

# **SKRIPSI**

## **PERENCANAAN IPAL DOMESTIK KOMUNAL DI KECAMATAN BALIKPAPAN SELATAN DENGAN SISTEM *WASTE WATER GARDEN (WWG)***



**Oleh :**

**Taufiq Arafat**

**12.26.014**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG**

**2016**

1971/1972

RESEARCH INTERMEDIATE DATA MANAGEMENT  
AND THE NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH  
UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

1971  
National Bureau of Economic Research  
Washington, D.C.

RESEARCH INTERMEDIATE DATA MANAGEMENT  
AND THE NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH  
UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

1971/1972

1971



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

NAMA : Taufiq Arafat  
NIM : 12.26.014  
JURUSAN : Teknik Lingkungan  
JUDUL : PERENCAAN IPAL DOMESTIK KOMUNAL DI KECAMATAN  
BALIKPAPAN SELATAN DENGAN SISTEM *WASTE WATER GARDEN*  
(WWG)

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1),pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 25 Agustus 2016

Dengan Nilai : 80,10 (A)

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

**Ketua**

**Candra Dwi Ratna W, ST., MT.**

**NIP. Y. 1030000349**

**Sekretaris**

**Anis Artiyani, ST., MT.**

**NIP.P.1030300384**

**ANGGOTA PENGUJI**

**Penguji I**

**Dr.Ir.Hery Setyobudiarso, M.Si**

**NIP.196106201991031002**

**Penguji II**

**Anis Artiyani, ST., MT.**

**NIP.P.1030300384**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN IPAL DOMESTIK KOMUNAL  
DI KECAMATAN BALIKPAPAN SELATAN DENGAN  
SISTEM *WASTE WATER GARDEN (WWG)***

Disusun Oleh :

**Taufiq Arafat 12.26.014**

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Candra Dwi Ratna W, ST., MT.  
NIP. Y. 1030000349

Sudiro, ST. MT  
NIP. Y. 10339900327

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Candra Dwi Ratna W, ST., MT.  
NIP. Y. 1030000349

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN IPAL DOMESTIK KOMUNAL  
DI KECAMATAN BALIKPAPAN SELATAN DENGAN  
SISTEM *WASTE WATER GARDEN (WWG)***

**Disusun Oleh :**

**Taufiq Arafat                      12.26.014**

**Menyetujui,  
Dosen Penguji**

**Dosen Penguji I**



**Dr.Ir.Hery Setyobudiarso, M.Si**  
**NIP.196106201991031002**

**Dosen Penguji II**



**Anis Artiyani, ST. MT**  
**NIP.P.1030300384**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan**



**Candra Dwi Ratna W, ST., MT.**  
**NIP. Y. 1030000349**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini tepat pada waktunya.

Terselesainya penyusunan Proposal ini tidak lepas dari keikutsertaan semua pihak yang secara tulus serta ikhlas membantu dan memberikan semangat dan bimbingan dalam penyusunan Proposal ini. Pada kesempatan ini, saya sebagai penyusun mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Candra Dwiratna, ST.,MT dan Bapak Sudiro, ST.,MT selaku dosen pembimbing skripsi.
2. Bapak Hery Setyobudiarso, M.,Si dan Ibu Anis Artiyani, ST.,MT selaku dosen penguji skripsi.
3. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT selaku Ketua Jurusan dan Ibu Anis Artiyani, ST.,MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Semua pihak instansi yang telah memberikan informasi data.

Dengan menyadari bahwa ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat di harapkan demi perbaikan kedepan. Akhir kata, semoga ini bermanfaat bagi masyarakat pada umumnya, dan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang.

Malang, September 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

### HALAMAN SAMPUL

LEMBAR PERSETUJUAN.....i

KATA PENGANTAR.....ii

### DAFTAR ISI

#### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang ..... 1

1.2. Rumusan Masalah ..... 4

1.3. Tujuan..... 4

1.4. Manfaat..... 4

1.5. Ruang Lingkup ..... 4

#### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah ..... 5

2.1.1. Sumber Air Limbah..... 5

2.1.2. Karakteristik Air Limbah ..... 6

2.1.3. Dampak Pembuangan Air Limbah ..... 7

2.2. Sistem Pengelolaan Air Limbah ..... 8

2.2.1. Sistem Penyuluran Air Limbah ..... 9

2.2.2. Sistem Pengolahan Air Limbah ..... 11

2.3. Instalasi Pengolahan Air Limbah ..... 13

2.3.1. Unit Pengolahan Air Limbah ..... 13

2.3.2. Proses Pengolahan Air Limbah ..... 16

2.4. Teknologi Pengolahan Secara Alami ..... 18

2.4.1. Fitoremediasi ..... 18

2.4.2. Sistem Wetland ..... 19

2.4.3. Kolam Makrofita (*Macrophyte Ponds*) ..... 19

2.5. Konsep *Waste Water Garden* (WWG) ..... 20

2.5.1. Desain *Waste Water Garden* (WWG) ..... 21

2.5.2. Jenis Tanaman *Waste Water Garden* (WWG) ..... 21

2.5.3. Skema Penurunan Kadar Organik ..... 22

2.5.4. Media Penyaringan ..... 23

2.5.5. Proses Kerja *Waste Water Garden* (WWG) ..... 23

#### BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Perencanaan ..... 25

3.2. Skala Wilayah ..... 25

3.3. Jenis Data ..... 26

3.4. Cara Pengumpulan Data.....	27
3.5. Analisis Data .....	27
3.6. Jenis Tanaman yang Digunakan.....	30
3.7. Estimasi Perencanaan IPAL Komunal Sistem WWG.....	30
3.8. Layout IPAL Komunal Sistem <i>Waste Water Garden</i> (WWG).....	32

#### **BAB IV GAMBARAN UMUM LOKASI PERENCANAAN**

4.1. Gambaran Umum Wilayah.....	35
4.2. Topografi.....	37
4.3. Tata Guna Lahan .....	39
4.4. Iklim .....	41
4.5. Informasi Kependudukan .....	42
4.6. Sarana dan Prasarana Umum.....	44
4.6.1. Fasilitas Pendidikan.....	44
4.6.2. Fasilitas Kesehatan .....	45
4.6.3. Fasilitas Peribadatan.....	46
4.6.4. Fasilitas Industri .....	47
4.6.5. Fasilitas Perdagangan.....	48
4.7. Kondisi Eksisting di Perum PGRI.....	49

#### **BAB V DATA, ANALISA DAN PEMBAHASAN**

5.1. Analisa Data .....	52
5.1.1. Analisa Proyeksi Penduduk.....	52
5.1.2. Proyeksi Sarana dan Prasarana.....	56
5.1.3. Perhitungan Pemakaian Air Bersih Domestik.....	62
5.1.4. Analisa Pemakaian Air Bersih Perorang.....	63
5.1.5. Perhitungan Pemakaian Air Bersih Kecamatan Balikpapan Selatan .....	63
5.1.6. Perhitungan Pemakaian Air Non Domestik .....	65
5.1.7. Total Kebutuhan Air Bersih dan Total Air Limbah di Kecamatan Balikpapan Selatan.....	71
5.2. Penentuan Lokasi IPAL .....	74
5.3. Perencanaan Daerah Zona Layanan .....	78
5.4. Perencanaan Bangunan IPAL.....	85
5.5. Perhitungan Desain Bangunan .....	99
5.5.1. Wilayah Pelayanan Zona 1.....	99
5.5.2. Wilayah Pelayanan Zona 2.....	141
5.5.3. Wilayah Pelayanan Zona 3.....	183



