkut, Surabaya. Rusunawa Penjaringan Sari merupakan rumah susun tertua di Kota Surabaya sehingga memiliki fasilitas yang minimal dibandingkan dengan rumah susun lainnya. Rusunawa Penjaringan Sari 1 mulai beroperasi pada tahun 1996 sedangkan Penjaringan Sari 2 mulai tahun 2006.

Rusunawa Penjaringan Sari 1 terdiri dari 3 blok yaitu Blok A, B, dan C yang diwakili masing-masing oleh RT 01, RT 02, dan RT 03. Sedangkan Rusunawa Penjaringan Sari 2 terdiri dari Blok D, E, dan F yang diwakili masing-masing oleh RT 04, RT 05, dan RT 06. Rusunawa Penjaringan Sari 1 terdiri dari 220 unit dengan rincian gedung A terdiri dari 74 unit dan gedung B serta gedung C terdiri dari 73 unit. Sedangkan Rusunawa Penjaringan Sari 2 terdiri 288 unit dengan masing-masing gedung terdapat 96 unit. Adapun layout detail Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 digambarkan secara detail di Lampiran Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.

Fasilitas umum yang terdapat di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 terdiri dari mushollah, taman, balai RW, dan dapur umum. Luas lahan di rusunawa ini yaitu seluas 32.000 m², dengan ketersediaan lahan kosong seluas 1787 m² yang direncanakan sebagai tempat peletakan *reed-bed*. Adapun letak Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 tertera pada Gambar 3.1 dan layout rusunawa pada Gambar 3.2, Gambar 3.4, dan Gambar 3.5.

3.2 Sistem Penyaluran dan Instalasi Pengolahan Air Limbah

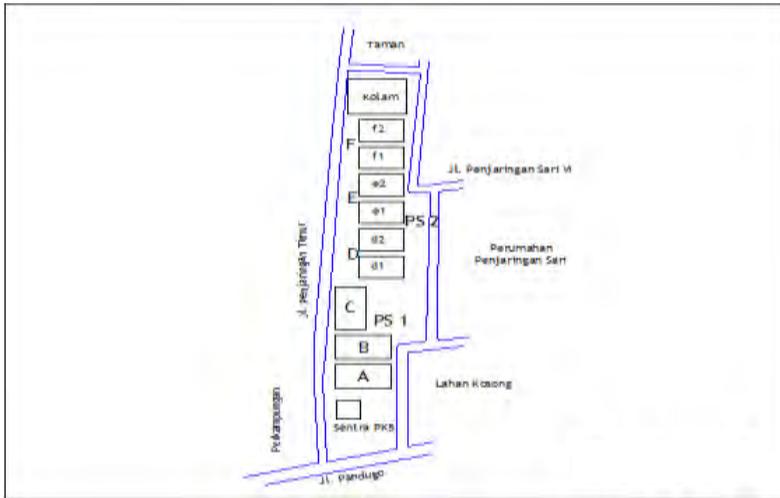
Sistem penyaluran air limbah di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 memiliki sedikit perbedaan. Pada Rusunawa Penjaringan 1 lantai 1 memiliki kamar mandi di setiap unitnya sedangkan di lantai 2, 3, dan 4 kamar mandi dibuat secara komunal. Limbah *black water* dari lantai 1 dialirkan menuju tangki

septik dan sumur resapan. Sedangkan di lantai 2, 3, dan 4 dialirkan menuju tangki septik komunal. Limbah *grey water* dari Rusunawa Penjaringan Sari 1 dialirkan secara langsung menuju saluran drainase umum. Hal yang berbeda yang terdapat di Rusunawa Penjaringan Sari 2 adalah kamar mandi terletak di setiap unit bangunan. *Black water* dialirkan menuju tangki septik dan sumur resapan komunal sedangkan *grey water* dialirkan menuju kolam yang terletak di sebelah utara gedung.

Pada awal pembangunan rusunawa telah dilengkapi dengan unit pengolahan air limbah domestik yaitu tangki septik dan UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) yang merupakan bantuan dari Jepang. Namun unit ini hanya beroperasi selama delapan bulan saja akibat timbulnya permasalahan seperti bau, rumitnya *maintenance*, dan kenaikan tagihan listrik yang dibebankan langsung kepada masyarakat penghuni rusunawa. Akibat dari hal tersebut air limbah dari efluen tangki septik dan *grey water* dialirkan menuju ke saluran drainase dan kolam.



Gambar 3.1 Lokasi Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2
Sumber: *Google maps*



Gambar 3.2 Layout Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2

Sumber: DPBT Kota Surabaya, 2015



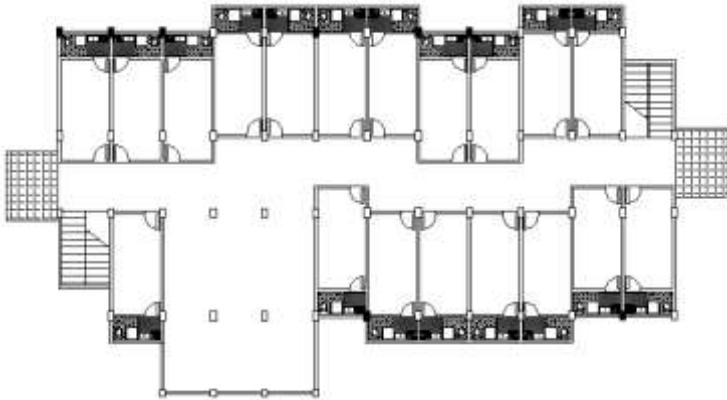
(a)



(b)

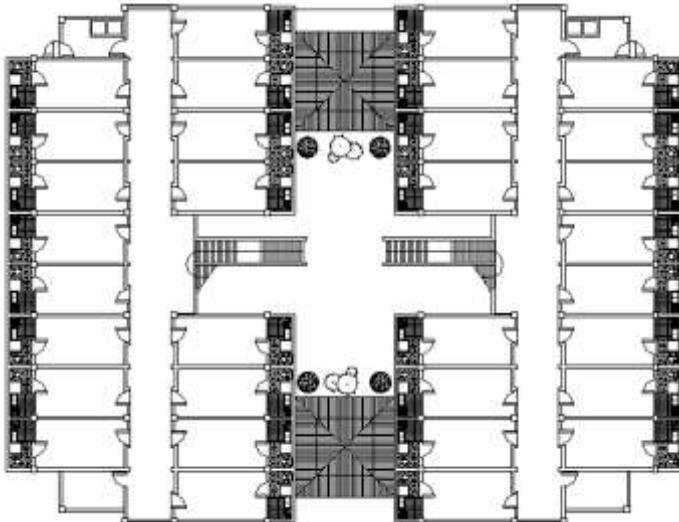
Gambar 3.3 (a) Situasi Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 dan (b) Kolam Eksisting

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2016



Gambar 3.4 Layout Rusunawa Penjaringan Sari 1

Sumber: DPBT Kota Surabaya, 2015

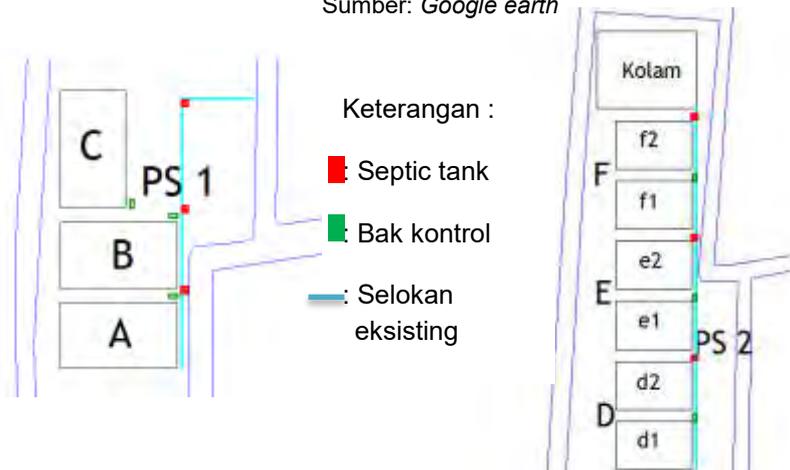


Gambar 3.5 Layout Rusunawa Penjaringan Sari 2

Sumber: DPBT Kota Surabaya, 2015



Gambar 3.6 Elevasi di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2
Sumber: *Google earth*



Gambar 3.7 Penyaluran Air Limbah di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2
Sumber: DPBT Kota Surabaya, 2015

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

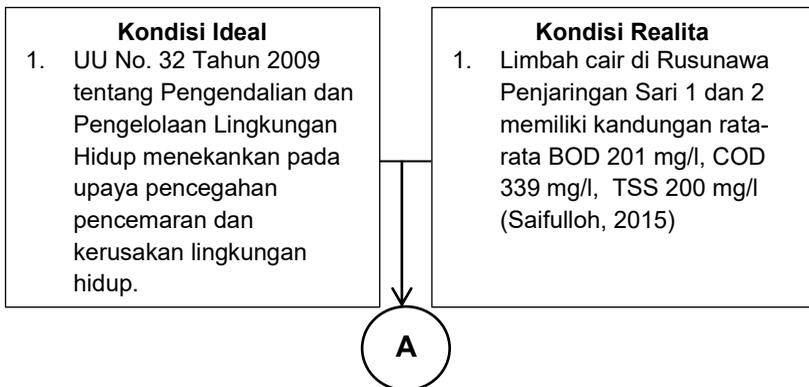
METODE PERENCANAAN

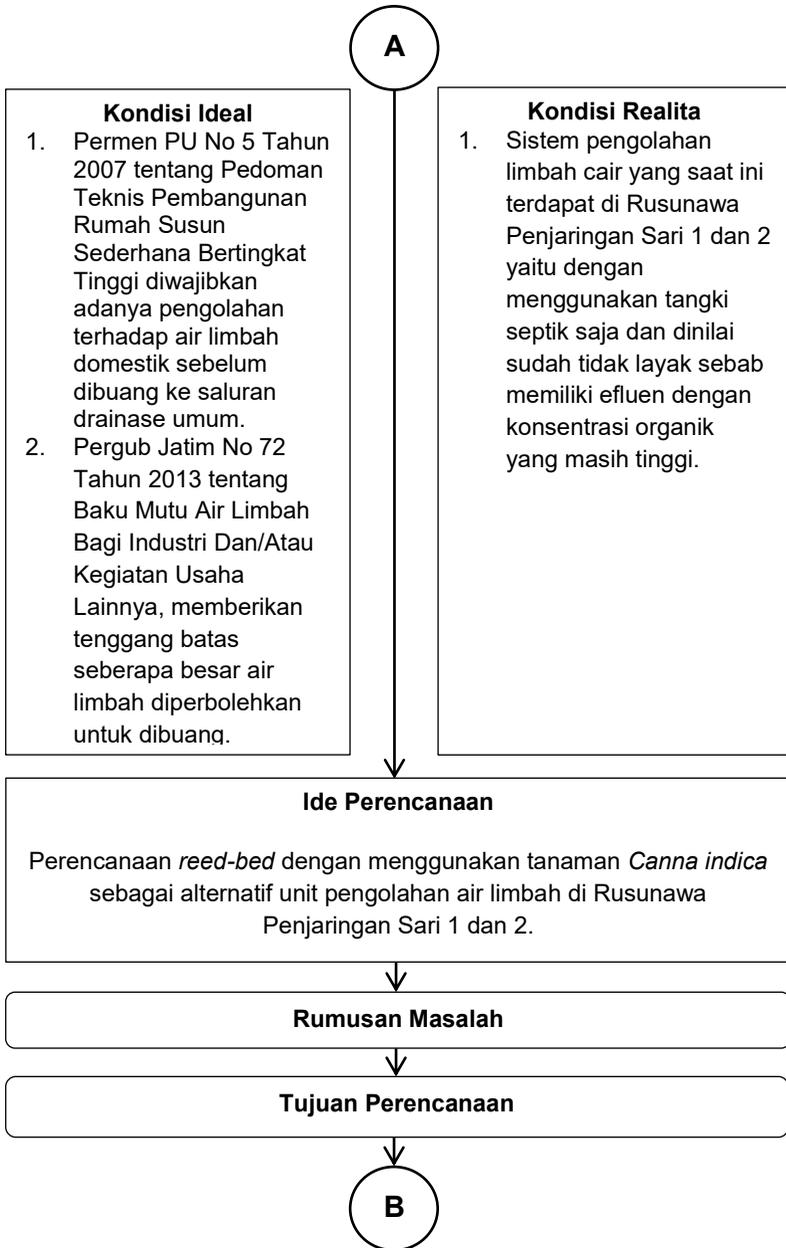
4.1. Umum

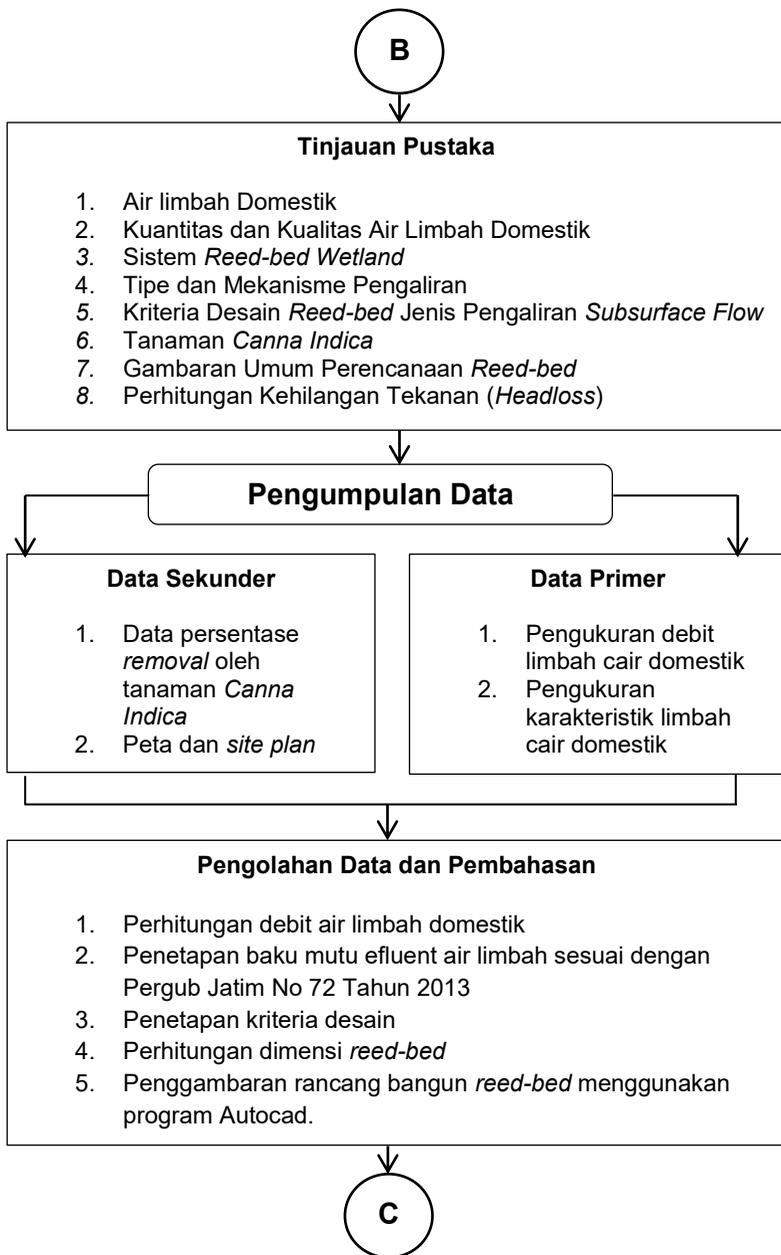
Perencanaan ini dilakukan untuk memperoleh rancang bangun dari *reed-bed* dengan menggunakan tanaman *Canna indica* sebagai alternatif unit pengolahan air limbah di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2. Pada perencanaan ini akan disusun pula *Standard Operational and Procedure* (SOP) teknis pada penggunaan dan pemeliharaan *reed-bed* di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2. Ruang lingkup pada perencanaan ini adalah air limbah yang digunakan adalah air limbah dari *grey water* dan efluen tangki septik Rusunawa Penjaringan I dan II; tanaman yang digunakan adalah *Canna indica*; parameter yang akan diuji yaitu BOD, COD, dan TSS; dan aspek yang akan ditinjau yaitu rancang bangun dan penerapan SOP teknis. Tahap perencanaan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