5.5.4. Wilayah Pelayanan Zona 4.....	225
5.6. Profil Hidrolis.....	138
5.6.1. Profil Hidrolis Zona 1.....	138
5.6.2. Profil Hidrolis Zona 2.....	180
5.6.3. Profil Hidrolis Zona 3.....	222
5.6.4. Profil Hidrolis Zona 4.....	264

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1. Kesimpulan.....	267
6.2. Saran.....	267

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi Perencanaan.....	25
Gambar 3.2 Layout IPAL Komunal Sistem WWG .....	32
Gambar 3.3 Diagram Perencanaan IPAL Komunal Sistem WWG .....	33
Gambar 3.4 Diagram Proses IPAL Komunal Sistem WWG .....	34
Gambar 4.1 Peta Administrasi Kecamatan Balikpapan Selatan .....	35
Gambar 4.2 Peta Topografi Kecamatan Balikpapan Selatan.....	38
Gambar 4.3 Peta Tataguna Lahan Kecamatan Balikpapan Selatan.....	40
Gambar 4.4 Drainase Sekunder yang Berada di Sisi Jalan Wilayah Kecamatan Balikpapan Selatan.....	50
Gambar 4.5 Kondisi Outlet Pembuangan Limbah Domestik Kecamatan Balikpapan Selatan.....	50
Gambar 5.1 Grafik Total Air Bersih .....	72
Gambar 5.2 Grafik Total Air Limbah .....	73
Gambar 5.3 Lokasi IPAL Terencana .....	75
Gambar 5.4 Lokasi Terencana 1 IPAL .....	76
Gambar 5.5 Lokasi Terencana 2 IPAL .....	76
Gambar 5.6 Lokasi Terencana 3 IPAL .....	77
Gambar 5.7 Lokasi Terencana 4 IPAL .....	77
Gambar 5.8 Diagram Penentuan Zona Layanan .....	78
Gambar 5.9 Peta Daerah Zona Layanan .....	84
Gambar 5.10 Skema Removal Parameter Pada Unit Pengolah IPAL .....	94
Gambar 5.11 Site Plane IPAL Wilayah Zona 1 .....	95
Gambar 5.12 Site Plane IPAL Wilayah Zona 2.....	96
Gambar 5.13 Site Plane IPAL Wilayah Zona 3 .....	97
Gambar 5.14 Site Plane IPAL Wilayah Zona 4 .....	98

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kelurahan dan Jumlah Rukun Tetangga Kecamatan Balikpapan Selatan Dalam Angka 2015 .....	26
Tabel 3.2 Jenis Data Perencanaan.....	26
Tabel 3.3 Standar Baku Mutu Air Buangan Domestik .....	28
Tabel 4.1 Kelurahan, Rukun Warga dan Rukun Tetangga Kecamatan Balikpapan Selatan .....	35
Tabel 4.2 Kondisi dan Penggunaan Lahan Kecamatan Balikpapan Selatan .....	39
Tabel 4.3 Curah Hujan Dirinci Menurut Bulan Tahun 2014-2015.....	41
Tabel 4.4 Jumlah Penduduk Kecamatan Balikpapan Selatan.....	42
Tabel 4.5 Kelurahan, Jumlah Rukun Tetangga dan Kepala Keluarga Kecamatan Balikpapan Selatan.....	43
Tabel 4.6 Penduduk Menurut Jenis Kelamin dan Sex Ratio Kecamatan Balikpapan Selatan.....	43
Tabel 4.7 Fasilitas Pendidikan Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014.....	44
Tabel 4.8 Fasilitas Kesehatan Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014 .....	45
Tabel 4.9 Fasilitas Peribadatan Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014 .....	46
Tabel 4.10 Fasilitas Industri Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014 .....	47
Tabel 4.11 Fasilitas Perdagangan Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014 .....	48
Tabel 5.1 Metode Aritmatik.....	53
Tabel 5.2 Metode Geometrik .....	53
Tabel 5.3 Metode Least Square .....	54
Tabel 5.4 Proyeksi Penduduk Kecamatan Balikpapan Selatan Per Kelurahan 2014-2031.....	55
Tabel 5.5 Proyeksi Fasilitas Kecamatan Balikpapan Selatan .....	57
Tabel 5.6 Data Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Balikpapan.....	62
Tabel 5.7 Air yang Terjual Terbaca pada Meter Pelanggan .....	62
Tabel 5.8 Kebutuhan Air Bersih Domestik Kecamatan Balikpapan Selatan tahun 2014-2031.....	64
Tabel 5.9 Kriteria dan Standar Kebutuhan Air Bersih Non Domestik .....	65
Tabel 5.10 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Non Domestik .....	66
Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Total Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014-2031 .....	71

Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Total Debit Air Limbah di Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014-2031 .....	73
Tabel 5.13 Lokasi Terencana IPAL Kecamatan Balikpapan Selatan .....	74
Tabel 5.14 Matrik Penentuan Zona Layanan .....	79
Tabel 5.15 Daerah Zona Layanan .....	82
Tabel 5.16 Baku Mutu Air Buangan Domestik .....	85
Tabel 5.17 Hasil Uji Kualitas Air Buangan Domestik .....	86
Tabel 5.18 Efisiensi Removel Unit Pengolahan .....	92
Tabel 5.19 Perhitungan Konsentrasi Mass Balance.....	92
Tabel 5.20 Kriteria Desain dan Kriteria Terpilih <i>Bar Screen</i> .....	99
Tabel 5.21 Spesifikasi Bangunan Unit <i>Bar Screen</i> Zona 1 .....	100
Tabel 5.22 Kriteria Desain Bangunan Bak Equalisasi.....	101
Tabel 5.23 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Equalisasi Zona 1 .....	102
Tabel 5.24 Kriteria Desain Bangunan Bak Sedimentasi.....	102
Tabel 5.25 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Sedimentasi Zona 1 .....	111
Tabel 5.26 Kriteria Desain Bangunan Bak <i>Waste Water Garden</i> .....	112
Tabel 5.27 Spesifikasi Bangunan Unit Bak <i>Waste Water Garden</i> Zona 1 .....	115
Tabel 5.28 Kriteria Desain Bangunan Bak Filtrasi.....	116
Tabel 5.29 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Filtrasi Zona 1.....	127
Tabel 5.30 Kriteria Desain Bangunan Bak Klorinasi .....	128
Tabel 5.31 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Klorinasi Zona 1 .....	132
Tabel 5.32 Kriteria Desain Bangunan Kolam Indikator .....	132
Tabel 5.33 Spesifikasi Bangunan Unit Kolam Indikator Zona 1.....	133
Tabel 5.34 Kriteria Desain Bangunan Sludge Drying Bed .....	134
Tabel 5.35 Spesifikasi Bangunan Unit Sludge Drying Bed Zona 1 .....	137
Tabel 5.36 Kehilangan Tekanan Zona 1 .....	140
Tabel 5.37 Spesifikasi Bangunan Unit <i>Bar Screen</i> Zona 2 .....	142
Tabel 5.38 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Equalisasi Zona 2 .....	144
Tabel 5.39 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Sedimentasi Zona 2 .....	153
Tabel 5.40 Spesifikasi Bangunan Unit Bak <i>Waste Water Garden</i> Zona 2 .....	157
Tabel 5.41 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Filtrasi Zona 2.....	169
Tabel 5.42 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Klorinasi Zona 2.....	174
Tabel 5.43 Spesifikasi Bangunan Unit Kolam Indikator Zona 2.....	175
Tabel 5.44 Spesifikasi Bangunan Unit Sludge Drying Bed Zona 2 .....	179
Tabel 5.45 Kehilangan Tekanan Zona 2 .....	182
Tabel 5.46 Spesifikasi Bangunan Unit <i>Bar Screen</i> Zona 3 .....	184

Tabel 5.47 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Equalisasi Zona 3 .....	186
Tabel 5.48 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Sedimentasi Zona 3 .....	195
Tabel 5.49 Spesifikasi Bangunan Unit Bak <i>Waste Water Garden</i> Zona 3 .....	199
Tabel 5.50 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Filtrasi Zona 3.....	211
Tabel 5.51 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Khlorinasi Zona 3 .....	216
Tabel 5.52 Spesifikasi Bangunan Unit Kolam Indikator Zona 3.....	217
Tabel 5.53 Spesifikasi Bangunan Unit Sludge Drying Bed Zona 3 .....	221
Tabel 5.54 Kehilangan Tekanan Zona 3 .....	224
Tabel 5.55 Spesifikasi Bangunan Unit <i>Bar Screen</i> Zona 4 .....	226
Tabel 5.56 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Equalisasi Zona 4 .....	228
Tabel 5.57 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Sedimentasi Zona 4 .....	237
Tabel 5.58 Spesifikasi Bangunan Unit Bak <i>Waste Water Garden</i> Zona 4 .....	241
Tabel 5.59 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Filtrasi Zona 4.....	253
Tabel 5.60 Spesifikasi Bangunan Unit Bak Khlorinasi Zona 4 .....	258
Tabel 5.61 Spesifikasi Bangunan Unit Kolam Indikator Zona 4.....	259
Tabel 5.62 Spesifikasi Bangunan Unit Sludge Drying Bed Zona 4 .....	263
Tabel 5.63 Kehilangan Tekanan Zona 4 .....	266

---

Taufiq Arafat. 2016. Candra Dwiratna. Sudiro. Perencanaan IPAL Domestik Komunal Di Kecamatan Balikpapan Selatan Dengan Sistem *Waste Water Garden (WWG)* Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

---

### ABSTRAK

Kecamatan Balikpapan Selatan mempunyai sebaran tertinggi yaitu 13% sistem pengolahan air limbah tidak memenuhi syarat karena pembuangannya melalui *septic tank* atau langsung ke saluran-saluran primer dan pantai. Hal ini dapat berdampak buruk terhadap mutu kesehatan, estetika lingkungan dan ketersediaan air resapan yang baik, maka diperlukan suatu pengolahan limbah domestik terlebih dahulu seperti memanfaatkan tanaman.

*Waste Water Garden* merupakan teknologi yang didasarkan pada kemampuan tanaman mereduksi polutan. penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik.

Desain dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) ini menggunakan konsep *Waste Water Garden*. Tanaman yang digunakan adalah *Cattail (Typha Angustifolia)*, Kala Lili, Lotus (*Nelumbo Nucifera*) yang berguna untuk menambah nilai estetika. Konsep ini mampu menurunkan kadar TSS 1,72 mg/l, BOD 10,22 mg/l, COD 17,85 mg/l dan *E.Coli* 0 MPN/100ml dimana karakteristik limbah domestik awal yaitu TSS 96 mg/l, BOD 292 mg/l, COD 340 mg/l, dan *E.Coli*  $21 \times 10^3$  MPN/100ml.

---

Kata Kunci : Air limbah, *septic tank*, *Cattail*, Kala Lili, Lotus, *Waste Water Garden*, BOD, COD, *E.Coli*

---

---

---

Taufiq Arafat. 2016. Candra Dwiratna. Sudiro. Planning of Domestic Communal WTP In the District of South Balikpapan With System Waste Water Garden (WWG). Thesis Department of National Institute of Technology Environmental Engineering Malang.

---

---

### ABSTRACT

Subdistrict South Balikpapan has the highest distribution of 13% of the wastewater treatment system did not qualify for disposal through septic tanks or directly into the channels of the primary and the beach. It can adversely affect the health quality, aesthetic environment and the availability of good water absorption, we need a domestic wastewater treatment beforehand such as utilizing plants.

Waste Water Garden is a technology that is based on the ability of plants to reduce pollutants, use of plants to remove, move, stabilize, or destroy contaminants both organic and inorganic compounds.

The design of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) is using the concept of Waste Water Garden. Plants used is Cattail (*Typha Angustifolia*), Kala Lili, Lotus (*Nelumbo Nucifera*) are useful to add aesthetic value. This concept can lower TSS levels of 1.72 mg / l, BOD 10.22 mg / l, COD 17.85 mg / l and E.Coli 0 MPN / 100ml in which the characteristics of domestic waste its initial TSS 96 mg / l, BOD 292 mg / l, COD 340 mg / l, and E.Coli 21 × 10<sup>3</sup> MPN / 100ml.

---

---

Keywords: Wastewater, septic tank, Cattail, Kala Lili, Lotus, Waste Water Garden, BOD, COD, E.Coli

---

---

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Kota Balikpapan merupakan kota yang pertumbuhan penduduk setiap tahunnya terus meningkat. Kota Balikpapan ditinjau dari segi kemiringan lerengnya 85% merupakan wilayah berbukit serta 12% merupakan wilayah daerah datar yang sempit terutama berada di daerah padat pemukiman di sekitar aliran sungai dan pesisir pantai.

Kota Balikpapan memiliki sistem pengolahan air limbah namun belum memenuhi kriteria sesuai kriteria yang ada. Berdasarkan data rumah tangga dari Dinas Kesehatan, Kecamatan Balikpapan Selatan merupakan kecamatan yang memiliki sebaran tertinggi yaitu 13% sistem pengolahan air limbah tidak memenuhi syarat dengan sebaran utama di Kelurahan Telagasari sebanyak 44% diikuti Kelurahan Damai sebanyak 33%. Pada Kecamatan Balikpapan Selatan pembuangan air limbah dari rumah tangga di tampung septik tank atau langsung dibuang ke saluran-saluran primer dan pantai. Sistem sanitasi dari limbah rumah tangga seperti ini belum memenuhi kriteria pengolahan limbah karena masih bersifat terbuka dan mengandalkan pada kemampuan penyerapan oleh lahan terbuka, hal ini dapat berdampak buruk terhadap mutu kesehatan, estetika lingkungan dan ketersediaan air resapan yang baik serta dapat berdampak pada tercemarnya sumber air baku air bersih bila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan sungai (Pokja AMPL Kota Balikpapan).

IPAL dapat menjadi sarana untuk mengolah limbah cair (limbah dari WC (*black water*) dan air cucian piring, mandi (*grey water*) bagi warga setempat. Instalasi Pengolahan Air Limbah komunal merupakan sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara terpusat yaitu terdapat bangunan yang digunakan untuk memproses limbah cair domestik yang difungsikan secara komunal (digunakan oleh sekelompok rumah tangga) agar lebih aman pada saat dibuang ke lingkungan, sesuai dengan baku mutu lingkungan (Akbar, 2015). Teknologi IPAL yang dipilih



disesuaikan dengan jenis dan karakteristik limbah yang dihasilkan sehingga pengolahan limbah bisa optimal seperti teknologi IPAL komunal *Anaerobic Baffle Reactor* di Kelurahan Pilang dan Kelurahan Mayangan mampu menurunkan parameter air limbah (BOD, TSS, minyak dan lemak) yang tinggi sehingga sesuai standar baku mutu air limbah domestik, di Kelurahan Pilang dapat menurunkan nilai BOD, TSS, minyak dan lemak pada effluent secara berurutan adalah 11,01 mg/l, 12,2 mg/l, <1,05 mg/l sedangkan di Kelurahan Mayangan adalah 9,36 mg/l, 10,8 mg/l dan <1,05 mg/l (Yusdi. Dkk, 2013).