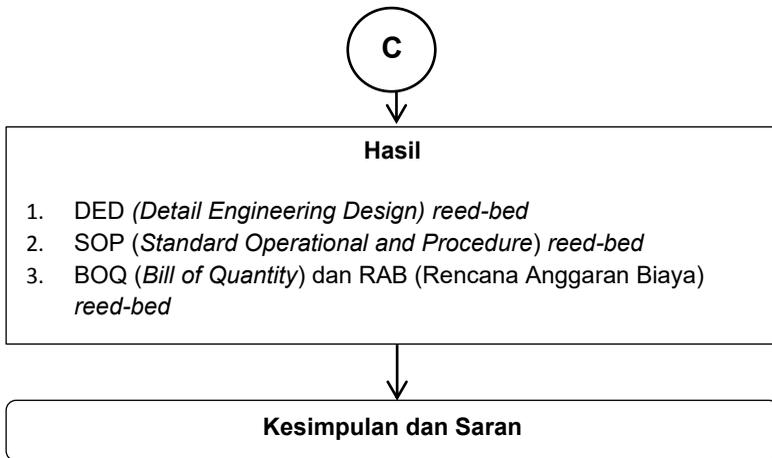
4.2. Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan dimulai dari adanya permasalahan yang sedang terjadi yang kemudian dikembangkan menjadi ide dalam tugas akhir ini. Selanjutnya dari ide perencanaan dikembangkan melalui studi literatur, pengumpulan data primer dan sekunder, pengolahan data, analisis dan pembahasan, serta kesimpulan.









Gambar 4.1 Diagram Alir Tahapan Perencanaan Desain

4.2.1 Ide Tugas Akhir

Ide tugas akhir ini berawal dari masih tingginya konsentrasi organik yang dimiliki oleh Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 sehingga memiliki potensi pencemaran terhadap badan air. Limbah cair di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 memiliki kandungan rata-rata BOD 201 mg/L, COD 339 mg/L, TSS 200 mg/L (Saifulloh, 2015). Sistem pengolahan limbah cair yang saat ini terdapat di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 yaitu dengan menggunakan tangki septik saja dan dinilai sudah tidak layak sebab memiliki efluen dengan konsentrasi organik yang masih tinggi. Oleh sebab itu diperlukan adanya perencanaan Unit pengolahan limbah di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2. Pengolahan air limbah dengan menggunakan *reed-bed* ini dapat menyisihkan lebih dari 98% zat organik, 60-80% nitrogen, dan 60% fosfat (Machynllath, 2006).

4.2.2 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam tugas akhir ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan tinjauan lapangan secara langsung. Tinjauan lapangan ini yaitu melihat kondisi eksisting saluran, kondisi rusunawa, kondisi badan air penerima beban pencemar, data

penggunaan air bersih dan karakteristik limbah cair di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2. Dilakukan penelitian pendahuluan terhadap parameter BOD, COD, TSS, pH, dan suhu untuk mengetahui karakteristik limbah awal. Metode analisis setiap parameter terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Metode Analisis Parameter Uji

Parameter	Metode Analisis
BOD5	Winkler
COD	Titimetri
TSS	Gravimetri
pH	pH meter

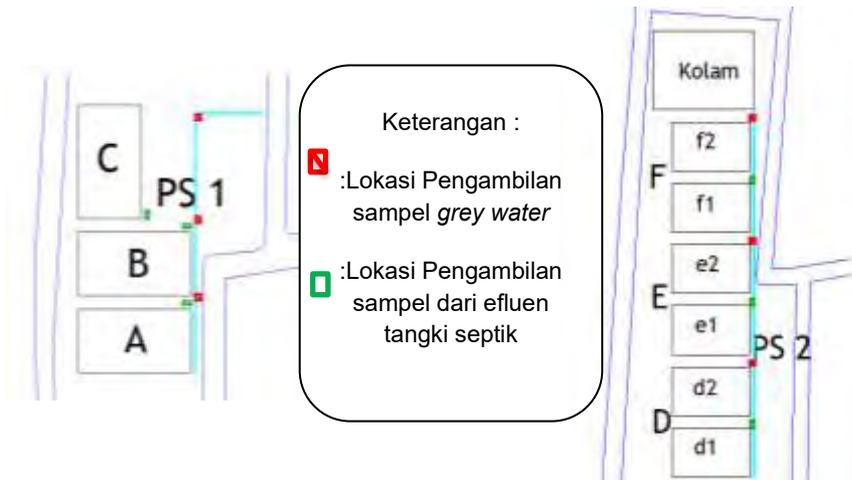
Sumber: APHA-AWWA, 2005

Sedangkan untuk metode sampling yang akan digunakan adalah *composite sampling* dimana air limbah dari efluen tangki septik dan *grey water* di masing-masing rusunawa akan dicampur dengan volume dan waktu pengambilan sampel yang sama. Pengambilan sampel untuk Rusunawa Penjaringan Sari 1 akan dilakukan pada bak kontrol dari efluen tangki septik dan bak kontrol terakhir yang akan menuju saluran drainase. Sedangkan di Rusunawa Penjaringan Sari 2 akan dilakukan pengambilan sampel pada bak kontrol dari efluen tangki septik dan bak kontrol terakhir yang akan menuju kolam. Pengambilan sampel dilakukan pada saat terjadinya Q_{peak} dengan pengulangan sebanyak tiga kali.

A. Data Primer

1. Debit air bersih, diperoleh dari data rekening tagihan air unit rusunawa dari masing-masing ketua RT di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2. Data penggunaan air bersih yang digunakan adalah data selama 3 bulan terakhir yaitu bulan Januari 2016, Februari 2016, dan Maret 2016.
2. Parameter uji air limbah meliputi BOD, COD, TSS, pH, dan suhu yang akan dianalisis di laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan. Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada saat Q_{peak} dan dilakukan

pengulangan sebanyak tiga kali. Q_{peak} terjadi ketika debit air limbah berada dalam kondisi puncak yang akan terjadi pada saat jam puncak penggunaan air bersih. Pengambilan sampel pada saat Q_{peak} akan dilakukan pada sekitar pukul 08.00 – 09.00 WIB pada hari Senin. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa pada hari Senin terjadi aktivitas puncak penggunaan air bersih. Pengambilan sampel dilakukan sesuai Gambar 4.2 untuk Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.



Gambar 4.2 Lokasi Pengambilan Sampel dari Efluen Tangki Septik dan *Grey Water*

Sumber: DPBT Kota Surabaya, 2015

3. Jumlah unit dan jumlah penghuni, diperoleh dari perhitungan langsung dan data dari UPT Rusunawa Penjaringan Sari dan serta ketua RT.
 4. Luas lahan yang tersedia untuk pembangunan unit pengolahan diperoleh dengan menggunakan *google-earth*
- B. Data Sekunder
- Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan adalah peta dan *site plan* Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2, dan

data presentase *removal* BOD, COD, dan TSS oleh tanaman *Canna indica*.

4.2.3 Perencanaan *Reed-bed*

Dalam perencanaan *reed-bed* ini meliputi:

1. Perencanaan desain *reed-bed*.
 - a. Penentuan debit rata-rata penggunaa air bersih dari data rekening pelanggan PDAM di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.
 - b. Penentuan debit air limbah berdasarkan asumsi 80% penggunaan air bersih.
 - c. Penentuan kualitas air limbah yang meliputi parameter BOD, COD, TSS, pH, dan suhu yang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS.
 - d. Penentuan waktu detensi, jenis media, dan kedalaman bak.
 - e. Perhitungan dimensi *reed-bed*.
 - f. Perhitungan *Mass Balance* dan *Water Balance*
 - g. Perhitungan pipa
2. Penggambaran detail desain bangunan perencanaan dan detail bangunan pelengkap.

Perencanaan unit pengolahan *reed-bed* meliputi :

- a. Bak Ekualisasi
Bak ekualisasi berfungsi untuk menyamakan dan menghomogenkan beban organik. Hal ini dikarenakan konsentrasi polutan organik sangat berfluktuasi. Perhitungan yang dilakukan adalah:
 - Menghitung volume bak ekualisasi
 - Menghitung kebutuhan pompa sesuai dengan head dan debitnya menggunakan aplikasi WinCAPS dari pompa Grundfos.
- b. *Reed-bed*
Reed-bed berisi media yang terdiri dari kerikil dan pasir dengan penambahan tanaman kana (*Canna indica*) untuk mengolah limbah. Perhitungan yang dilakukan adalah:
 - Menghitung debit air limbah yang dihasilkan di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.
 - Menghitung dimensi *reed-bed*.

- Menghitung HLR, BOD *loading*, dan efisiensi.
- c. Bak Penampung
- Bak penampung berfungsi untuk menampung air hasil olahan dari *reed-bed* sebelum dibuang ke badan air sehingga air hasil olahan dari *reed-bed* dapat dimanfaatkan untuk penyiraman tanaman.
- Kriteria desain bak ekualisasi
- Td : 6 jam (Putri, 2005)
- Perhitungan yang dilakukan adalah:
- Menghitung volume bak penampung
3. Perencanaan SOP (*Standard Operational and Procedure*) teknis *reed-bed*.
 4. Perhitungan BOQ (*Bill of Quantity*) dan perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) dari pembangunan *reed-bed*. Perhitungan tersebut dengan menggunakan acuan SNI DT-91 tentang Tata Cara Pekerjaan Bangunan dan HSPK (Harga Satuan Pokok Kegiatan) Kota Surabaya Tahun 2015.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter desain yang digunakan pada perencanaan *reed-bed* jenis *subsurface flow* ini diantaranya adalah waktu detensi hidrolis, kedalaman air, laju beban BOD, dan laju beban hidrolis.

5.1 Data Penghuni Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2

Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 memiliki 508 unit yang setiap unitnya diisi oleh 1 KK yang setiap unitnya maksimal diisi oleh 4 orang. Pada perencanaan ini akan diasumsikan seluruh unit dihuni oleh 4 orang dimana rusunawa pada kondisi maksimal terisi. Maka jumlah penghuni di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 saat kondisi maksimal adalah 2032 orang.

5.2 Kuantitas Air Limbah Domestik

Besarnya debit rata-rata air limbah domestik di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 diperoleh dengan mengasumsikan 80% penggunaan air bersih akan menjadi air limbah. Asumsi tersebut didasarkan pada penggunaan air bersih untuk kegiatan mencuci, mandi, dan memasak yaitu sebesar 80% sedangkan 20% sisanya diasumsikan hilang akibat evaporasi dan infiltrasi ke dalam tanah pada kegiatan pencucian kendaraan dan menyiram tanaman. Debit air bersih diperoleh dari data rekening tagihan air bersih di unit Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 selama 3 bulan terakhir. Pengambilan data untuk mengetahui debit air bersih rata-rata dilakukan dengan teknik sampling acak menggunakan rumus sebagai berikut (Purhadi, 2002).

$$D = \frac{B^2}{4}$$
$$n = \frac{N(p(1-p))}{(N-1)D+p(1-p)}$$

keterangan :

- n : jumlah sampel
- N : jumlah populasi
- p : proporsi pengambilan sampel
- B : *error tolerance*

Sehingga:

$$D = \frac{0,1^2}{4} = 0,0025$$

$$n = \frac{2032 (0,5(1-0,5))}{(2032-1)0,0025+0,5(1-0,5)} = 96 \text{ orang}$$

Jumlah data yang dibutuhkan jika dalam 1 unit rusunawa terdapat 4 orang adalah:

$$= 96 \text{ orang} \div 4 \text{ orang}$$

$$= 24 \text{ unit}$$

keterangan :

n :jumlah sampel adalah jumlah responden di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2

N :jumlah populasi adalah jumlah unit di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2

p :proporsi pengambilan sampel adalah 50%

B :*error tolerance* adalah 10%

Hasil perhitungan debit rata-rata air bersih di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 terdapat pada Tabel 5.1:

Tabel 5.1 Kebutuhan Air Bersih Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2

No.	Bulan	Kebutuhan Air Bersih Total (m ³)	Kebutuhan Air Bersih per Orang (m ³)
1	Januari	494	5,14
2	Februari	444	4,63
3	Maret	431	4,49
	Rata-rata	456	4,755

Sumber: Hasil Perhitungan

Kebutuhan air bersih rata-rata per bulan untuk tiap orang sebesar 4,755 m³/orang.bulan. Maka, debit air limbah dapat ditentukan sebagai berikut:

$$Q_{(\text{air bersih})} = 4,755 \text{ m}^3/\text{orang.bulan}$$

$$= 0.158 \text{ m}^3/\text{orang.hari}$$

$$Q_{(\text{total air bersih})} = 0.158 \text{ m}^3/\text{orang.hari} \times 2032 \text{ orang}$$

$$= 322,04 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{(\text{air limbah})} = 80\% \times Q_{(\text{total air bersih})}$$

$$= 80\% \times 322,04 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 257,63 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\approx 258 \text{ m}^3/\text{hari}$$

5.3 Kualitas Air Limbah Domestik

Uji kualitas air limbah dilakukan terhadap parameter BOD, COD, TSS, pH, dan suhu yang dilakukan pada saat Q_{peak} dan diulangi sebanyak 3 kali. Berdasarkan hasil analisis laboratorium terhadap kualitas air limbah domestik yang berasal dari *grey water* dan efluen tangki septik di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 diperoleh hasil pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Kualitas Air Limbah Domestik Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2

Parameter	Analisis 1 (29 Februari 2016)	Analisis 2 (7 Maret 2016)	Analisis 3 (14 Maret 2016)
BOD₅	194,95 mg/L	184,18 mg/L	194,25 mg/L
COD	281,48 mg/L	316,60 mg/L	336 mg/L
TSS	100 mg/L	120 mg/L	160 mg/L
pH	6,53	6,89	7,31
Suhu	29°C	29°C	29°C
BOD/COD	0,69	0,58	0,58

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium JTL-FTSP

Sehingga rata-rata kualitas air limbah di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 untuk setiap parameter yaitu.

$$\text{BOD}_5 = 191 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD} = 311 \text{ mg/L}$$

TSS = 127 mg/L

pH = 6,91

Suhu = 29 °C

Berdasarkan Pergub Jatim No 72 Tahun 2013 pada Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik [Permukiman (*Real Estate*), Rumah Makan (Restoran), Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama] maka parameter BOD, COD, dan TSS di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 masih melampaui baku mutu. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengolahan air limbah *grey water* dan efluen tangki septik sebelum dibuang secara langsung menuju badan air. Pada gambar 5.1 adalah dokumentasi kondisi tempat pengambilan sampel kualitas air limbah domestik.