Saat ini Kota Balikpapan memiliki Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang berada di kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat. IPAL ini dikelola oleh PDAM Kota Balikpapan menurut Surat Keputusan Walikota Balikpapan No. 188.45-49/2005 tanggal 12 April 2005. Berdasarkan kajian produk limbah per SR/bulan, jumlah pelanggan yang dapat dilayani adalah sebanyak 1.200 SR atau sekitar 40 – 50% dari jumlah KK yang terdaftar di Kelurahan Margasari. Jumlah penduduk yang dapat dilayani mencapai 6.000 jiwa dengan rata-rata produksi limbah per SR bervariasi antara 20 – 35 m<sup>3</sup>/bulan, dimana karakteristik pelayanan didominasi masyarakat berpenghasilan rendah, tinggal di atas rumah air (rumah panggung) yang tidak mempunyai fasilitas pembuangan limbah. Kriteria cakupan pelayanan tersebut didasarkan pada target KUDP (Kalimantan Urban Development Project, IBRD Loan 3854-IND) (Pokja AMPL Kota Balikpapan).

Penggunaan air yang besar juga menjadi kendala di Kecamatan Balikpapan Selatan. Air diperlukan untuk memenuhi kegiatan sehari-hari seperti mencuci, mandi, dan siram taman. Pemakaian air secara berlebihan dapat menimbulkan terjadinya defisit air bersih. Dengan besarnya pemakaian air bersih tersebut maka diperlukan adanya suatu bentuk pengelolaan pemukiman yang ramah lingkungan yang dapat mengurangi penggunaan sumber daya air yang efisien dan maksimal serta menjaga estetika lingkungannya akibat dari pembuangan limbah seperti penggunaan teknologi pengolahan secara alami dengan memanfaatkan tanaman pereduksi polutan.

*Waste Water Garden* merupakan teknologi yang didasarkan pada kemampuan tanaman mereduksi polutan. penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Kelebihan dari WWG adalah adanya peningkatan estetika lingkungan sehingga tercipta lingkungan yang lebih asri dan bersih serta tingkat efektivitas teknologi WWG dalam meningkatkan kualitas air limbah domestik (Kusrijadi, 2008).

Waste Water Gardens sangat dianjurkan untuk pemakaian di perumahan, tempat usaha dan masyarakat di daerah-daerah yang memiliki air tanah dekat dengan permukaan dan di tempat-tempat yang memiliki tanah berkarang atau tanah liat yang tidak dapat banyak menyerap air sehingga dapat mencegah kebocoran dari operasional atau khususnya daerah-daerah yang sensitif seperti sungai, danau dan pesisir pantai.

*Waste Water Garden* umumnya menggunakan jenis tanaman seperti Kana, Bambu Air, Heleconia, Keladi, Teratai, Lotus, Papirus, Lili, dan jenis tanaman lainnya yang mampu menyerap serta mengolah limbah secara alami (Iriwanto, 2010). Penerapan Waste Water Gardens dengan tanaman Cattail (*Typha Angustifolia*) diketahui mampu menurunkan BOD 77,9% dan TSS 69,6%, Kala Lili mampu menurunkan BOD 15,77% dan TSS 2,54% dan Lotus (*Nelumbo Nucifera*) yang berguna untuk menambah nilai estetika dengan unit *Waste Water Garden* (WWG) berdimensi panjang 11 m, lebar 8,8 m, tinggi 1,5 m dan *freeboard* 0,5 m (Merlita, 2014).

Dalam hal ini perlu adanya teknologi pengolahan secara alami untuk mengatasi permasalahan lingkungan serta pemakaian air yang berlebihan salah satu teknologi yang efisien tersebut yaitu teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal dengan konsep *Waste Water Garden* (WWG) yang ramah lingkungan, efisien serta ekonomis. Pembangunan IPAL komunal dengan sistem tersebut tersebut diharapkan dapat mencegah dan mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan.

## **1.2. Rumusan masalah**

Kecamatan Balikpapan Selatan mempunyai sebaran tertinggi yaitu 13% sistem pengolahan air limbah tidak memenuhi syarat karena pembuangannya melalui septick tank atau langsung ke saluran-saluran primer dan pantai serta Rumah tangga merupakan salah satu pengguna air terbesar pada daerah tersebut yang dapat menyebabkan terjadinya defisit air bersih. Untuk mewujudkan hal ini tanpa mengurangi jumlah pemakaian air, dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal dengan konsep *Waste Water Garden (WWG)* yang ramah lingkungan, efisien serta ekonomis.

## **1.3. Tujuan**

Tujuan perencanaan ini adalah mendesain IPAL domestik komunal dengan konsep *Waste Water Garden (WWG)*.

## **1.4. Manfaat**

Manfaat perencanaan ini yaitu :

1. Memberikan desain IPAL domestik komunal di wilayah Kecamatan Balikpapan Selatan Kota Balikpapan.
2. Memberikan alternatif lain dalam pengolahan limbah domestik dengan konsep *Waste Water Garden (WWG)* memanfaatkan tanaman air.

## **1.5. Ruang lingkup**

Perencanaan mencakup pada detail perhitungan dan desain perencanaan limbah domestik komunal dengan sistem *Waste Water Garden (WWG)* di wilayah Kecamatan Balikpapan Selatan untuk 15 tahun kedepan dengan melalui beberapa tahapan kegiatan perencanaan yaitu :

1. Mengkaji penentuan lokasi perencanaan.
2. Melakukan uji kualitas air limbah demi mengetahui karakteristik limbah.
3. Mengumpulkan, menganalisa dan mengolah data *primary* dan *secondary* yang ada.

Dari beberapa tahapan kegiatan tersebut maka dihasilkan suatu data perhitungan dan desain bangunan IPAL.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Air Limbah**

Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup (Notoatmodjo, 2003).

Air limbah memberikan efek dan gangguan buruk baik terhadap manusia maupun lingkungan. Efek buruk dan gangguan antara lain adalah gangguan terhadap kesehatan, keindahan, dan benda. Keindahan pada air limbah meninggalkan ampas dan bau yang tidak sedap dan terhadap benda air limbah bisa menimbulkan korosi (karat) (Robert J.Kodoatie & Roestam Sjarief, 2010).

##### **2.1.1. Sumber Air Limbah**

Menurut Notoatmodjo (2003), air limbah ini berasal dari berbagai sumber, secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut:

1. Air buangan yang bersumber dari rumah tangga (*domestic wastes water*), yaitu air limbah yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah ini terdiri dari ekskreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, dan umumnya terdiri dari bahan-bahan organik.
2. Air buangan industri (*industrial wastes water*), yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi. Zat-zat yang terkandung di dalamnya sangat bervariasi sesuai dengan bahan baku yang dipakai oleh masing-masing industri, antara lain: nitrogen, sulfida, amoniak, lemak, garam-garam, zat pewarna, mineral, logam berat, zat pelarut, dan sebagainya. Oleh sebab itu, pengolahan jenis air limbah ini, agar tidak menimbulkan polusi lingkungan menjadi lebih rumit.
3. Air buangan kotapraja (*municipal wastes water*), yaitu air buangan yang berasal dari daerah perkantoran, perdagangan, hotel, restoran, tempat-tempat umum,

tempat-tempat ibadah, dan sebagainya. Pada umumnya zat-zat yang terkandung dalam jenis air limbah ini sama dengan air limbah rumah tangga.

Menurut Chandra (2006), volume air limbah yang dihasilkan pada suatu masyarakat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

a. Kebiasaan manusia

Makin banyak orang menggunakan air, makin banyak air limbah yang dihasilkan.

b. Penggunaan sistem pembuangan kombinasi atau terpisah

Pada sistem kombinasi, volume air limbah bervariasi dari 80-100 galon atau lebih per kapita, sedangkan pada sistem terpisah volume limbah mencapai rata-rata 25-50 galon perkapita.

a. Waktu

Air limbah tidak mengalir merata sepanjang hari, tetapi bervariasi bergantung pada waktu dalam sehari dan musim. Di pagi hari, manusia cenderung menggunakan air yang menyebabkan aliran air limbah lebih banyak, sedangkan di tengah hari volumenya sedikit dan di malam hari agak meningkat lagi.

### **2.1.2. Karakteristik Air Limbah**

Air limbah mengandung berbagai komponen yang sebagian besar termasuk bakteri patogen, bahan kimia sintesis, bahan organik, dan logam berat. Kualitas air limbah dapat didefinisikan oleh karakteristik fisik, kimia dan biologis.

#### **1. Parameter Fisik**

Karakteristik fisika limbah cair terkait dengan kenampakannya karena sifat fisiknya yang terlihat dan mudah diidentifikasi secara langsung. Berikut ini merupakan parameter fisika diantaranya suhu, TSS dan TDS. Suhu pada air menentukan seberapa besar kehadiran biota air dan aktivitasnya. TDS (*Total Dissolve Solid*) merupakan suatu ukuran zat terlarut yang terdapat pada sebuah larutan. Zat terlarut dapat berupa zat organik maupun anorganik. TSS (*Total Suspended Solid*) atau total padatan tersuspensi merupakan padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang disaring dengan kertas millipore berporipori 0,45 mikromil.

## 2. Parameter Kimia

Bahan beracun dalam limbah dapat menyebabkan rantai makanan terganggu serta dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat. Secara umum karakteristik kimia limbah cair dapat dibedakan menjadi zat organik yang terdiri atas parameter DO, BOD, COD dan pH. Oksigen terlarut yang merupakan oksigen yang terdapat dalam air (dalam bentuk molekul oksigen dan bukan dalam bentuk molekul hidrogen oksida) biasanya dinyatakan dalam mg/L (ppm).

## 3. Parameter Biologi

Parameter biologi dapat dilihat dari banyaknya mikroorganisme patogen atau penyebab penyakit yang berada pada suatu wilayah. Pertumbuhan dari penyakit tergantung dari beberapa faktor diantaranya dosis infeksi, pathogenesis, inang dan faktor lingkungan. Potensi agen penyebab penyakit tergantung pada stabilitas dari mikroorganisme pembawa penyakit di dalam lingkungannya. Dosis minimal (*minimal infective dose*) bervariasi tergantung dari jenis organisme parasitnya, misalnya *Coliform* dan *Salmonella*, untuk dapat menyebabkan penyakit dosisnya antara ribuan sampai beberapa juta (Sari, dkk., 2015).

### 2.1.3. Dampak Pembuangan Air Limbah

Air limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak buruk bagi makhluk hidup dan lingkungannya.

Beberapa dampak buruk tersebut antara lain sebagai berikut:

#### 1. Gangguan kesehatan

- a. Cholera adalah penyakit usus halus yang akut dan berat yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio Cholera*.
- b. Typhus abdominalis adalah penyakit yang menyerang usus halus yang disebabkan bakteri *Salmonella Typi*.
- c. Hepatitis A disebabkan oleh virus hepatitis A.
- d. Dysentrie amoeba disebabkan oleh protozoa bernama *Entamoeba Hystolytica*.

## 2. Penurunan kualitas lingkungan

Bahan organik yang terdapat dalam air limbah jika dibuang langsung ke sungai dapat menyebabkan gangguan kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen yang terlarut di dalam sungai tersebut. Dengan demikian akan menyebabkan kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu, dalam hal ini akan mengurangi perkembangannya.

## 3. Gangguan terhadap keindahan

Air limbah yang mengandung pigmen warna yang dapat menimbulkan perubahan warna pada badan air penerima. Walaupun pigmen tersebut tidak menimbulkan gangguan terhadap kesehatan, tapi terjadi gangguan keindahan terhadap badan air penerima tersebut.

## 4. Gangguan kerusakan benda

Air limbah mengandung zat-zat yang dapat dikonversi oleh bakteri anaerobic menjadi gas yang agresif seperti  $H_2C$ . Gas ini dapat mempercepat proses perkaratan pada benda yang terbuat dari besi dan bangunan air kotor lainnya. Dengan cepat rusaknya air tersebut maka biaya pemeliharaannya akan semakin besar juga, yang berarti akan menimbulkan kerugian material.

## 2.2. Sistem Pengelolaan Air Limbah

Dalam PP 82 tahun 2001 pasal 31 disebutkan bahwa setiap orang wajib :

- Melestarikan kualitas air pada sumber air
- Mengendalikan pencemaran air pada sumber air

Dalam rangka pengendalian pencemaran air sebagaimana diwajibkan diatas, maka setiap orang wajib mengambil langkah-langkah pencegahan pencemaran air yang diantaranya adalah sebagai berikut:

### a. Pengurangan Pencemaran dari Sumbernya

Di bidang industri kita mengenal teknologi produksi bersih yakni penerapan teknik dan manajemen yang menekan timbulnya limbah cair dengan cara penggunaan dan penggantian material bahan produksi ke bahan yang memungkinkan produksi limbah sekecil mungkin, mengubah proses inti produksi maupun proses pendukung menjadi proses yang menggunakan teknologi atau cara

yang mampu memperkecil timbulnya limbah, dan apabila limbah terlanjur dihasilkan maka langkah yang diambil adalah menggunakannya kembali (reuse), mendaur ulang limbah tersebut menjadi bahan material untuk kegiatan lain (recycle). Langkah pengurangan limbah dari sumbernya akan memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap timbulan/produksi air limbah.

#### b. Pengolahan Air Limbah

Jika pengurangan air limbah dari sumbernya sudah dilakukan secara optimal, maka air limbah yang terpaksa tetap dihasilkan selanjutnya harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Tujuan pengolahan air limbah ini adalah untuk mengurangi kandungan pencemar air sehingga mencapai tingkat konsentrasi dan bentuk yang lebih sederhana dan aman jika terpaksa dibuang ke badan air di lingkungan.

#### 2.2.1. Sitem Penyaluran Air Limbah

Menurut “*Robert J.Kodoatie & Roestam Sjarief (2010)*”, Adapun tempat pembuangan dapat berupa lahan terbuka sebagai tempat (misal dipadang pasir) atau bahan-bahan aliran air sebagai badan air penerima. Ada dua sistem pembuangan, yaitu Sistem pembuangan setempat dan Pembuangan Terpusat.