(a)



(b)

Gambar 5.1 Tempat Pengambilan Sampel Kualitas Air Limbah (a) Rusunawa Penjaringan Sari 1 (b) Rusunawa Penjaringan Sari 2.

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2016

5.4 Perhitungan *Reed-bed*

Perencanaan unit pengolahan air limbah domestik di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 meliputi bak ekualisasi, pompa, *reed-bed* tipe *subsurface flow*, dan bak penampung.

5.4.1 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi untuk mengatur debit air limbah yang akan diolah dan menyeragamkan konsentrasi zat pencemar sehingga proses pengolahan dapat berjalan secara stabil. Selain itu dapat juga dijadikan sebagai bak aerasi awal pada saat terjadi beban secara tiba-tiba (*shock load*). Bak ekualisasi yang direncanakan berbentuk persegi panjang dengan perhitungan dimensi sebagai berikut. Adapun perhitungan bak ekualisasi menggunakan faktor pemakaian air bersih sebagai pembagian debit tiap jam dalam 1 hari, faktor pemakaian maksimum sebesar 1,5 dan faktor pemakaian minimum 0,3. Debit rata-rata air bersih sebesar 13,42 m³/jam. Fluktuasi debit air limbah dapat dihitung dengan mengasumsikan 80% air bersih akan menjadi air limbah yaitu dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Fluktuasi Air Limbah

Periode Jam	Faktor Pemakaian Air Bersih	Pemakaian Air Bersih (m ³ /jam)	Air Limbah (m ³ /jam)	Selisih (m ³ /jam)
00.00-01.00	0,3	4,0	3,2	7,6
01.00-02.00	0,1	1,3	1,1	9,7
02.00-03.00	0,1	1,3	1,1	9,7
03.00-04.00	0,3	4,0	3,2	7,6
04.00-05.00	0,5	6,7	5,4	5,4
05.00-06.00	1,4	18,8	15,0	-4,2
06.00-07.00	1,6	21,5	17,2	-6,4
07.00-08.00	1,8	24,2	19,3	-8,5
08.00-09.00	1,0	13,4	10,7	0,0

09.00-10.00	0,8	10,7	8,6	2,2
10.00-11.00	0,8	10,7	8,6	2,2
11.00-12.00	1,1	14,8	11,8	-1,0
12.00-13.00	1,1	14,8	11,8	-1,0
13.00-14.00	1,0	13,4	10,7	0,0
14.00-15.00	0,8	10,7	8,6	2,2
15.00-16.00	1,2	16,1	12,9	-2,1
16.00-17.00	1,6	21,5	17,2	-6,4
17.00-18.00	1,8	24,2	19,3	-8,5
18.00-19.00	1,8	24,2	19,3	-8,5
19.00-20.00	1,5	20,1	16,1	-5,3
20.00-21.00	1,2	16,1	12,9	-2,1
21.00-22.00	1,0	13,4	10,7	0,0
22.00-23.00	0,8	10,7	8,6	2,2
23.00-00.00	0,5	6,7	5,4	5,4
Total		323	258	

Contoh Perhitungan Tabel 5.3:

Periode 00.00-01.00

Diketahui:

$$Q_{\text{rata-rata air bersih}} = 322,04 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 13,42 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_{\text{rata-rata air limbah}} = 258 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 10,75 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned}
\text{Pemakaian air bersih} &= f \times Q_{\text{rata-rata}} \\
&= 0,3 \times 13,42 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 4,026 \text{ m}^3/\text{jam} \approx 4,0 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Air Limbah} &= 80\% \times Q_{\text{rata-rata}} \\
&= 80\% \times 4 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 3,2 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Selisih} &= Q_{\text{rata-rata air limbah}} - Q_{\text{air limbah}} \\
&= 10,75 \text{ m}^3/\text{jam} - 3,2 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 7,6 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

Dari tabel diatas diambil nilai tertinggi (9,7) dan terendah (-8,5). Nilai tertinggi merupakan volume maksimal perhari yang dihasilkan pada waktu tertentu. Nilai terendah merupakan volume yang tidak tertampung pada waktu tertentu. Maka perhitungan volume bak ekualisasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Volume} &= \text{surplus maksimum} - \text{defisit minimum.} \\
&= 9,7 - (-8,5) \\
&= 18,2 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Direncanakan:

$$P : L = 1 : 1$$

$$\text{Kedalaman (h)} = 2 \text{ m, maka:}$$

$$\begin{aligned}
As &= \frac{v}{h} \\
&= \frac{18,2}{2} \\
&= 9,1 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Dimensi bak ekualisasi

$$\begin{aligned}
\text{Lebar (L)} &= \sqrt{As} \\
&= \sqrt{9,1} \\
&= 3 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Panjang (P)} &= L \\
&= 3 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\text{Freeboard (Fb)} = 0,2 \text{ m}$$

Adapun penggambaran Bak Ekualisasi secara detail ada pada Lampiran Gambar 5.

a. Kebutuhan Pompa

Dalam pengolahan air limbah seringkali digunakan dua jenis pompa yaitu jenis benam/celup/*(submersible)* dan jenis sentrifugal. Pada perencanaan ini akan digunakan pompa *submersible* untuk mengalirkan air dari bak ekualisasi menuju *reed-bed* sebab pompa jenis ini umumnya digunakan untuk mengalirkan air limbah dengan head yang tidak terlalu besar. Selain pompa utama, pada perencanaan ini juga digunakan pompa pengumpulan untuk menaikkan elevasi dari *sump well* menuju bak ekualisasi. Pemilihan pompa didasarkan pada debit dan head total pompa.

1. Pompa Utama

- Head Total Pompa

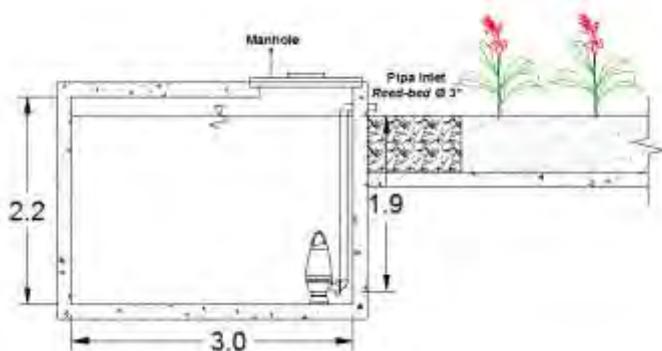
Perhitungan head total pompa diperoleh dengan menggunakan rumus 2.12:

$$H = H_s + \Delta H_p + H_a + H_l + \frac{v^2}{2g}$$

➤ *Head static* (H_s)

Head static adalah perbedaan tinggi muka air dan sisi isap pompa. *Head static* yang direncanakan, yaitu:

$$H_s = 1,9 \text{ m}$$



Gambar 5.2 Sketsa *Head Static* Pompa Utama

➤ *Pressure head* (ΔH_p)

Pressure head yaitu perbedaan head yang bekerja pada kedua permukaan air. Pada perencanaan ini tekanan dianggap sama ($\Delta H_p = 0$).

➤ *Head mayor*

Head mayor adalah kerugian head yang terjadi di sepanjang pipa.

$$\begin{aligned} h_f &= \left[\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{0,00298}{0,2785 \times 130 \times 0,0796^{2,63}} \right]^{1,85} \times 56 \\ &= 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ *Head Minor*

Head minor adalah kerugian head yang disebabkan aksesoris pada pipa. Pada perencanaan ini aksesoris pipa yang digunakan adalah *knee* 90° sebanyak 4 buah, dan percabangan sebanyak 3 buah.

Head minor akibat *knee* 90° , nilai $k = 1,5$

$$\begin{aligned} H_f &= n \left[k \frac{v^2}{2g} \right] \\ &= 4 \left[1,5 \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 0,11 \text{ m} \end{aligned}$$

Head minor akibat percabangan, nilai $k = 0,96$

$$\begin{aligned} H_f &= n \left[k \frac{v^2}{2g} \right] \\ &= 6 \left[0,96 \frac{0,6^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 0,11 \text{ m} \end{aligned}$$

Head minor total

$$\begin{aligned} H_f &= 0,11 \text{ m} + 0,11 \text{ m} \\ &= 0,22 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ *Head total pompa*

$$\begin{aligned} H_f &= H_s + \Delta H_p + H_l + \frac{v^2}{2g} \\ &= 1,9 \text{ m} + 0 + 0,35 \text{ m} + 0,22 \text{ m} + 0,018 \\ &= 2,488 \text{ m} \end{aligned}$$

- Headloss pada *reed-bed*
Berdasarkan turunan dari Hukum Darcy maka *headloss* dari *reed-bed* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.16 berikut (Miller, 2007):

$$W^2 = \frac{Q \cdot As}{K \cdot Dw \cdot hf}$$

sehingga besarnya headloss adalah:

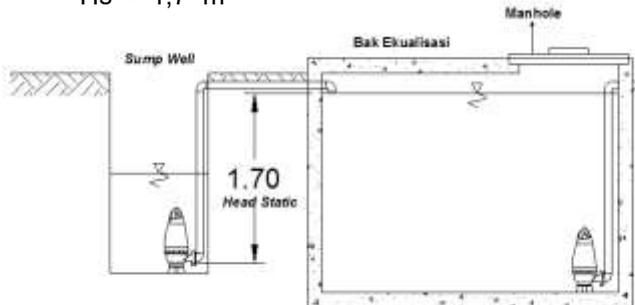
$$\begin{aligned} hf &= \frac{Q \cdot As}{K \cdot Dw \cdot w^2} \\ &= \frac{289 \times 1278}{5000 \times 0,6 \times 9^2} \\ &= 1,48 \text{ m} \end{aligned}$$

- Besarnya total headloss keseluruhan adalah:
= 2,488 m + 1,48 m
= 3,968 m
≈ 4,0 m

2. Pompa Pengumpan

➤ Head static (Hs)

Head static adalah perbedaan tinggi muka air dan sisi isap pompa. *Head static* yang direncanakan, yaitu:
Hs = 1,7 m



Gambar 5.3 Sketsa *Head Static* Pompa Pengumpan

➤ Head mayor

Head mayor adalah kerugian head yang terjadi di sepanjang pipa.

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

$$= \left[\frac{0,00298}{0,2785 \times 130 \times 0,0796^{2,63}} \right]^{1,85} \times 2,82$$

$$= 0,017 \text{ m}$$

➤ Head Minor

Pada perencanaan ini aksesoris pipa yang digunakan adalah *knee* 90^o sebanyak 2 buah.

Head minor akibat *knee* 90^o, nilai k = 1,5

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

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

$$= 0,055 \text{ m}$$

- Total kebutuhan head untuk mengalirkan air dari *sump well* menuju bak ekualisasi adalah:

$$H_f = 1,7\text{m} + 0,017\text{m} + 0,055\text{m}$$

$$= 1,772\text{m}$$

$$\approx 1,8 \text{ m}$$

Dari perhitungan tersebut diketahui head total yang dibutuhkan pada pompa utama sebesar 4,0 m dan head total yang dibutuhkan untuk pompa pengumpan sebesar 1,8 m pada debit yang sama. Maka dalam perencanaan ini akan digunakan pompa dengan spesifikasi head yang lebih tinggi yaitu sesuai dengan pompa utama. Setelah diketahui head total pompa yaitu 4,0 m dan besarnya debit yaitu 258 m³/hari atau 3 L/s maka jenis pompa yang akan digunakan dapat ditentukan. Pompa yang akan digunakan sebanyak 4 buah dengan rincian 2 unit di *sump well* dan 2 unit di bak ekualisasi yang dioperasikan secara bergantian. Pada perencanaan ini digunakan pompa merk Grundfos dan pemilihan jenis pompa dilakukan menggunakan aplikasi WinCAPS. Berikut adalah hasil dari *sizing* pompa menggunakan WinCAPS:

Jenis pompa : *Submersible pump*
 Merk : Grundfos
 Tipe : SEV.80.80.11.A.4.50D



Gambar 5.4 Pompa SEV.80.80.11.A.4.50D
Sumber: WinCAPS, 2016

5.4.2. *Reed-bed*

Pada perencanaan ini sistem pengaliran *reed-bed* adalah *subsurface flow* (SFS). Desain sistem SFS yang direncanakan berjumlah dua unit agar terjadi aliran yang intermiten dan mempermudah *maintenance*. Berikut perhitungan perencanaan dari *reed-bed* :

Debit (Q)	= 258 m ³ /hari
Jumlah unit	= 2 unit
Debit tiap unit	= $\frac{258 \text{ m}^3/\text{hari}}{2 \text{ unit}}$ = 129 m ³ /hari
BOD influen (Co)	= 191 mg/L
BOD efluen (Ce)	= 30 mg/L
Suhu (T)	= 29°C
Tipe vegetasi	= <i>Canna indica</i>
Media	= <i>Gravelly sand</i>
Slope (s)	= 0,5% (<i>flat bottom</i>)

- Kedalaman
Kedalaman unit pengolahan *reed-bed* ditentukan berdasarkan jenis vegetasi yang akan digunakan pada sistem. Pada perencanaan ini jenis vegetasi yang digunakan adalah tanaman *Canna indica* yang memiliki kemampuan penetrasi rizhoma hingga 10-60 cm (Sunaryanti, 2012). Oleh sebab itu kedalaman

reed-bed dalam perencanaan ini adalah 60 cm (0,6 m).

- Nilai α , k_s , dan K_{20}
 Nilai α , k_s , dan K_{20} menyesuaikan pada media yang akan digunakan pada sistem. Pada perencanaan ini digunakan media berupa *gravelly sand*.