##### 1. Sistem Pembuangan Setempat (*On Site System*)

Sistem Sanitasi setempat (*On Site System*) merupakan sistem pembuangan air buangan dimana air buangan tidak dikumpulkan serta disalurkan ke dalam suatu jaringan saluran yang akan membawanya ke suatu tempat pengolahan air limbah atau badan air penerima, melainkan dibuang di tempat.

Keuntungan pemakaian sistem pembuangan setempat adalah :

- Biaya pembuatan murah
- Biasanya dibuat oleh sektor swasta atau pribadi
- Teknologi cukup sederhana
- Sistem sangat privasi karena terletak pada persilnya
- Operasi dan pemeliharaan dilakukan secara pribadi masing-masing



- Nilai manfaat dapat dirasakan segera seperti sangat bersih, saluran air hujan tidak lagi dibuang air limbah, terhindar dari bau busuk, timbul estetika pekarangan.

Kerugian pemakaian sistem pembuangan setempat adalah :

- Tidak selalu cocok disemua daerah
- Sukar mengontrol operasi dan pemeliharaan
- Bila pengendalian tidak sempurna maka air limbah dibuang ke saluran drainase
- Resiko mencemari air tanah bila pemeliharaan tidak dilakukan dengan baik.

## 2. Sistem pembuangan terpusat (*Off site System*)

Sistem pembuangan terpusat (*Off site System*) merupakan sistem pembuangan air buangan rumah tangga (mandi, cuci, dapur, dan limbah kotoran) yang menyalurkan dari lokasi pekarangan masing-masing rumah ke saluran pengumpul air buangan dan selanjutnya disalurkan secara terpusat ke bangunan pengolahan air buangan sebelum dibuang ke badan perairan.

Keuntungan pemakaian sistem penyaluran terpusat adalah :

- Pelayanan yang lebih nyaman
- Menampung semua air limbah domestik
- Pencemaran air tanah dan lingkungan dapat dihindari
- Cocok untuk daerah dengan tingkat kepadatan yang tinggi
- Masa/umur pemakain relatif lebih lama

Kerugian pemakain sistem penyaluran terpusat :

- Memerlukan pembiayaan yang tinggi
- Memerlukan tenaga yang terampil untuk operasional dan pemeliharaan
- Memerlukan perencanaan dan pelaksanaan untuk jangka panjang
- Nilai manfaat akan terlihat apabila sistem telah berjalan dan semua penduduk yang terlayani

### **2.2.2. Sistem Pengolahan Air Limbah**

Pengolahan air limbah domestik pada suatu Instalasi Pengolahan air limbah (IPAL) dapat dilakukan dalam 5 tahap yaitu:

1. Pengolahan Pertama
2. Pengolahan Kedua
3. Pengolahan Ketiga
4. Pembunuhan Kuman (Desinfektan)
5. Pengolahan Lanjutan

#### **1. Pengolahan Pertama**

Pengolahan Pertama bertujuan untuk menghilangkan zat padat tercampur baik itu untuk mensortir kerikil, lumpur, dan memisahkan lemak yang dilakukan dengan cara pengendapan atau pengapungan.

#### **2. Pengolahan Kedua**

Pada pengolahan kedua ini umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Dalam pengolahan ini terdapat dua hal yang penting dalam proses biologis antara lain:

- a. Proses penambahan oksigen.
- b. Proses pertumbuhan bakteri

Kemudian pada proses ini juga akan dibahas tentang kurva pertumbuhan bakteri yang nantinya terjadi beberapa tahap dan juga akan terjadi penggunaan activated sludge konvensional dan juga akan terjadi proses aerasi yaitu memasukkan udara kedalam tangki aerasi.

#### **3. Pengolahan Ketiga**

Pada pengolahan ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, pada pengolahan ini akan terjadi pengolahan secara kimiawi yang akan terjadi reaksi secara kimia akibat adanya penambahan zat kimia baik itu seperti karbon aktif maupun aluminium aktif. Pengolahan ini dilakukan dengan cara penyaringan baik itu penyaringan secara lambat, cepat dan juga akan terjadi penyerapan dan pengurangan besi dan mangan.

#### 4. Pembunuhan Kuman (Desinfection)

Pada pengolahan ini bertujuan untuk pembunuhan bakteri yang nantinya bertujuan untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air. Pada pengolahan ini akan terjadi reaksi kimiawi dengan adanya reaksi klorin yang bertujuan untuk membunuh bakteri.

#### 5. Pengolahan Lanjutan

Pengolahan ini merupakan pengolahan terakhir ataupun dapat dikatakan pengolahan daur ulang maksudnya di sini adalah hasil dari pengolahan limbah tersebut di proses untuk nantinya dapat digunakan untuk kehidupan baik itu sebagai pupuk maupun air baku yang di salurkan ke sungai. Pada pengolahan ini hasil terakhir dari pengolahan limbah tersebut yaitu lumpur akan diproses lagi adapun proses yang dilakukan adalah:

- a. Proses pemekatan
- b. Proses Stabilisasi
- c. Proses Pengeringan
- d. Proses pembuangan

Dengan melihat proses tersebut di atas maka pengolahan air limbah tersebut dapat dikelompokkan dalam:

1. Proses pengolahan secara fisik yang terjadi pada saringan kasar, penangkap pasir, pengendapan I dan pengendapan II.
2. Proses pengolahan secara biologi yang terjadi pada aerasi dan pengaktifan lumpur karena pada proses tersebut terjadi pengaktifan mikroorganisme secara aerobic.
3. Proses pengolahan secara kimia yang terjadi pada aerasi karena pada bangunan ini terjadi pengikatan oleh oksigen terhadap unsur maupun senyawa yang terdapat pada air limbah.

### **2.3. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)**

Sistem ini dilakukan untuk menangani limbah domestik pada wilayah yang tidak memungkinkan untuk dilayani oleh sistem terpusat ataupun secara individual. Penanganan dilakukan pada sebagian wilayah dari suatu kota, dimana setiap rumah tangga yang mempunyai fasilitas MCK pribadi menghubungkan saluran pembuangan ke dalam sistem perpipaan air limbah untuk dialirkan menuju instalasi pengolahan limbah komunal. Untuk sistem yang lebih kecil dapat melayani 2-5 rumah tangga, sedangkan untuk sistem komunal dapat melayani 10-100 rumah tangga atau bahkan dapat lebih. *Effluent* dari instalasi pengolahan dapat disalurkan menuju sumur resapan atau juga dapat langsung dibuang ke badan air (sungai). Fasilitas sistem komunal dibangun untuk melayani kelompok rumah tangga atau MCK umum. Bangunan pengolahan air limbah ini dapat diterapkan di perkampungan dimana tidak memungkinkan bagi warga masyarakatnya untuk membangun *septic tank* individual di rumahnya masing-masing (Lukman. K, 2010).

Berdasarkan analisis Yusdi. dkk diketahui bahwa teknologi IPAL komunal *Anaerobic Baffle Reactor* dengan kemampuan penurunan parameter air limbah (BOD, TSS, minyak dan lemak) yang tinggi serta parameter jauh dibawah baku mutu air limbah domestik, di Kelurahan Pilang dapat menurunkan nilai BOD, TSS, minyak dan lemak pada *effluent* secara berurutan adalah 11,01 mg/l, 12,2 mg/l, <1,05 mg/l sedangkan di Kelurahan Mayangan adalah 9,36 mg/l, 10,8 mg/l dan <1,05 mg/l (Yusdi. Dkk, 2013).