Berdasarkan USEPA (2004) nilai α , k_s , dan K_{20} untuk media *gravelly sand* adalah:

$$\alpha = 0,35$$

$$k_s = 5000 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

$$K_{20} = 0,86$$

- Nilai K_T
 Besarnya nilai K_T dipengaruhi oleh temperatur air dengan menggunakan persamaan 2.6 sebagai berikut:

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

$$K_{29} = 0,86 \times (1,1)^{(29-20)}$$

$$K_{29} = 2,03 \text{ hari}^{-1}$$

- Waktu detensi *pore-space* (td)
 Definisi dari waktu detensi *pore-space* (td) adalah waktu detensi teoritis berdasarkan porositas dari media (Metcalf & Eddy, 2003).

$$\begin{aligned} td &= - \frac{\ln \frac{C_e}{C_0}}{Kt} \\ &= - \frac{\ln \frac{30}{191}}{2,03} \\ &= 0,913 \text{ hari} \approx 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

- *Cross sectional area* (A_c)
 A_c diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.8, yaitu:

$$\begin{aligned} A_c &= \frac{Q}{Ks \times s} \\ &= \frac{129}{5000 \times 0,005} \\ &= 5,16 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Lebar (W)
 Lebar dari *reed-bed* diperoleh dari persamaan 2.8, yaitu:

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

$$= \frac{5,16}{0,6}$$

$$= 9 \text{ m}$$
- Panjang (L)
 Panjang dari *reed-bed* diperoleh dari persamaan 2.9, yaitu:

$$L = \frac{t' \times Q}{W \times d \times \alpha}$$

$$= \frac{1 \times 129}{9 \times 0,6 \times 0,35}$$

$$= 71 \text{ m}$$
- Luas Permukaan
 Luas permukaan dari *reed-bed* diperoleh dari persamaan 2.10, yaitu:

$$As = L \times W$$

$$= 9 \text{ m} \times 71 \text{ m}$$

$$= 614 \text{ m}^2$$

Perbandingan p : l = $\frac{1}{8,3}$

Adapun penggambaran *Reed-bed* secara detail ada pada Lampiran Gambar 6 dan Gambar 7. Pada Lampiran Gambar 5 ditunjukkan peletakan *reed-bed* di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2.
- *Hydraulic Loading Rate* (Lw)
 Lw didefinisikan sebagai jumlah volume dari air limbah per hari dibanding luasan area yang digunakan untuk pengolahan limbah (USEPA, 2004)
 Perhitungan Lw mengacu pada persamaan 2.11, yaitu:

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

$$= \frac{129}{614}$$

$$= 0,21 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

$$= 21 \text{ cm/hari}$$

HLR pada saat pengurasan :

$$\begin{aligned} Lw &= \frac{Q}{A_s} \\ &= \frac{614}{258} \\ &= 0,42 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \\ &= 42 \text{ cm/hari (OK)} \end{aligned}$$

- **BOD Loading Rate**
Perhitungan BOD_L mengacu pada persamaan 2.12, yaitu:

$$\begin{aligned} BOD_L &= \frac{Q \times C}{A} \\ &= \frac{129 \times 191}{614} \\ &= 46,13 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

BOD loading rate pada saat pengurasan :

$$\begin{aligned} Lw &= \frac{Q \times C}{A} \\ &= \frac{258 \times 191}{614} \\ &= 80,25 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hari (OK)} \end{aligned}$$

- **Penyisihan TSS**
Penyisihan TSS untuk sistem SFS dapat menggunakan persamaan berikut:

$$C_e = C_o [0,1058 + 0,0011 (Lw)]$$

Dimana :

C_e = efluen TSS (mg/L)

C_o = influen TSS (mg/L)

Lw = *hydraulic loading rate* (cm/hari)

Maka,

$$\begin{aligned} C_e &= C_o [0,1058 + 0,0011 (Lw)] \\ &= 126,667 [0,1058 + 0,0011 (22,96)] \\ &= 16,6 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Nilai C_e TSS sebesar 16,6 mg/L telah memenuhi syarat baku mutu Pergub Jatim No 72 Tahun 2013 yaitu 50 mg/L.

- Penyisihan BOD
Besarnya efluen yang dihasilkan dari proses pengolahan pada *reed-bed* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Crites dan Tchobanoglous (2005) untuk jenis reaktor non *recycle* ratio 1:1, yaitu:

$$0 = Q_r(C_n) + (1/n \cdot Q)(C_o) - (Q_r + (1/n \cdot Q)(C_e)) + (K_T)(C_e)V$$

Keterangan :

Q_r = Q recycle (karena non recycle, maka $Q_r = 0$), $m^3/hari$

C_n = konsentrasi BOD efluen dari reaktor, mg/L

n = jumlah kolam wetland, unit

Q = debit aliran air pada saluran, $m^3/hari$

C_o = konsentrasi BOD influen, mg/L

C_e = konsentrasi BOD efluen yang diharapkan dari keseluruhan reaktor, mg/L

K_T = tetapan orde pertama dari rate-constant

V = volume tiap reaktor, m^3

$$\begin{aligned} C_e &= \frac{(Q_r)(C_n) + 1/n(Q)(C_o)}{(Q_r + (1/n(Q)) + (K_T)(V))} \\ &= \frac{0 + 1/1(129)(191)}{(0 + (1/1(129)) + (2,03)(368,57))} \\ &= 26,3 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perhitungan Efisiensi
Efisiensi penyisihan dari parameter BOD dan TSS dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{BOD Eff} &= \frac{C_o - C_e}{C_e} \times 100\% \\ &= \frac{191 - 26,3}{26,3} \times 100\% \\ &= 86\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TSS Eff} &= \frac{C_o - C_e}{C_e} \times 100\% \\ &= \frac{126,667 - 16,6}{126,667} \times 100\% \\ &= 87\% \end{aligned}$$

Sedangkan untuk efisiensi dari parameter COD akan mengacu pada literatur yaitu Tabel 2.6 dengan rata-rata 89%.

- Kebutuhan tanaman *Canna Indica* pada *reed-bed*
Berdasarkan Ojoawo (2015) banyaknya tanaman kana yang ideal untuk ditanam dalam 1 m^2 adalah sekitar 4-5 batang. Jika menggunakan asumsi 1 m^2 ditanami dengan 4 batang tanaman, maka kebutuhan total tanaman di *reed-bed* adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tanaman} &= \text{Luas} \times 4 \text{ batang} \\ &= 1278 \text{ m}^2 \times 4 \text{ batang} \\ &= 5112 \text{ batang} \end{aligned}$$

Jika *fresh weight* dari tanaman kana adalah 150 gram, maka dalam satu kilo akan diperoleh 7 tanaman kana. Sehingga kebutuhan tanaman kana pada *reed-bed* adalah 730 kg.

5.4.2 Bak Penampung

Bak penampung difungsikan untuk menampung air hasil olahan dari *reed-bed* sebelum dibuang menuju badan air. Bak penampung ini nantinya juga dimanfaatkan untuk tendon air siram tanaman.

Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Waktu detensi (td)} &= 6 \text{ jam} \\ \text{Debit (Q)} &= 258 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 10.75 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{P : L} &= 2 : 1 \\ \text{Kedalaman (h)} &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Volume bak penampung

$$\begin{aligned} &= \text{td} \times \text{Q} \\ &= 6 \text{ jam} \times 10.75 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 64,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi bak penampung

$$\begin{aligned} \text{Lebar (L)} &= \sqrt{\frac{\text{Volume}}{p \times l \times h}} \\ &= \sqrt{\frac{64,5 \text{ m}^3}{2l \times l \times 2 \text{ m}}} \\ &= 4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= 2L \\ &= 8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Freeboard (Fb)} = 0,2 \text{ m}$$

Adapun penggambaran Bak Penampung secara detail ada pada Lampiran Gambar 8 dan Gambar 9.

5.4.3 Perhitungan *Water Balance*

Pada kenyataannya debit yang masuk (Q_{in}) ke dalam *reed-bed* tidak sama dengan debit yang keluar (Q_{out}) dari sistem. Besarnya debit sangat dipengaruhi oleh adanya evapotranspirasi (ET), presipitasi (P), dan infiltrasi (I). Berasumsikan bahwa tidak ada perubahan pada *hydraulic loading* dan volume dalam *reed-bed*, maka besarnya Q_{out} dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$Q_{in} = Q_{out} - ET + P + I$$

Keterangan :

Q_{in} = Debit masuk ($m^3/hari$)

Q_{out} = Debit keluar ($m^3/hari$)

ET = Evapotranspirasi ($m^3/hari$)

P = Presipitasi ($m^3/hari$)

I = Infiltrasi ($m^3/hari$)

➤ Evapotranspirasi

Berdasarkan penelitian dari Konnerup, *et al.* (2010), besarnya laju transpirasi tanaman *Canna indica* adalah 8,3 mm/hari. Sehingga besarnya evapotranspirasi pada *reed-bed*, yaitu:

$$\begin{aligned} ET &= \text{Jumlah unit} \times \text{Luas } reed\text{-bed} \times \text{laju transpirasi} \\ &= 2 \times 639 \text{ m}^2 \times \frac{8,3}{1000} \\ &= 10,61 \text{ m}^3/hari \end{aligned}$$

➤ Presipitasi

Laju presipitasi dapat dihitung dengan menggunakan data curah hujan. Besarnya curah hujan rata-rata Kota Surabaya pada 3 stasiun yaitu stasiun meteorologi Juanda, Perak 1, dan Perak 2 adalah 5,9 mm/hari (Kota Surabaya dalam Angka, 2015). Sehingga besarnya presipitasi pada *reed-bed*, yaitu:

$$\begin{aligned} P &= \text{Jumlah unit} \times \text{Luas } reed\text{-bed} \times \text{laju transpirasi} \\ &= 2 \times 639 \text{ m}^2 \times \frac{5,9}{1000} \\ &= 7,54 \text{ m}^3/hari \end{aligned}$$

- Infiltrasi
Pada perencanaan ini laju infiltrasi diusahakan tidak terjadi sebab infiltrasi air limbah ke dalam tanah dapat mencemari tanah sehingga dasar dari *reed-bed* dibangun menggunakan beton.
- Debit keluar

$$Q_{\text{out}} = Q_{\text{in}} - ET + P - I$$

$$= 259 \text{ m}^3/\text{hari} - 10,61 \text{ m}^3/\text{hari} + 7,54 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 255 \text{ m}^3/\text{hari}$$

5.4.4 Perhitungan *Mass Balance*

Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui beban organik yang masuk dan keluar sistem *reed-bed*.

Diketahui :

Kualitas influen air limbah Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2, yaitu:

BOD = 191 mg/L

COD = 311 mg/L

TSS = 127 mg/L

Maka besarnya beban yang masuk menuju unit pengolahan adalah:

$$\begin{aligned} \text{MBOD} &= \frac{Q \times C}{10^3} \\ &= \frac{258 \times 191}{10^3} \\ &= 24,7 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD} &= \frac{Q \times C}{10^3} \\ &= \frac{258 \times 311}{10^3} \\ &= 40,1 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTSS} &= \frac{Q \times C}{10^3} \\ &= \frac{258 \times 127}{10^3} \\ &= 16,3 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai efisiensi dari *reed-bed* untuk masing-masing parameter yaitu:

BOD = 86 %

COD = 89 %

TSS = 87 %

Sehingga kualitas efluen yang akan dibuang menuju badan air sebesar:

$$Q_{out} = 255 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{BOD} = 26,8 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD} = 40,4 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS} = 13,9 \text{ mg/L}$$

Berdasarkan perhitungan *water balance*, debit yang keluar dari *reed-bed* adalah $255 \text{ m}^3/\text{hari}$. Maka besarnya beban yang keluar dari unit pengolahan adalah:

$$\begin{aligned} \text{MBOD} &= \frac{Q \times C}{10^6} \times 86400 \\ &= \frac{255 \times 26,8}{10^3} \\ &= 3,4 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MCOD} &= \frac{Q \times C}{10^3} \\ &= \frac{255 \times 40,4}{10^3} \\ &= 5,1 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MTSS} &= \frac{Q \times C}{10^3} \\ &= \frac{255 \times 13,9}{10^3} \\ &= 1,8 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

5.4.7 Perpipaian

Pada perencanaan ini dibutuhkan pipa inlet dan outlet, kedua pipa tersebut direncanakan dengan diameter yang sama. Kecepatan pipa yang direncanakan sebesar $0,6 \text{ m/detik}$ (Metcalf dan Eddy, 2014). Maka perhitungan diameter pipa adalah sebagai berikut:

- Pipa Inlet

$$\begin{aligned} Q &= v \times A \\ Q &= v \times \frac{1}{4} \pi \times d^2 \\ d &= \sqrt{\frac{4Q}{v \pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00298}{0,6 \pi}} \\ &= 0,0796 \text{ m} \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diameter pipa yang dipakai menyesuaikan dengan diameter pipa yang dijual, yaitu 76 mm ≈ 3 inchi
 Cek kecepatan dengan diameter 76 mm

$$v = \frac{Q}{0,25 \pi d^2}$$

$$= \frac{0,00298}{0,25 \pi 0.076^2}$$

$$= 0,66 \text{ m/detik (OK) (0,6 -1,2 m/detik)}$$

- Pipa Outlet

$$Q = v \times A$$

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

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{v \pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0,00295}{0,6 \pi}}$$

$$= 0,0791 \text{ m}$$

$$= 79 \text{ mm}$$

Diameter pipa yang dipakai menyesuaikan dengan diameter pipa yang dijual, yaitu 76 mm ≈ 3 inchi
 Cek kecepatan dengan diameter 76 mm

$$v = \frac{Q}{0,25 \pi d^2}$$

$$= \frac{0,00295}{0,25 \pi 0.076^2}$$

$$= 0,65 \text{ m/detik (OK) (0,6 -1,2 m/detik)}$$

5.6 Profil Hidrolis

Pada suatu sistem bangunan pengolahan air diperlukan profil hidrolis untuk mengetahui HGL (*Hydraulic Grade Linier*). Adanya kemiringan terhadap garis horizontal menunjukkan terjadinya aliran air yang mengarah pada elevasi yang lebih rendah.

Perbedaan elevasi atau ketinggian muka air pada sistem ini adalah sebagai berikut

Elevasi dasar awal

= elevasi muka tanah awal – (kedalaman air + freeboard)

Elevasi dasar akhir

= elevasi dasar saluran awal – beda slope dasar saluran (Δh_d)

Elevasi muka tanah awal

= elevasi muka tanah awal - freeboard

Elevasi muka tanah akhir

= elevasi dasar saluran akhir + Hair

Berikut adalah perhitungan profil hidrolis pada perencanaan raktor *reed-bed* ini:

a. Bak ekualisasi

Elevasi muka tanah awal = +4,57 m

Kedalaman = 2,0 m

Freeboard = 0,2 m

Elevasi dasar awal = +4,57 - (2,0 + 0,2) = +2,37 m

Elevasi dasar akhir = +2,37 - 0 = +2,37 m

Elevasi muka air awal = +4,57 - 0,2 = +4,37 m

Elevasi muka air akhir = +2,37 + 2,0 = +4,37 m

b. *Reed-bed*

Elevasi muka tanah awal = +4,57 m

Elevasi muka tanah akhir = +4,47 m

Kedalaman = 0,6 m

Freeboard = 0,2 m

Elevasi dasar awal = +4,57 - (0,6 + 0,2) = +3,77 m

Elevasi dasar akhir = +4,47 - (0,6+0,2+0,005)
= +3,665 m

Elevasi muka air awal = +4,57 - 0,2 = +4,37 m

Elevasi muka air akhir = +4,47 - 0,2 = +4,27 m

c. Bak Penampung

Elevasi muka tanah awal = +4,32 m

Kedalaman = 1,0 m

Freeboard = 0,2 m

Elevasi dasar awal = +4,32 - (1,0 + 0,2) = +3,12 m

Elevasi dasar akhir = +3,12 - 0 = +3,12 m

Elevasi muka air awal = +4,32 - 0,2 = +4,12 m

Elevasi muka air akhir = +3,12 + 1,0 = +4,12 m

Adapun penggambaran Profil Hidrolis secara detail ada pada Lampiran Gambar 10.