#### **2.3.1. Unit Bangunan Pengolah IPAL**

Unit bangunan pengolah terdiri dari dari unit penunjang, utama dan pelengkap. Unit pengolahan yang umumnya digunakan yaitu :

##### *1. Bar Screen*

Bar screen biasanya terdiri dari batang partikel balok atau kawat screen ditempatkan pada sumur pengumpul yang berfungsi sebagai:

- Penyaring benda-benda padat, kasar agar tidak mengganggu pengaliran air buangan dalam saluran.
- Mencegah timbulnya kerusakan dan penyumbatan dalam saluran.

- Melindungi peralatan seperti pompa dan valve.

Jenis screen ada 2 yaitu screen kasar (*coarse screen*) dan screen halus (*fine screen*). Perbedaan antara screen kasar dan screen halus yaitu pada jarak batang screen.

## 2. Sumur Pengumpul

Penggunaan sumur pengumpul pada *primary treatment* yang berfungsi sebagai berikut :

- a. Menampung air buangan dari sumber yang kedalamannya di bawah permukaan dari instalasi pengolahan air buangan sebelum air buangan tersebut dipompakan ke atas.
- b. Menstabilkan atau mengkonstantakan variasi debit dan konsentrasi air buangan meningkatkan kinerja pada proses selanjutnya.

## 3. *Communitor*

*Communitor* merupakan alat mekanis berupa paket yang dibuat pabrik. Alat ini merupakan mesin penghalus atau pamarut yang berfungsi untuk menghaluskan atau menghancurkan padatan kasar dari *backrack*, hingga mempunyai ukuran kecil yang seragam.

*Communitor* terdiri dari sebuah tabung berongga yang terbuat dari besi yang berputar kontinyu pada sumbu vertikal dengan sumber tenaga dari motor listrik. Pada tabung ini merupakan suatu saringan yang mempunyai gigi-gigi pemotong yang tajam. *Communitor* dipasang khusus dalam ruangan yang terbuat dari beton dimana pada bagian bawah terdapat aipon terbalik. Pemeliharaan rutin *communitor* berupa pelumasan dan pengawetan gigi pemotong.

## 4. *Grit Chamber*

*Grit chamber* adalah unit yang berfungsi untuk mengendapkan padatan yang tersuspensi dengan diameter  $> 0,2$  mm, seperti pasir, pecahan logam atau kasa dan lenturan kasar lainnya. Dalam perencanaan *grit chamber* kecepatan horizontal harus konstan dan disesuaikan debitnya.

Secara umum ada 2 grit chamber yaitu :

- a. *Conventional / velocity controled* atau *horizontal grit chamber*. Aliran mengalir ke satu arah horizontal dengan kecepatan dikontrol dengan penggunaan khusus pada bagian *effluent*.
- b. *Aerated Grit Chamber* Saluran berupa bak aerasi dengan aliran spiral dimana kecepatan dan arah aliran melingkar.

#### 5. Bak Sedimentasi

Bangunan ini berfungsi untuk menghilangkan partikel yang mengendap. Prinsip design mempergunakan sistem gravitasi, dengan syarat kecepatan horizontal partikel tidak boleh lebih besar dari kecepatan pengendapan

Bak prasedimentasi terdiri dari 4 zone, yaitu :

- a. *Zone Inlet*, untuk memperluas aliran transisi
- b. *Zone Settling*, untuk proses pengendapan dari partikel diskrit
- c. *Zone Sludge*, tempat untuk menampung material terendap
- d. *Zone Outlet*, untuk memperhalus aliran transisi dari zone setting ke *effluent*

#### 6. Bak Aerasi

Bak Aerasi merupakan bak pengolah biologis yang menampung *effluent* air limbah dari bak equalisasi. Bak aerasi berfungsi untuk melarutkan udara ke dalam air agar bakteri yang ada menjadi aktif.

Aerasi yang dimaksud di sini mencakup suplai oksigen serta metode pelarutan oksigen ke dalam sistem *activated sludge (mixing)*. *Mixing* dapat dilakukan dengan berbagai cara. Akan tetapi, dalam sistem *activated sludge* selalu diperlukan aerasi secara mekanik karena laju aliran gas oksigen murni yang masuk ke dalam sistem terlalu lambat sehingga sulit untuk menyeragamkan konsentrasi di dalam tangki.

Pada metode *activated sludge* atau lumpur aktif, limbah cair disalurkan ke sebuah tangki dan didalamnya limbah dicampur dengan lumpur yang kaya akan bakteri aerob. Proses degradasi berlangsung didalam tangki tersebut selama beberapa jam, dibantu dengan pemberian gelembung udara aerasi (pemberian oksigen). Aerasi dapat mempercepat kerja bakteri dalam mendegradasi limbah.

## 7. Bak Baffle

Desinfeksi merupakan salah satu bentuk pengolahan air yang bertujuan untuk membunuh atau mengurangi mikroorganisme patogen yang ada dalam limbah cair yang berpotensi menginfeksi. Mekanisme desinfeksi dapat secara kimia, yaitu dengan menambahkan senyawa/zat tertentu, atau dengan perlakuan fisik. Air limbah yang telah terpisah dengan lumpur mengalir melewati weir menuju baffle yang bentuk baknya persegi panjang dan memiliki sekat-sekat. Air olahan atau air limpasan dari bak sedimentasi masih mengandung bakteri *E.coli*, bakteri patogen, atau virus yang sangat berpotensi menginfeksi. Untuk menghindari proses tersebut maka pada bak baffle terjadi proses desinfeksi menggunakan bahan klor seperti kaporit.

## 8. Bak Penampung Lumpur

Bak penampung lumpur merupakan bak yang diperuntukkan sebagai penampung lumpur hasil endapan di bak sedimentasi. Dimensi bak penampung lumpur adalah 5 m x 5 m x 5 m. Pada bak ini terdapat pompa yang berfungsi untuk memompa lumpur yang telah terendapkan ke bak pemisah lumpur.

Cara kerja bak ini yaitu lumpur dari bak sedimentasi dipompakan ke bak penampung lumpur melalui pompa terendam yang ada pada bak sedimentasi. Apabila air pada bak penampung lumpur telah melebihi level maksimum (*overflow*), maka air akan melimpas masuk ke jaringan pipa dan mengalir ke DAS.

### 2.3.2. Proses Pengolahan Limbah di IPAL

Seluruh air limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik yaitu air limbah dapur, air limbah kamar mandi, air limbah pencucian, air limbah wastafel, air limpasan dari tangki septik dan air limbah lainnya, seluruhnya dialirkan ke bak pemisah lemak atau minyak. Bak pemisah lemak tersebut berfungsi untuk memisahkan lemak atau minyak yang berasal dari kegiatan dapur, serta untuk mengendapkan kotoran pasir, tanah atau senyawa padatan yang tak dapat terurai secara biologis.

Selanjutnya limpasan dari bak pemisah lemak dialirkan ke bak ekualisasi (*Sum Pit*) yang berfungsi sebagai bak penampung limbah dan bak kontrol aliran. Air limbah di dalam bak ekualisasi selanjutnya dipompa ke unit IPAL.

Di dalam unit IPAL tersebut, pertama air limbah dialirkan masuk ke bak pengendap awal, untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, *sludge digestion* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur.