5.7 SOP (*Standard Operational and Procedure*) dan Monitoring

5.7.1 SOP (*Standard Operational and Procedure*) Teknis

Pada penerapan *reed-bed* untuk pengolahan limbah domestik di lingkungan Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2

diperlukan suatu standar dalam pengoperasian dan pengelolaan unit pengolahan. Standar tersebut disusun dalam bentuk SOP (*Standard Operational and Procedure*) teknis yang berfungsi sebagai pedoman dasar bagi operator dan pengelola untuk melakukan monitoring dan manajemen dari *reed-bed*. SOP teknis untuk *reed-bed* di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 ini meliputi kegiatan sebagai berikut:

1. Aklimatisasi Tanaman
Tumbuhan kana (*Canna indica*) dipersiapkan terlebih dahulu pada *polybag* berisi sekam dan kompos hingga tumbuh generasi kedua (tunas). Tunas ditumbuhkan selama 2 bulan yang ditandai dengan tinggi tanaman yang mencapai 30 cm dan panjang akarnya sekitar 15 cm. Tanaman ditanam pada *reed-bed* dengan kerapatan 4-5 tanaman per m² dengan jarak 30-40 m tiap tanaman (Ojoawo, *et al.*, 2015). Sebelum ditanam, akar tanaman harus dibersihkan hingga bersih dan tidak tersisa tanah atau sekam.
2. Pengoperasian *Reed-bed*
 - a. Pada saat pertama kali unit pengolahan dioperasikan diisi air bersih hingga penuh terlebih dahulu.
 - b. Seluruh peralatan mekanik dan elektrik harus dipastikan dalam keadaan layak dan berfungsi dengan baik.
 - c. Bak penampung dilengkapi dengan pompa air limbah yang dipasang otomatis dengan menggunakan pelampung yang berfungsi jika permukaan air limbah melebihi level minimum maka pompa akan berjalan, begitu pula apabila air limbah dibawah level minimum maka pompa akan berhenti.
 - d. Pada proses operasional yang stabil memerlukan waktu pembiakan (*seeding*) mikroorganisme selama 1-2 minggu. Pada saat itu diharapkan mikroba dapat tumbuh pada permukaan media pada *reed-bed* yang ditandai dengan terbentuknya lapisan lendir atau *biofilm*. Proses pembiakan mikroorganisme dilakukan

secara alami sebab dalam limbah domestik sudah mengandung mikroorganisme.

- e. Pada sistem operasi yang telah stabil tidak perlu dilakukan penggantian tanaman *Canna indica* namun hanya perlu dilakukan pemangkasan pada tanaman yang telah tua dan mulai berguguran. Biasanya membutuhkan waktu sekitar 12 bulan pada satu siklus hidup tanaman kana. Tujuan dari pemangkasan ini adalah untuk menyisihkan polutan organik dan nutrisi dari dalam sistem (Abou-elela, *et al.*, 2012). Tanaman yang telah dipanen dapat dijadikan sebagai kompos.

3. Perawatan *Reed-bed*

- a. Pastikan sampah padat (plastik, daun, kain, dan batu) tidak masuk ke dalam sistem pengolahan air limbah. Cek setiap hari dan bersihkan secara manual.
- b. Pastikan tidak ada masukan dari limbah berbahaya seperti cecekan bahan bakar oli bekas, zat-zat kimia beracun, atau logam berat.
- c. Pengurasan lumpur pada *reed-bed* dilakukan saat terjadinya *clogging*. *Clogging* biasanya terjadi setelah sekitar 5 tahun atau lebih masa operasi (Nivala, *et al.*, 2012). *Clogging* dapat dihindari dengan cara melakukan pengecekan secara rutin terhadap pertumbuhan akar pada pipa inlet dan outlet. Adanya genangan pada *reed-bed* juga dapat dijadikan indikator adanya penyumbatan.
- d. Pengurasan dilakukan dengan cara menutup inlet pada salah satu unit *reed-bed* dan membiarkan unit lainnya tetap dialiri oleh air limbah. Tanaman diambil dari atas media dan dipisahkan antara tanaman yang masih segar dengan tanaman yang mulai layu. Tanaman yang masih segar dapat ditanam kembali sedangkan tanaman yang mulai layu dapat dikomposkan. Pembersihan dilakukan terlebih dahulu pada akumulasi lumpur (*sludge*) di bagian permukaan media dan dilanjutkan pada penggalan

media sedalam 0,55 m atau dengan meninggalkan 5 cm lapisan dasar yang mengandung *biofilm*. Selanjutnya media dibersihkan dengan *gravel-washing machine* dan diayak untuk menghilangkan partikel halus seperti tanah dan debu (Murphy, *et al.*, 2009)

4. Permasalahan yang Mungkin Timbul dan Cara Penanganannya.
Berikut adalah beberapa kemungkinan permasalahan yang terjadi pada saat pengoperasian *reed-bed* yaitu pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Permasalah yang Mungkin Timbul dan Cara Menanganinya

No	Permasalahan	Kemungkinan Penyebab	Cara Mengatasi
1	Bak ekualisasi atau bak kontrol luber	Pompa pada bak ekualisasi tidak berjalan atau terdapat penyumbatan di salah satu bagian.	<ul style="list-style-type: none"> • Cek aliran listrik • Cek level air • Cek pompa otomastis.
2	Kualitas air limbah hasil olahan tidak memenuhi baku mutu lingkungan.	<ul style="list-style-type: none"> • Proses penguraian limbah oleh mikroorganisme berkurang • Debit air limbah melebihi kapasitas • Penggunaan detergen yang tinggi sehingga sifat air menjadi basa 	<ul style="list-style-type: none"> • Atur debit air limbah sesuai dengan kapasitas. • Cek adanya kebocoran pada pipa. • Periksa kemungkinan terjadi pemborosan air dari dalam gedung. • Kurangi

No	Permasalahan	Kemungkinan Penyebab	Cara Mengatasi
			penggunaan detergen atau tambahkan chemical neutralizer agar pH turun.
3	Air olahan yang keluar dari <i>reed-bed</i> masih bau.	Suplai udara kurang, debit air limbah melebihi kapasitas.	<ul style="list-style-type: none"> • Cek keadaan tanaman dan bersihkan apabila terdapat kotoran. • Cek air limbah yang masuk ke dalam sistem.

Sumber: Kemenkes, 2011

5.7.2 Monitoring dan Evaluasi

1. Monitoring Kualitas Air Limbah

Secara umum dalam melakukan monitoring kualitas air limbah perlu memperhatikan beberapa hal yaitu penggunaan jenis laboratorium lingkungan yang terakreditasi, cara pengambilan sampel, dan jenis parameter yang digunakan.

a. Monitoring Berkala

Tujuan dari monitoring ini adalah untuk mengetahui kondisi dari sistem *reed-bed*. Sistem yang masih berjalan dengan baik akan ditandai dengan adanya kualitas efluen baik dan memenuhi baku mutu. Pada monitoring berkala dilakukan pengambilan sampel

dengan frekuensi 1 kali per bulan pada inlet dan outlet dari *reed-bed*. Parameter yang digunakan adalah Pergub Jatim No.72 Tahun 2013.

b. Monitoring Rutin

Pada monitoring rutin dilakukan pengukuran kualitas air limbah yang bertujuan untuk memonitoring kinerja sistem untuk memudahkan melakukan tindakan pencegahan dini (*early warning*) apabila terjadi gangguan. Secara umum tindakan monitoring rutin akan menjaga sistem agar berjalan secara optimal. Pada Tabel 5.5 adalah parameter yang digunakan dalam pemantauan kualitas air limbah:

Tabel 5.5 Parameter yang Digunakan dalam Pemantauan Kualitas Air Limbah

No	Parameter	Lokasi Pengambilan Sampel	Frekuensi	Metode pengukuran
1	Suhu	Inlet dan outlet	Setiap minggu	Termometer
2	pH	Inlet dan outlet	Setiap minggu	pH-meter
3	BOD ₅	Inlet dan outlet	Setiap bulan	Metode Winkler (SNI 6989-59-2008)
4	COD	Inlet dan outlet	Setiap bulan	Metode Titimetri (SNI 6989-59-2008)
5	TSS	Inlet dan outlet	Setiap bulan	Metode Gravimetri
6	Toksisitas	Inlet dan outlet	Setiap empat bulan	Toxicity-meter
7	Debit	Inlet dan outlet	Setiap hari	Flow-meter
8	Level air	<i>Reed-bed</i>	Setiap hari	Alat ukur
9	Tanaman	Sekitar inlet,	Setiap	Observasi

No	Parameter	Lokasi Pengambilan Sampel	Frekuensi	Metode pengukuran
		bagian tengah <i>reed-bed</i> , sekitar outlet	tahun	langsung

Sumber: Hunt, *et.al.*, 2011

2. Monitoring Debit Air Limbah
 - a. Pastikan tidak ada kebocoran pada pipa.
 - b. Debit air limbah diperoleh dengan menggunakan pendekatan 80% dari pemakaian air bersih bulanan.
 - c. Pencatatan debit pada *flow meter* dilakukan pula untuk mengetahui perbedaan kenaikan atau penurunan debit.
 - d. Hasil perhitungan debit dan fluktuasinya disajikan dalam grafik pada laporan bulanan.
3. Monitoring Efisiensi Kinerja *Reed-bed*
 - a. Data yang digunakan adalah hasil analisis laboratorium air limbah pada inlet dan outlet.
 - b. Perhitungan efisiensi diterapkan untuk parameter BOD dengan formulasi sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi BOD} = \frac{(BOD \text{ inlet} - BOD \text{ outlet})}{BOD \text{ inlet}} \times 100\%$$
 - c. Hasil perhitungan efisiensi dan fluktuasinya disajikan dalam grafik pada laporan bulanan.
4. Monitoring BOD *Loading* Air Limbah
 - a. Data yang digunakan adalah debit rata-rata harian dan kualitas BOD air limbah pada inlet dan outlet.
 - b. BOD *loading* dianalisis dengan membandingkan BOD loading hasil perencanaan dan hasil perhitungan. BOD loading hasil perhitungan harus berada di bawah BOD loading pada perencanaan, jika nilainya melebihi maka akan berpengaruh terhadap kualitas effluennya.
 Perhitungan BOD loading yaitu:

$$BOD_{\text{loading}} (\text{kg/hari}) = \text{Debit}(\text{m}^3/\text{hari}) \times [BOD](\text{mg/L})$$

- c. Hasil perhitungan BOD loading dan fluktuasinya disajikan dalam grafik pada laporan bulanan.
5. Evaluasi
Adanya evaluasi kinerja dari *reed-bed* ini bertujuan agar diketahui kondisi sistem dan peralatan pendukung pada kurun waktu tertentu. Pendekatan evaluasi yang digunakan adalah:
- Membandingkan kualitas air limbah dengan baku mutu air limbah yaitu Pergub Jatim No 72 Tahun 2013.
 - Membandingkan kondisi sistem dengan standar kriteria desain.

5.8 BOQ (*Bill Of Quantity*) dan RAB (Rencana anggaran biaya)

5.8.1. BOQ (*Bill Of Quantity*)

Perhitungan BOQ (*Bill Of Quantity*) pada perencanaan ini meliputi BOQ galian tanah, BOQ urugan pasir, BOQ beton, BOQ urugan tanah, dan BOQ pompa, pipa, dan aksesoris.

a. BOQ Pekerjaan Penggalian Tanah

Pada pekerjaan penggalian ini tanah digali dengan bentuk tampak samping yaitu trapesium. Volume galian dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan berikut:

$$\text{Volume galian} = \frac{1}{2} [A1 + A2] y L$$

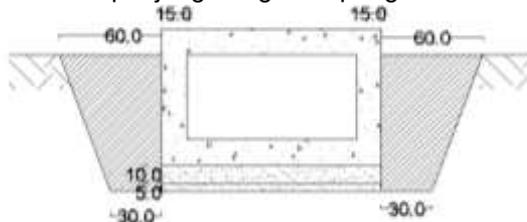
Keterangan :

A1 = panjang sisi atas

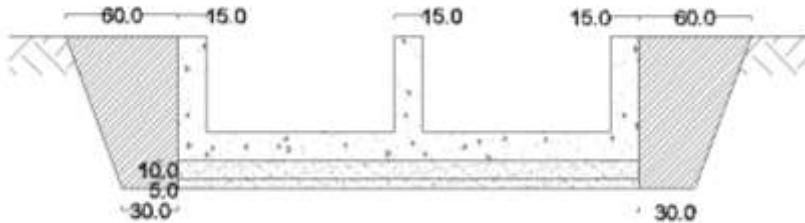
A2 = panjang sisi bawah

y = kedalaman bangunan + tebal pasir (10 cm)

L = panjang bangunan pengolahan



Gambar 5.5 Galian Bak Ekualisasi dan Bak Penampung



Gambar 5.6 Galian *Reed-bed*

➤ Bak Ekualisasi

Dimensi bak = 3 m x 3 m x 2 m

Freeboard = 0,2 m

Lantai kerja beton = 0,05 m

Volume galian tanah bak ekualisasi

$$= \frac{1}{2} [4,5 + 3,9] \times 3 \times 2,35$$

$$= 29,61 \text{ m}^3$$

➤ *Reed-bed*

Dimensi bak = 71 m x 9 m x 0,6 m

Jumlah unit = 2

Freeboard = 0,2 m

Lantai kerja = 0,05 m

Volume galian tanah *reed-bed* (Gambar 5.5)

$$= \frac{1}{2} [19,65 + 19,05] \times 0,95 \times 71$$

$$= 1305,16 \text{ m}^3$$

➤ Bak Penampung

Dimensi bak = 8 m x 4 m x 1 m

Freeboard = 0,2 m

Lantai kerja = 0,05 m

Volume galian tanah bak penampung

$$= \frac{1}{2} [5,5 + 4,9] \times 1,35 \times 8$$

$$= 56,16 \text{ m}^3$$

Jadi volume total galian tanah adalah,

$$= 29,61 \text{ m}^3 + 1305,16 \text{ m}^3 + 56,16 \text{ m}^3$$

$$= 1390,9 \text{ m}^3$$

b. BOQ Pekerjaan Pengurugan Pasir yang Dipadatkan

Volume pasir urug yang dipadatkan

= As x tebal pasir (10 cm)

➤ Bak Ekualisasi

Dimensi bak = 3 m x 3 m x 2 m

Volume pasir urug yang dipadatkan pada bak ekualisasi

= As x 0,1 m

= (3m x 3m) x 0,1m

= 0,9 m³

➤ *Reed-bed*

Dimensi bak = 71 m x 9 m x 0,6 m

Jumlah unit = 2

Volume pasir urug yang dipadatkan pada *reed-bed*

= 2 x As x 0,1 m

= 2 x (9m x 71m) x 0,1m

= 127,8 m³

➤ Bak Penampung

Dimensi bak = 8 m x 4 m x 1 m

Volume pasir urug yang dipadatkan pada bak penampung

= As x 0,1 m

= (8m x 4m) x 0,1m

= 3,23 m³

Jadi volume total pasir urug yang dipadatkan adalah,

$$= 0,9 \text{ m}^3 + 127,8 \text{ m}^3 + 3,23 \text{ m}^3$$

$$= 131,93 \text{ m}^3$$

c. BOQ Pekerjaan Beton

1. Perhitungan Volume Lantai dan Lantai Kerja Beton
Direncanakan lantai bangunan dengan tebal 15 cm dan lantai kerja beton 5 cm. Sehingga tebal beton keseluruhan adalah 20 cm.
Volume lantai bangunan dan lantai kerja beton
= As x tebal beton (20 m)

➤ Bak Ekualisasi

$$\begin{aligned}\text{Dimensi bak} &= 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ \text{Volume lantai kerja pada bak ekualisasi} &= \text{As} \times 0,2 \text{ m} \\ &= (3 \text{ m} \times 3 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m} \\ &= 1,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

➤ *Reed-bed*

$$\begin{aligned}\text{Dimensi bak} &= 71 \text{ m} \times 9 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \\ \text{Jumlah unit} &= 2 \\ \text{Volume lantai bangunan dan lantai kerja beton} & \\ \text{pada } \textit{reed-bed} & \\ &= 2 \times \text{As} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 2 \times (9 \text{ m} \times 71 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m} \\ &= 255,6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

➤ Bak Penampung

$$\begin{aligned}\text{Dimensi bak} &= 8 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ \text{Volume lantai bangunan dan lantai kerja beton} & \\ \text{bak penampung} & \\ &= \text{As} \times 0,2 \text{ m} \\ &= (8 \text{ m} \times 4 \text{ m}) \times 0,2 \text{ m} \\ &= 6,4 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Jadi volume total pekerjaan lantai bangunan dan lantai kerja beton adalah,

$$\begin{aligned}&= 1,8 \text{ m}^3 + 255,6 \text{ m}^3 + 6,4 \text{ m}^3 \\ &= 263,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2. Perhitungan Dinding Beton

Perhitungan volume dinding beton dengan rumus:

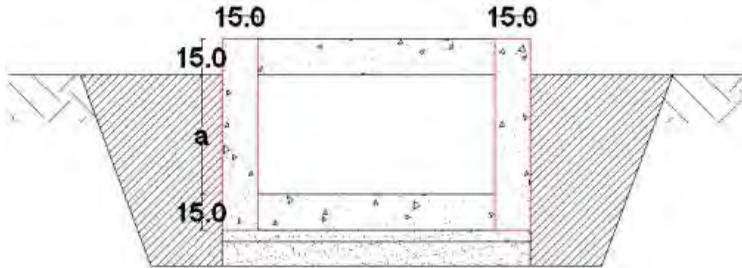
$$\text{Volume dinding beton} = L_d \times (2 L_d + a) \times P$$

Keterangan:

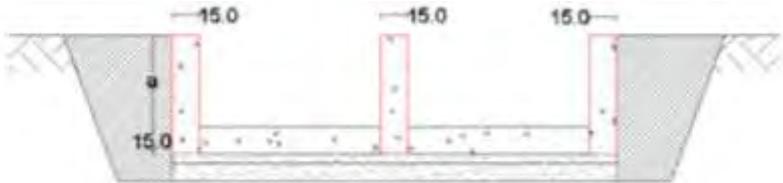
L_d = Lebar dinding (15 cm)

a = kedalaman + freeboard

P = Panjang bak



Gambar 5.7 Dinding Bak Ekualisasi dan Bak Penampung



Gambar 5.7 Dinding *Reed-bed*

➤ Bak Ekualisasi

Dimensi bak = 3 m x 3 m x 2 m

Freeboard = 0,2 m

Tebal dinding = 0,15 m

Lantai kerja = 0,05 m

Volume dinding beton bak ekualisasi

$$= 2 \times (L_d \times (2L_d + a) \times P)$$

$$= 2 (0,15\text{m} \times 2,5\text{m} \times 3\text{m})$$

$$= 2,25 \text{ m}^3$$

- *Reed-bed*
 - Dimensi bak = 71 m x 9 m x 0,6 m
 - Jumlah unit = 2
 - Freeboard = 0,2 m
 - Tebal dinding = 0,15 m
 - Lantai kerja = 0,05 m
 - Volume dinding beton pada *reed-bed* (Gambar 5.5)
 - = $3 \times (L_d \times (L_d+a) \times P)$
 - = $3 (0,15\text{m} \times 1,1\text{m} \times 71\text{m})$
 - = $35,15 \text{ m}^3$

- Bak Penampung
 - Dimensi bak = 8 m x 4 m x 1 m
 - Freeboard = 0,2 m
 - Tebal dinding = 0,15 m
 - Lantai kerja = 0,05 m
 - Volume dinding beton pada bak penampung
 - = $2 \times (L_d \times (2L_d+a) \times P)$
 - = $2 (0,15\text{m} \times 1,5\text{m} \times 8\text{m})$
 - = $3,6 \text{ m}^3$

Jadi volume total dinding beton adalah,

$$= 2,25 \text{ m}^3 + 35,15 \text{ m}^3 + 3,6 \text{ m}^3$$

$$= 41 \text{ m}^3$$

3. Perhitungan Penutup Beton

Penutup beton akan digunakan pada bak ekualisasi dan bak penampung yang didesain tertutup sedangkan *reed-bed* didesain tanpa tutup. Perhitungan volume penutup beton adalah sebagai berikut:

Volume penutup beton = As x tebal beton (0,15 m)

- Bak Ekualisasi
 - Dimensi bak = 3 m x 3 m x 2 m
 - Volume penutup beton pada bak ekualisasi = As x 0,15 m

$$= (3\text{m} \times 3\text{m}) \times 0,15\text{m}$$

$$= 1,35 \text{ m}^3$$

- Bak Penampung
 Dimensi bak = 8 m x 4 m x 1 m
 Volume penutup beton pada bak penampung
 = As x 0,15 m
 = (8m x 4m) x 0,15m
 = 4,8 m³

Jadi volume total penutup beton adalah,

$$= 1,35 \text{ m}^3 + 4,8 \text{ m}^3$$

$$= 6,15 \text{ m}^3$$

Total pekerjaan beton adalah,

= volume lantai kerja + volume dinding beton +
 volume penutup beton

$$= 65,95 \text{ m}^3 + 370,48 \text{ m}^3 + 6,15 \text{ m}^3$$

$$= 442,58 \text{ m}^3$$

d. BOQ Pekerjaan Pengurugan Kembali

Volume urugan tanah dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Volume urugan tanah} = 2 \times \frac{1}{2} [A1 + A2] y L$$

Keterangan :

A1 = panjang sisi atas

A2 = panjang sisi bawah

y = kedalaman bangunan + lantai dan lantai kerja +
 pasir urug

L = panjang

- Bak Ekualisasi

Dimensi bak = 3 m x 3 m x 2 m

Volume urugan tanah bak ekualisasi

$$= 2 \times \frac{1}{2} [0,3 + 0,6] \times 2,5\text{m} \times 3\text{m}$$

$$=$$

$$= 6,75 \text{ m}^3$$

➤ *Reed-bed*

Dimensi bak = 71 m x 9 m x 0,6 m

Jumlah unit = 2

Volume urugan tanah *reed-bed*

$$= 2 \times \frac{1}{2} [0,3 + 0,6] \times 1,1 \text{ m} \times 71 \text{ m}$$

$$= 70,29 \text{ m}^3$$

➤ Bak Penampung

Dimensi bak = 8 m x 4 m x 1 m

Volume urugan tanah pada bak penampung

$$= 2 \times \frac{1}{2} [0,3 + 0,6] \times 2,5 \text{ m} \times 8 \text{ m}$$

$$= 18 \text{ m}^3$$

Jadi volume total pekerjaan pengurugan kembali adalah,

$$= 6,75 \text{ m}^3 + 70,29 \text{ m}^3 + 18 \text{ m}^3$$

$$= 95,04 \text{ m}^3$$

- e. BOQ Pengadaan Pompa, Perpipaan, dan Aksesoris
BOQ pompa, perpipaan, dan aksesorinya adalah pada Tabel 5.6 sebagai berikut:

➤ Pompa

Pompa yang akan digunakan berjumlah sebanyak 4 buah dengan rincian 2 buah pada *sump well* dan 2 buah pada bak ekualisasi.

➤ Pipa Φ 3 inchi

Jumlah total kebutuhan pipa dalam sistem sebanyak 56 m atau 14 batang (1 batang = 4 m)

➤ Tanaman

Tanaman kana yang dibutuhkan sebanyak 5112 batang atau 730 kg (1 kg = 7 batang).

- *Media Gravelly sand*
Media yang digunakan adalah pasir silika dengan diameter efektif 8 mm. Media yang dibutuhkan 767 m³ atau 921 kg (Massa pasir silika = 1,2 kg/m³). Dalam 1 zak pasir berisi 50 kg media, sehingga dibutuhkan 19 zak untuk pengadaan media.

Tabel 5.6 BOQ Pengadaan Pompa, Perpipaan, dan Aksesoris

No	Material	Satuan	Jumlah
1	Pompa	Unit	4
2	Pipa Φ 3 inchi	Batang	14
3	<i>Gate valve</i>	Unit	1
4	<i>Check valve</i>	Unit	1
5	<i>Knee 90°</i>	Unit	9
6	Tanaman	kg	730
7	<i>Media Gravelly sand</i>	Zak	19

Sumber: Hasil Perencanaan

5.8.2. RAB (Rencana Anggaran Biaya)

Rencana anggaran biaya merupakan hasil perhitungan antara volume pekerjaan dengan harga satuan yang telah dikalikan dengan indeks yang sesuai dengan HSPK Kota Surabaya Tahun 2015 dan SNI DT-91. Pada analisis RAB ini akan dihitung biaya:

- Penggalan Tanah Biasa
- Pengurugan Pasir Dengan Pemadatan
- Pembetonan
- Pembesian
- Bekisting Sloof
- Pengurugan Tanah Kembali
- Pemasangan Pipa Air Limbah 3"
- Pengadaan Pipa, Pompa, dan Aksesoris

Pembetonan menggunakan beton berstruktur dengan tipe K-225 yang kedap air. Pada pembetonan ini dilakukan pekerjaan pembesian dan digunakan besi polos 10 kg. Perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) pada perencanaan ini adalah pada Tabel 5.7 :

Tabel 5.7 Rencana Anggaran Biaya Perencanaan *Reed-bed* di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2

No	Pekerjaan	Satuan	Volume Total	Harga Satuan (Rp)	Biaya (Rp)	Total Biaya
Bak Ekualisasi						
1	Penggalian Tanah Biasa	m ³	29,61	77.250	2.287.373	
2	Pengurugan Pasir dengan Pemasatan	m ³	0,9	203.100	182.790	
3	Pembuatan Beton Mutu f'c = 19,3 MPa (K-225)	m ³	5,4	1.153.439	6.228.571	
4	Pembesian dengan Besi Beton Polos 10 kg	m ³	2,25	218.210	490.973	
5	Pemasangan Bekisting untuk Sloof	m ³	2,25	238.190	535.928	
6	Pengurugan Kembali Tanah Galian	m ³	6,75	12.378	83.552	
7	Pemasangan 1 batang Pipa Air Limbah 3"	Batang	1	49.299	49.299	
8	Pengadaan Pompa dan Aksesoris	-	-	6.673.975	12.371.975	22.230.391
<i>Reed-bed</i>						
1	Penggalian Tanah Biasa	m ³	1305,16	77.250	100.823.610	
2	Pengurugan Pasir dengan Pemasatan	m ³	127,8	203.100	25.956.180	

No	Pekerjaan	Satuan	Volume Total	Harga Satuan (Rp)	Biaya (Rp)	Total Biaya
3	Pembuatan Beton Mutu f'c = 19,3 MPa (K-225)	m ³	290,75	1.153.439	335.362.433	
4	Pembesian dengan Besi Beton Polos 10 kg	m ³	35,15	218.210	7.670.082	
5	Pemasangan Bekisting untuk Sloof	m ³	35,15	238.190	8.372.379	
6	Pengurugan Kembali Tanah Galian	m ³	70,29	12.378	870.050	
7	Pemasangan 1 batang Pipa Air Limbah 3"	Batang	13	49.299	640.887	
8	Pengadaan Media dan Tanaman	-	-	46.300.000	46.300.000	525.995.620
Bak Penampung						
1	Penggalian Tanah Biasa	m ³	56,16	77.250	4.338.360	
2	Pengurugan Pasir dengan Pematatan	m ³	3,23	203.100	656.013	
3	Pembuatan Beton Mutu f'c = 19,3 MPa (K-225)	m ³	16,15	1.153.439	18.628.042	
4	Pembesian dengan Besi Beton Polos 10 kg	m ³	3,6	218.210	785.556	
5	Pemasangan Bekisting untuk Sloof	m ³	3,6	238.190	857.484	

No	Pekerjaan	Satuan	Volume Total	Harga Satuan (Rp)	Biaya (Rp)	Total Biaya
6	Pengurugan Kembali Tanah Galian	m ³	18	12.378	222.804	25.488.259
Total Biaya Keseluruhan						577.714.270
Pembulatan						577.715.000

5.8 Analisis Harga Satuan

No	Analisis	Satuan	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan (Rp)
1	Menggali 1 m³ Tanah Biasa				
	Mandor	OH	0,025	120.000	3.000
	Pembantu tukang	OH	0,75	99.000	74.250
	Total per 1 m³				77.250
2	Mengurug 1 m³ Pasir dengan Pemasatan				
	Bahan				
	Pasir urug	m3	1,2	143.500	172.200
	Upah				
	Mandor	OH	0,01	120.000	1.200

No	Analisis	Satuan	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan (Rp)
.	Pembantu tukang	OH	0,3	99.000	29.700
	Total per 1 m³				203.100
3	Membuat 1 m³ Beton Mutu f'c = 19,3 MPa (K-225)				
	Bahan				
	Semen PC 40 kg	Zak	9,275	63.000	584.325
	Pasir beton	m3	0,43625	232.100	101.254
	Batu pecah mesin 1/2 cm	m3	0,551053	466.000	256.791
	Air kerja	liter	215	27	5.805
	Upah				
	Mandor	OH	0,083	120.000	9.960
	Kepala tukang	OH	0,028	110.000	3.080
	Tukang	OH	0,275	105.000	28.875
	Pembantu tukang	OH	1,65	99.000	163.350
	Total per 1 m³				1.153.439
4	Pembesian 1 m³ Besi Beton Polos 10 kg				
	Bahan				
	Besi beton polos	kg	1,05	12.000	12.600

No	Analisis	Satuan	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan (Rp)
.	Kawat ikat	kg	0,015	23.000	345
	Upah				
	Mandor	OH	0,083	120.000	9.960
	Kepala tukang	OH	0,028	110.000	3.080
	Tukang	OH	0,275	105.000	28.875
	Pembantu tukang	OH	1,65	99.000	163.350
	Total per 1 m³				218.210
5	Memasang 1 m³ Bekisting untuk Sloof				
	Bahan				
	Paku triplek/eternit	kg	0,3	22.000	6.600
	Kayu meranti bekisting	m3	0,045	3.200.000	144.000
	Minyak bekisting	liter	0,1	28.300	2.830
	Upah				
	Mandor	OH	0,026	Rp120.000	3.120
	Kepala tukang	OH	0,026	Rp110.000	2.860
	Tukang	OH	0,26	Rp105.000	27.300
	Pembantu tukang	OH	0,52	Rp99.000	51.480

No	Analisis	Satuan	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan (Rp)
	Total per 1 m³				238.190
6	Mengurug Kembali 1 m³ Tanah Galian				
	Mandor	OH	0,019	120.000	2.280
	Pembantu tukang	OH	0,102	99.000	10.098
	Total per 1 m³				12.378
7	Pengadaan Pompa dan Aksesoris				
	Pompa	unit	4	2.849.000	11.396.000
	Knee	Boks	1	18.600	18.600
	Gate valve	unit	1	419.875	419.875
	Check valve	unit	1	537.500	537.500
	Total				12.371.975
8	Pengadaan Media dan Tanaman				
	Tanaman Kana	kg	730	40.000	29.200.000
	Media Gravel	Zak	19	900.000	17.100.000
	Total				46.300.000

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A

PROSEDUR ANALISIS PARAMETER

1. Prosedur Analisis BOD₅

a. Pembuatan Air Pengencer

1. Tambahkan 1 ml larutan Buffer Fosfat per liter air
2. Tambahkan 1 ml larutan Magnesium Sulfat per liter air
3. Tambahkan 1 ml larutan Kalium Klorida per liter
4. Tambahkan 1 ml Ferri Klorida per liter air
5. Tambahkan 10 mg bubuk inhibitor
6. Dilakukan aerasi minimal 2 jam
7. Tambahkan 1 ml larutan benih per liter air

b. Prosedur BOD₅

1. Menentukan pengenceran
Besarnya pengenceran dapat diketahui melalui angka KMnO₄, sebagai berikut :

$$P = \frac{\text{angka } KMnO_4}{3 \text{ atau } 5}$$

2. Prosedur BOD₅ dengan winkler

1. Siapkan 1 buah labu takar 500 ml dan tuangkan sampel sesuai perhitungan pengenceran
2. Ditambahkan air pengencer sampai batas labu
3. Disiapkan 2 botol winkler 300 ml dan 2 botol winkler 150 ml.
4. Dituangkan air dalam labu takar ke dalam botol winkler 300 ml dan 150 ml sampai tumpah.
5. Dituangkan air pengencer ke botol winkler 300 ml dan 150 ml sebagai blanko sampai tumpah
6. Dimasukan kedua botol winkler 300 ml ke dalam incubator 20 °C selama 5 hari
7. Dimasukan kedua botol winkler 150 ml yang berisi air dianalisa oksigen terlarutnya dengan prosedur berikut:
 - a. Tambahkan 1 ml larutan Mangan Sulfat

- b. Tambahkan 1 ml larutan Pereaksi Oksigen
 - c. Botol ditutup dengan hati-hati agar tidak terbentuk gelembung udara
 - d. Biarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
 - e. Tambahkan 1 ml larutan asam sulfat pekat, tutup dan dibolak balik
 - f. Titrasi dengan larutan Natrium Thiosulfat 0,0125 N sampai warna menjadi coklat muda.
 - g. Tambahkan 3-4 tetes indikator amilum dan titrasi dengan Natrium Thiosulfat hingga warna biru hilang
8. Setelah 5 hari, analisis kedua larutan dalam botol winkler 300 ml dengan analisis oksigen terlarut
9. Hitung oksigen terlarut dan BOD dengan rumus berikut:

$$DO \text{ (mg/L)} = \frac{a \times N \times 8000}{100}$$

$$BOD_5 = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)x((1-p))}{P}$$

$$P = \frac{ml \text{ sampel}}{Volume \text{ hasil pengenceran}}$$

Dimana : X_0 = oksigen terlarut sampel pada $t = 0$

X_5 = oksigen terlarut sampel pada $t = 5$

B_0 = oksigen terlarut blanko pada $t = 0$

B_5 = oksigen terlarut blanko pada $t = 5$

P = derajat pengenceran

2. Prosedur Analisis COD

a. Pembuatan Larutan Pereaksi

- b. Larutan standar primer K_2CrO_7 0,05 N
Dilarutkan K_2CrO_7 anhidrous sebanyak 0,6129 gram dalam labu ukur hingga mencapai volume 250 ml

- c. Larutan standar Ferro Aluminium 0,05 N
Dilartukan FAS sebanyak 9,8035 gram dalam 10 ml H_2SO_4 pekat, kemudian ditambahkan aquades hingga 500 ml. standarisasi dengan larutan standar primer K_2CrO_7 0,05 N
 - d. Larutan indicator Feroin
 - e. Dilartukan 1,10-phenantrolin monohydrate sebanyak 0,7425 gram dan 0,3475 gram $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dengan aquades hingga 50 ml
 - f. Larutan katalis
 - g. Ditambahkan Ag_2SO_4 sebanyak 5,0551 gram ke dalam 500 ml H_2SO_4 pekat, selama 1-2 hari untuk melartukan Ag_2SO_4
 - h. Larutan digest
Dilartukan 5,1085 gram K_2CrO_7 83,5 ml H_2SO_4 dan 4,1625 gram $HgSO_4$ dengan aquades sampai 500 ml.
- b. Standarisasi Larutan FAS
1. Diambil sebanyak 10 ml larutan K_2CrO_7 0,05 N dan dimasukan dalam Erlenmeyer
 2. Ditambahkan 10 ml H_2SO_4 8 N dan 3 tetets indikator feroin
 3. Dititrasi dengan larutan FAS 0,05 N sampai terjadi perubahan warna dari biru menjadi merah coklat.
Perhitungan $N_{Fe(NH_4)_2(SO_4)_2} = \frac{V_{K_2Cr_2O_7} \times N_{K_2Cr_2O_7}}{Fe(NH_4)_2(SO_4)_2}$
- c. Prosedur Analisis COD
1. Dimasukan 0,4 gram Kristal Hg_2SO_4 ke dalam masing-masing Erlenmeyer COD.
 2. Dituangkan 20 ml sampel dan 20 ml aquades (blanko) ke dalam masing-masing Erlenmeyer
 3. Ditambahkan 10 ml larutan K_2CrO_7 0,1 N
 4. Ditambahkan 30 ml larutan campuran H_2SO_4 dan Ag_2SO_4
 5. Dialirkan air pendingin pada kondensor dan pasang erlenmeyer COD
 6. Alat pemanas dinyalakan dan direfluks selama 2 jam

7. Erlenmeyer dibiarkan dingin dan ditambahkan air aquades melalui kondensor hingga avolume 150 ml
8. Erlenmeyer dilepaskan dari kondensor dan tunggu sampai dingin
9. Ditambahkan indikator feroin sebanyak 3-4 tetes
10. Kedua larutan dititrasi di erlenmeyer tersebut dengan larutan standar Fero Amonium Sulfat 0,05 N hingga warna menjadi merah kecoklatan
11. Hitung COD dengan rumus:

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(A-B) \times N \text{ FAS} \times 8000}{V \text{ sampel}}$$

Dimana : A = volume FAS

B = volume FAS titrasi sampel

3. Prosedur Analisis TSS

1. Cawan porselen dibakar dengan suhu 550°C selama 1 jam lalu dimasukkan ke dalam oven bersuhu 105°C selama 15 jam
2. Kertas saring dimasukkan oven 105°C selama 1 jam
3. Cawan dan kertas saring didinginkan dalam desikator selama 15 menit
4. Ditimbang cawan dan kertas saring dengan neraca analitik (a mg)
5. Kertas saring yang telah ditimbang diletakan pada vacuum filter
6. Sampel dituang sebanyak 25 ml diatas filter yang telah dipasang pada vacuum filter (b ml)
7. Saring air sampel hingga kering
8. Kertas saring diletakkan pada cawan petri dan dimasukkan oven 105°C selama 1 jam
9. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit
10. Timbang dengan neraca analitik (c mg)
11. Hitung TSS dengan rumus berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{C-A}{B} \times 1000 \times 1000$$

Dimana : A = cawan kosong setelah difurnace dan oven

B = volume sampel

C = cawan residu setelah dioven

LAMPIRAN B
HASIL SURVEI KEBUTUHAN AIR RUSUNAWA
PENJARINGAN SARI 1 DAN 2

No	Nama	Jumlah KK	Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3
1	Sriyanto	4	15	16	14
2	Nanang	5	16	14	14
3	Ribut	4	14	15	11
4	Saumi	3	10	10	10
5	Atik	4	15	18	14
6	Tumariyanto	6	23	24	22
7	Dian	4	15	16	18
8	Waras	4	12	10	14
9	Agus	4	14	10	10
10	Jalu	4	19	19	17
11	Nurul	5	17	17	17
12	Ofi	6	32	36	24
13	Maimunah	6	18	18	20
14	Endang	4	22	24	25
15	Fajar	4	16	12	11
16	Sugiarti	4	20	14	14
17	Siti	2	18	12	16
18	Fera	3	24	19	22
19	Makmur	3	27	22	21
20	Muhailil	3	25	18	18
21	Laskar	4	32	28	28
22	Narti	2	20	13	10
23	Mulyono	4	34	29	28
24	Supri	4	36	30	33
Jumlah		96	494	444	431

LAMPIRAN C
DOKUMENTASI PENGUJIAN DI LABORATORIUM



Pengambilan Sampel



Pengujian Parameter TSS



Pengujian Parameter COD



Pengujian Parameter BOD

LAMPIRAN D
DAFTAR HARGA



PT. ABADI METAL UTAMA

Jl. Raya Sukomawonggal Jaya A6, Satelit Town Square, Surabaya, Jawa Timur
Telp. : (031)7317975; 7324885 (Hunting) Fax. : (031) 7325030, 7326050
E-mail : AbadiMetalutama@gmail.com
Website : www.abadimetalutama.com

DAFTAR HARGA ELBOW 90° (AW)		
DIAMETER	ISI / BOX	HARGA
1/2"	225	Rp1,500
3/4"	145	Rp1,950
1"	80	Rp3,150
1 1/4"	40	Rp5,600
1 1/2"	25	Rp7,800
2"	18	Rp12,400
2 1/2"	28	Rp18,600
3"	16	Rp31,150
4"	9	Rp60,750
5"	5	Rp87,650
6"	5	Rp146,700
8"	2	Rp332,350
10"	1	Rp444,200

LAMPIRAN E KEBUTUHAN POMPA

SEW 90.00.11.A.4.500



Model Product, picture may differ from actual product

Product No. : 90177659

Highly advanced pumps with many unique features

The **Goulds** **SEV** and **SEI** ranges are technologically very advanced pumps designed for handling wastewater, process water and unscreened raw sewage in heavy-duty municipal, utilities and industrial applications.

These heavy-duty pumps are built for years of trouble-free operation in the most demanding applications.

The pumps may be installed submerged or dry (without motor cooling) in either case they are extremely reliable and very easy to service.

The efficient, single-channel, or **SuperChannel** impellers provide free passage of solids up to 100 mm. This greatly reduces the risk of clogging and ensures maximum up-time and reduced operating costs.

Advanced technology inside out

The **Goulds** **SEV** and **SEI** pumps feature advanced technology inside out. In spite of their good looks, these highly efficient pumps are designed for years of trouble-free operation in the toughest environments. Easy to install and easy to service, the **SEV** and **SEI** pumps ensure low long-term operating costs.

► **Watertight cable connection**

Polyurethane-filled stainless steel cable connection, hermetically sealed. **Goulds**, the liquid cannot penetrate through the cable into the motor.

► **Short rotor shaft**

Compact motor construction with short rotor shaft reduces vibrations, increases efficiency, and lifetime of shaft-seal-and-bell-bearings.

► **Liquid-less motor cooling**

Solid-blade axial bearing with built-in cooling circuits, which efficiently transfer excess heat to pump, liquid just a solid, cast-iron cooling flange. This allows for continuous operation even in a dry installation.

► **Double mechanical shaft seal**

Efficient single-unit cartridge shaft seal system ensures longer operating time and less downtime. Easy to replace, no lip seal without use of special tools.

► **Replaceable wear ring**

Easy replaceable stainless steel wear ring on channel impeller and rubber seal ring in the pump housing enable maintaining maximum pumping efficiency without replacing impeller.

► **Stainless steel motor jacket**

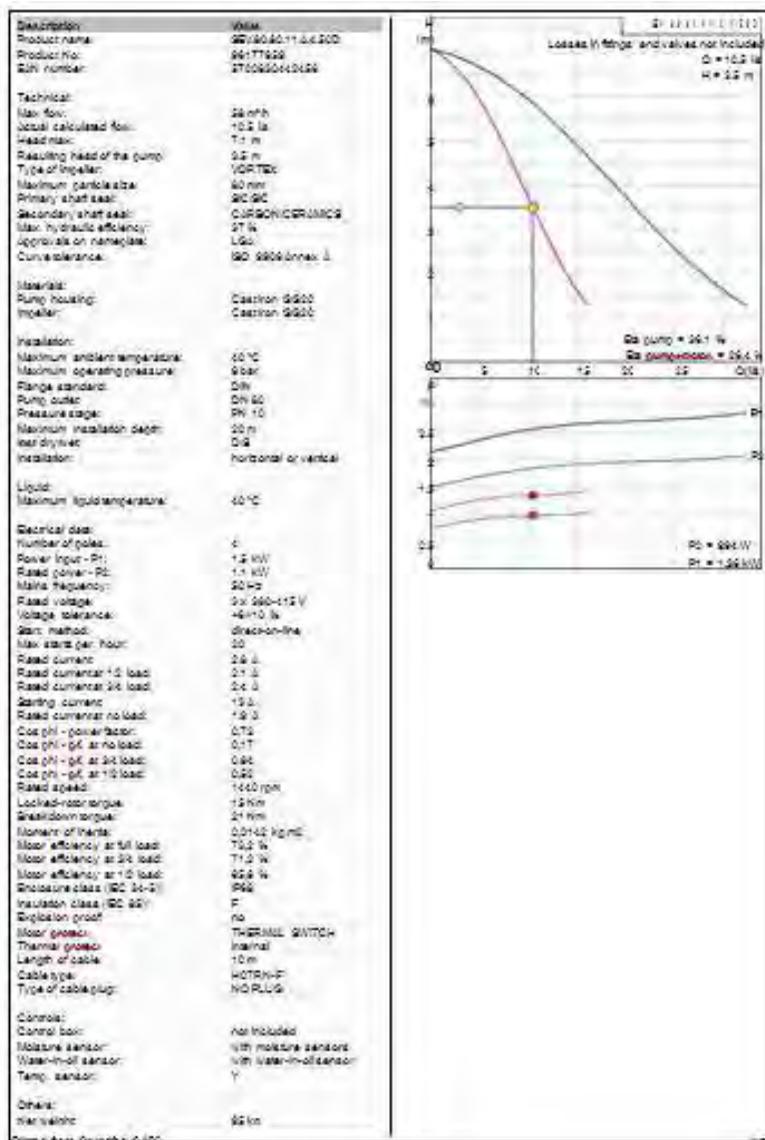
Corrosion-resistant stainless steel motor housing jacket, with an easy-to-clean smooth surface.

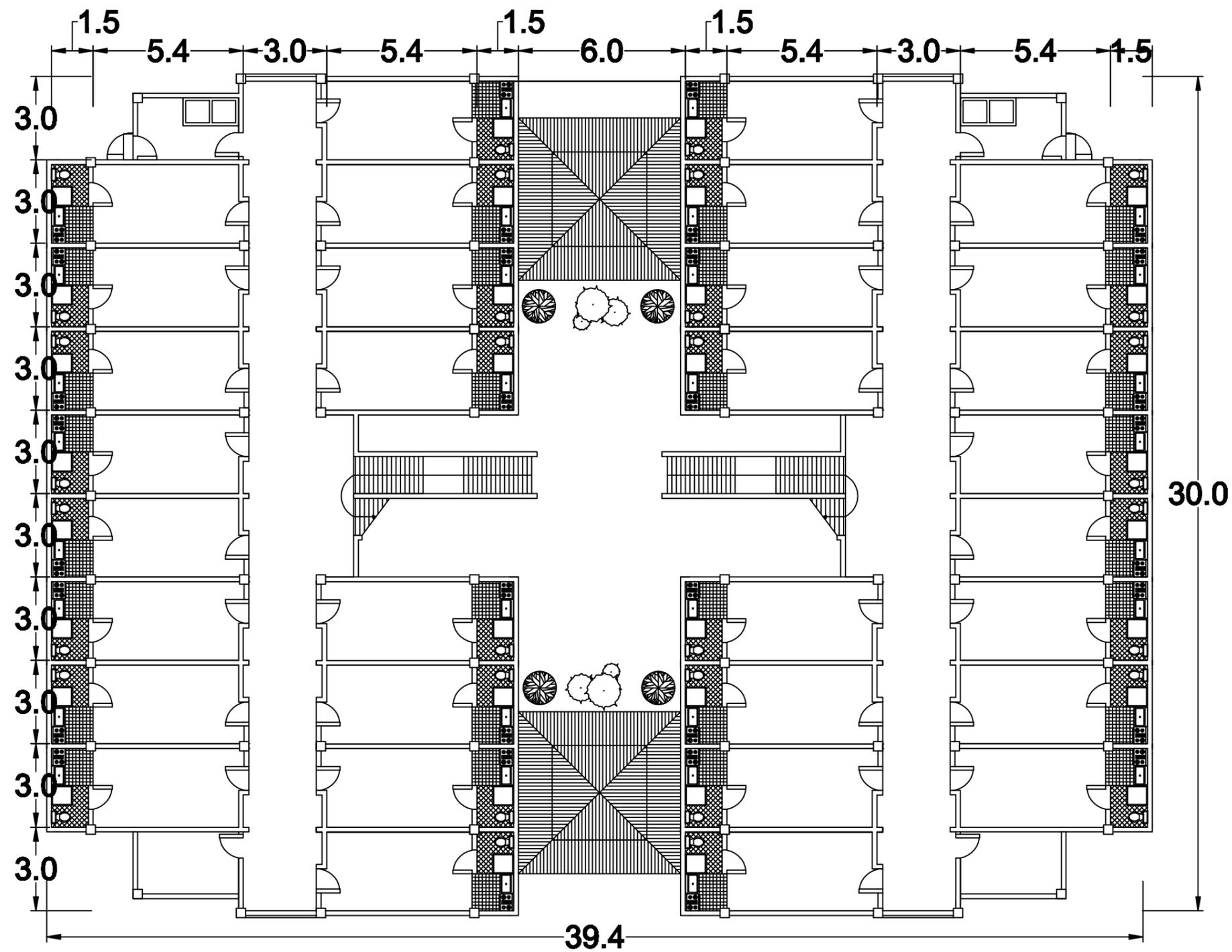
► **Stainless steel clamp**

Unique clamp assembling system enables quick and easy disassembly of pump from motor unit. No tools required. Provides easy access for service and inspection.

► **Modular design**

Each motor size fits several pump sizes with channel-impeller or **SuperChannel** hydraulics.

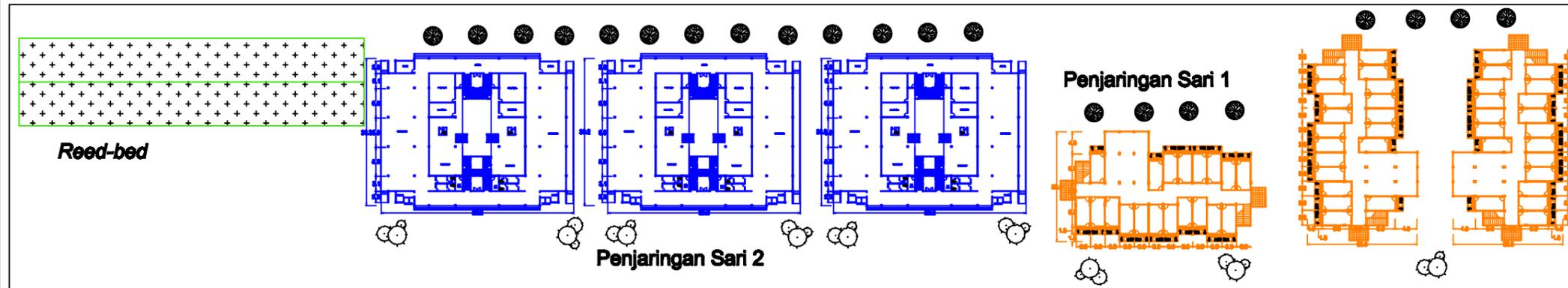




**Denah Lantai 2 Rusunawa
Penjaringan Sari 2**



JUDUL TUGAS	
TUGAS AKHIR	
JURUSAN	
TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
LEGENDA	
	Tanaman
	Lantai
	Paving
MAHASISWA	
RINDA MEYLIA WIDYASARI 3312100081	
DOSEN PEMBIMBING	
BIEBY VOLJANT T., ST., MT., Ph.D	
JUDUL GAMBAR	
Denah Lantai 2 Rusunawa Penjaringan Sari 2	
SUMBER	NOMOR GAMBAR
Dinas Pengelolaan Bangunan dan Tanah Kota Surabaya	3



JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

-  Tanaman
-  Lantai
-  Paving

MAHASISWA

RINDA MEYLIA WIDYASARI
3312100081

DOSEN PEMBIMBING

BIEBY VOLJANT T., ST., MT., Ph.D

JUDUL GAMBAR

Peletakan *Reed-bed* di
Rusunawa
Penjaringan Sari 2

SUMBER

NOMOR GAMBAR

Dinas Pengelolaan
Bangunan dan Tanah
Kota Surabaya

4

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Pada perencanaan ini yang digunakan adalah jenis *subsurface flow* dengan menggunakan tanaman *Canna indica* dan media *gravelly sand*. Diperoleh dimensi dari 2 *reed-bed* masing-masing yaitu 9 m x 71 m, atau seluas 1278 m². Luas dari yang akan dibangun bersesuaian dengan luas lahan kosong yang tersedia di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 yaitu 1787 m².

SOP (Standard Operational and Procedure) teknis yang direncanakan yaitu aklimatisasi tanaman, pengoperasian *reed-bed*, perawatan *reed-bed*, dan kemungkinan permasalahan yang timbul serta prosedur monitoring dan evaluasi dari *reed-bed*. RAB (Rencana Anggaran Biaya) pada perencanaan *reed-bed* di Rusunawa Penjaringan Sari 1 dan 2 yaitu sebesar Rp1.024.504.000.

a. Saran

Saran untuk pengembangan dari perencanaan ini adalah perlunya dilakukan suatu inovasi pada media *reed-bed* agar diperoleh media dengan porositas tinggi sehingga dapat menghemat luasan lahan yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abou-Elala, Sohair dan Mohamed S. Hellal. 2012. *Municipal Wastewater Treatment Using Vertical Flow Constructed Wetlands Planted Canna, Phragmites, and Cyprus*. Journal of Ecological Engineering. Vol. 47. Page 209-213
- Ariani, Diah. 2010. *Perencanaan Subsurface Flow Constructed Wetland Dalam Pengolahan Effluen Tangki Septik pada Daerah Air Tanah Dangkal (Studi Kasus: Perumahan Istana Bestari Kota Pasuruan)*. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya
- Arunbabu, V., S. Sruthy., I. Anthony, E. V. Ramasamy. 2015. *Sustainable Grey Water Management With Axonopus Compressus (Broadleaf Carpet Grass) Planted in Subsurface Flow Constructed Wetland*. Journal of Water Process Engineering. Vol. 7. Page 163-170
- APHA, AWWA, WPCF. 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association. Washington DC.
- Crites, R., dan Tchobanoglous, G. 2003. *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*, McGraw-Hill Book Company. Singapore.
- Dallas, S., B.Scheffe dan G.Ho. 2005. *Reedbeds for greywater treatment—case study in Santa Elena — Monteverde, Costa Rica, Central America*. Journal of Ecological Engineering. Vol 23: Page 55-61.
- Dhokikah, Y. 2006. *Pengolahan Air Bekas Domestik Dengan Sistem Constructed Wetland Aliran Subsurface Untuk Menurunkan COD, TS dan Deterjein*. Tesis Program Pasca Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2011. *Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*.
- Halim, Abdul, Marisa Handajani, . 2012. *Penyisihan Organik dari Efluen Septik Tank Menggunakan Intermitten Cocopeat Filter*. Tesis Program Magister Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Hartatik. Nastiti, Sri.Setijanti, Purwanita. 2010. *Peningkatan Kualitas hidup penghuni di Rusunawa Urip Sumohardjo pasca-Redevelopment*. Seminar Nasional Perumahan Permukiman dalam Pembangunan Kota Surabaya Tahun 2010
- Herumurti, W., 2005. *Studi Penurunan Senyawa Nitrogen dan Fosfor Air Limbah Domestik dengan Sistem Sub-Surface Flow (SSF) Constructed Wetland dengan Tanaman Kana (Canna sp) dalam (Studi Kasus Gedung TL-ITS Surabaya)*, Tugas Akhir. Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.
- Hoffman, H., Platzer C., Winker M., dan Muench E. 2011. *Technology Review of Constructed Wetland Subsurface Flow for Domestic Wastewater Treatment*. Eschborn. Deutsche Gesellschaft Feur Internationale Zusammenarbeit.
- Jones, Garr, Robert Sanks, Geroge Tchobanoglous, dan Bayard Bosserman. *Pumping Station Design*. Butterworth-Henemann. United Kingdom.
- Miller, Jason. 2007. *Constructed Wetlands Technology Assessment and Design Guidance*. Iowa Department of Natural Resources
- O'Hogain, S. dan L. McCarton. 2011. *The Operation of Hybrid Reed Bed and Willow Bed Combination*. Journal of Water and Environment. Vol 26.

- Kadlec, R.H., Wallace, R.L., 2009. *Treatment wetlands*. Lewis Publishers, Boca Raton, New York, London, Tokyo.
- Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah No. 534/KPTS/M/2001 tentang Pedoman Penentuan Standar Minimal Bidang Penataan Ruang, Perumahan, dan Pemukiman dan Pekerjaan Umum.
- Konnerup, Dennis, dan Hans Brix. 2010. *Nitrogen Nutrition of *Canna indica*: Effects of Ammonium Versus Nitrate on Growth, Biomass Allocation, Photosynthesis, Nitrate Reductase Activity and N Uptake Rates*. Journal of Aquatic Botany Vol. 92. Page. 142-148
- Machynllath, Powys. 2006. *Reed Beds and Constructed Wetlands*. Centre for Alternative Technology Publication.
- Metcalf and Eddy, Engineer. 2014. *Waste Water Engineering, Collection and Pumping of Waste Water*. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Nivala, Jaime, Paul Knowles, Gabriela Dotro, Joan Garcia, Scott Wallace. 2013. *Clogging in Subsurface-flow Treatment Wetlands: Measurements, Modelling, and Management*. Journal of Water Research. Vol. 46. Page 1625-1640
- Noor, Muhammad. 2007. *Rawa Lebak – Ekologi, Pemanfaatan, dan Pengembangan*. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- O'Hogain, Sean and Liam McCarton. 2010. *The Operation of Hybrid Reed Bed and Willow Bed Combinations in Ireland - Zero Discharge and the Potential for no Monitoring of Domestic Applications of this Combination*. Conference Papers. School of Civil and Building Services Engineering.
- Ojoawo, Samson O., Gaddale Udayakumar, dan Phusparaj Naik. 2015. *Phytoremediation of Phosphorus and nitrogen with *Canna x generalis* Reeds in Domestic Wastewater through NMAMIT Constructed Wetland*. Journal of

Aquatic Procedia. Vol. 4. Page 349-356. International Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering (ICWRCOE 2015)

O'Lunaigh, N.D., R. Goodhue, L.W. Gill. 2010. *Nutrient Removal from On-site Domestic Wastewater in Horizontal Subsurface Flow Reed-bed in Ireland*. Journal of Ecological Engineering. Vol 36: Page 1266-1276.

Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu bagi Industri dan/atau Kegiatan Lainnya.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 5 Tahun 2007 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Susun Sederhana Bertingkat Tinggi

Purhadi, Destri Susilaningrum. 2002. *Teknik Sampling*. Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam-ITS. Surabaya.

Saifulloh, Farid. 2015. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Susun Penjarangan Sari 1 dan 2 dengan Kombinasi Anaerobic Baffled Reactor dan Kolam Fakultatif*. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan FTSP-ITS, Surabaya.

Sasongko, Lutfi Aris. 2006. *Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk Di Sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang Serta Upaya Penanganannya*. Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang

Scotslandscape. 2016. *Bulk Materials*. <<http://scotslandscape.com/welcome/wp-content/gallery/bulk-materials-aggregates/coarse-sand.jpg>>

Sim, C.H. 2003. *The Use Of Constructed Wetlands For Wastewater Treatment*. Wetlands International - Malaysia Office. .

- Sunaryanti, Dwi Putri. 2012. *Analisis Keanekaragaman Tanaman Kana (Canna sp) Berdasarkan Karakter Morfologi*. Skripsi Biologi. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Supradata. 2010. *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus Alternifolius, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (Ssf-Wetlands)*. Thesis. Teknik Lingkungan. Universitas Sumatra Utara.
- Suswati, Anna, dan Gunawan Wibisono. 2013. *Pengolahan Limbah Domestik Dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands)*. Indonesia green Technology Journal. Vol. 2 No. 2
- Thullen, J. S., Sartoris, J. J. dan Nelson, S. M. 2005. *Managing vegetation in surface-flow wastewater-treatment wetlands for optimal treatment performance*. Ecological Engineering. Vol. 25. Page. 583-593.
- Wibisono, G. dan P.Sukowati. 2010. *Pengelolaan IPAL Komunal Melalui Struktur Kelembagaan Masyarakat Sebagai Bentuk Pengawasan dan Pengendalian Bapedalda Jawa Timur dalam Upaya Pelestarian Fasilitas Penting Bidang Sanitasi*. Penelitian Hibah Bersaing.
- Zhang, Z., Rengel, Z. & Meney, K. 2007. *Removal Of Nutrients From Secondary-Treated Municipal Wastewater In Wetland Microcosms Using Ornamental Plant Species*. International Journal of Environment and Waste Management. No 1. Page. 363-375
- Zhang, Z., Rengel, Z. & Meney, K. 2008. *Interractive Effects of N and P on Growth but Not on Resource Allocation of Canna Indica in Wetland Microcosms*. Journal of Aquatic Botany. Vol. 89. Page. 317-323

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Rinda Meylia Widyasari lahir di Ponorogo pada 17 Mei 1993. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan formal penulis yaitu di SDN Gunung Gangsir 1, SMPN 1 Bangil, dan SMAN 10 Malang (*Sampoerna Academy*). Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS Surabaya.

Semasa kuliah, penulis aktif dalam kegiatan organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) selama dua periode yaitu 2013/2014 dan 2014/2015 sebagai Kepala Divisi Kajian Strategis, Departemen Dalam Negeri dan bergabung pada *Sampoerna Academy Alumni* (SAA) Chapter Surabaya. Selain itu penulis juga aktif menjadi panitia dan mengetuai beberapa kegiatan di HMTL dan SAA. Penulis juga menjadi asisten laboratorium untuk mata kuliah Mikrobiologi Lingkungan dan Remediasi Badan Air dan Pesisir.

Beberapa prestasi yang penulis peroleh selama perkuliahan adalah Juara 1 Penulisan Karya Tulis Ilmiah "*Innovation Engineering for Society*" oleh BEM FTSP-ITS tingkat Jawa-Bali. Finalis *Innovation Contest* oleh UNY. PKMK didanai tahun 2014, dan PKMP didanai tahun 2012. Dua kali menjadi delegasi ITS pada Olimpiade Sains Nasional Bidang Biologi di tahun 2013 dan 2014.

Penulis berkesempatan melakukan kerja praktik pada tahun 2015 di PT. Pertamina (Persero) RU V, Balikpapan pada bagian HSE (*Health, Safety, and Environment*) selama 2 bulan untuk melakukan evaluasi unit *Wastewater Treatment Plant*. Segala kritik dan saran serta pertanyaan mengenai penelitian yang telah penulis lakukan dalam menghubungi via email ke rinda.meylia@gmail.com