Air limpasan dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak kontak anaerob (*biofilter Anaerob*) dengan arah aliran dari atas ke bawah. Di dalam bak kontak anaerob tersebut diisi dengan media khusus dari bahan plastik tipe sarang tawon. Jumlah bak kontak anaerob terdiri dari dua buah ruangan. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikro-organisme. Mikro-organisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap.

Air limbah dari bak kontak (biofilter) anaerob dialirkan ke bak kontak aerob. Di dalam bak kontak aerob ini diisi dengan media khusus dari bahan plastik tipe sarang tawon, sambil diaerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Dengan demikian air limbah akan kontak dengan mikro-organisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media yang mana hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan amonia menjadi lebih besar. Proses ini sering di namakan Aerasi Kontak (*Contact Aeration*).

Dari bak aerasi, air dialirkan ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung mikro-organisme diendapkan dan sebagian air dipompa kembali ke bagian bak pengendap awal dengan pompa sirkulasi lumpur.



Sedangkan air limpasan (*outlet/ overflow*) sebagian dialirkan ke bak indikator, dan sebagian lagi dialirkan ke bak khlorinasi/kontaktor khlor. Di dalam bak kontaktor khlor ini air limbah dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh micro-organisme patogen. Penambahan khlor bisa dilakukan dengan menggunakan khlor tablet atau dengan larutan kaporit yang disuplai melalui pompa dosing. Air olahan, yakni air yang keluar setelah proses khlorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum. Dengan kombinasi proses anaerob dan aerob tersebut selain dapat menurunkan zat organik (BOD, COD), amonia, padatan tersuspensi (SS), fospat dan lainnya dapat juga turun secara signifikan.

#### **2.4. Teknologi Pengolahan Secara Alami**

Pengolahan secara alami merupakan sistem pengolahan limbah secara alami yang bertujuan untuk memanfaatkan kembali nutrien, air dan energi yang terdapat pada air limbah, karena dalam pengolahan air limbah, yang diutamakan adalah proses penguraian secara anaerobik karena tidak memerlukan penyediaan oksigen secara mekanis sehingga akan mengurangi biaya operasional, dan apabila menggunakan proses aerobik untuk penguraian zat organik oksigen yang disediakan berasal dari proses fotosintesis maupun proses re-aerasi alami. Beberapa metode pengolahan air limbah yang memenuhi terminologi pengolahan air limbah secara alami seperti pengolahan air limbah dengan proses anaerobik, kolam stabilisasi, rawa buatan dan kolam tumbuhan air.

##### **2.4.1. Fitoremediasi**

Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Akhir-akhir ini teknik reklamasi dengan fitoremediasi mengalami perkembangan pesat karena terbukti lebih murah dibandingkan metode lainnya, misalnya penambahan lapisan permukaan tanah. Fitoremediator tersebut dapat berupa herba, semak bahkan pohon. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok dapat menurunkan konsentrasi fosfat dengan waktu kontak 0, 5, 10, 15 dan 20 yang paling optimum adalah perlakuan ke 2 dan ke 3 pada hari ke 5 dengan konsentrasi fosfat <0.01 mg/l. Sedangkan efisiensi penyerapan dan akumulasi fosfat optimum ada eceng gondok selama 20 hari didapat pada perlakuan ke 3 yaitu akumulasi akar sebesar 14,90% dan tangkai daun 20,05% (Cut Ananda .S dkk, 2013).

#### **2.4.2. Sistem *Wetland***

Sistem Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetland*) merupakan proses pengolahan limbah yang meniru/aplikasi dari proses penjernihan air yang terjadi dilahan basah/rawa (*Wetland*), dimana tumbuhan air (*Hydrophita*) yang tumbuh didaerah tersebut memegang peranan penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alamiah (*self purification*). *Constructed wetland* ada dalam berbagai bentuk dan ukuran, tergantung dari pemilihan dan evaluasi lokasi. Sistem ini bisa disesuaikan ke hampir semua lokasi dan bisa dibangun dalam banyak konfigurasi dari unit tunggal kecil yang hanya beberapa meter persegi sampai sistem dengan luas beratus hektar.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa hasil pengolahan terbaik dengan metode kombinasi ABR dan *wetland* mampu menurunkan konsentrasi pencemaran dengan nilai efisiensi pengolahan pH 6,47, BOD sebesar 57,1 %, TSS 72,4 %, COD 58,7 % dan Minyak-Lemak dengan efisiensi 97,1 %. Nilai efisiensi tersebut menunjukkan bahwa persentase penurunan konsentrasi pencemar paling baik terjadi pada waktu tinggal pengolahan 48 jam atau 2 hari (Wiwien dkk, 2014)

#### **2.4.3. Kolam Makrofita (*Macrophyte ponds*)**

Kolam tumbuhan air (makrofita yaitu tumbuhan air yang relatif berukuran lebih besar daripada alga) adalah sejenis kolam pematangan yang memanfaatkan tumbuhan air yang terapung ataupun mengambang di dalam air. Tumbuhan air yang dipergunakan pada sistem pengolahan ini mampu menyerap nutrien anorganik (terutama P dan N) dalam jumlah yang relatif besar. Selain itu, sistem ini juga mampu untuk mengurangi kandungan logam berat yang terdapat pada air limbah.

Cara kerja dari kolam tumbuhan air ini utamanya didasarkan pada simbiosis mutualisme antara tumbuhan air dan bakteri pengurai bahan pencemar yang terdapat di dalam air. Bakteri aerobik dan fakultatif yang akan menguraikan kandungan bahan pencemar organik menggunakan oksigen yang diproduksi oleh proses fotosintesis tumbuhan air. Sedangkan, produk sampingan dari proses penguraian yang dilakukan oleh bakteri, yaitu karbondioksida dan amonium akan dimanfaatkan tumbuhan air dalam proses fotosintesis tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa efektivitas eceng gondok dengan kepadatan 25%, 50%, dan 100% dalam menurunkan kadar deterjen, BOD, dan COD pada air limbah laundry, dimana penurunan kadar deterjen, BOD, dan COD adalah 19,63%, 37,24%, dan 20,93%. Dapat disimpulkan bahwa dari hasil penelitian tersebut, eceng gondok dapat menurunkan kadar deterjen, BOD, dan COD air limbah *laundry* meskipun persentasenya relatif kecil (Rukmi, dkk., 2013).

## 2.5. Konsep *Waste Water Garden* (WWG)

*Waste Water Garden* (WWG) merupakan konsep pencegahan pencemaran lingkungan dengan tanaman dalam taman yang merupakan alternatif pengelolaan limbah yang murah, mudah, ramah lingkungan dan estetik. Beberapa jenis tanaman yang sering digunakan adalah Kana, Bambu Air, *Heleconia*, Keladi, Teratai, Lotus, Papyrus, Lili, dan jenis tanaman lainnya yang mampu menyerap serta mengolah limbah secara alami. Konsep fitoremediasi sangat ekologis, ekonomis dan efektif dalam pengelolaan lingkungan. Pengolahan limbah menggunakan sistem lahan basah buatan dengan tanaman air dalam tatanan taman yang indah lebih dikenal dengan *Waste Water Garden* (WWG) (Rony Iriwanto, 2010).

Berdasarkan penelitian bahwa dengan konsep *Waste Water Garden* (WWG) diketahui bahwa tanaman Cattail (*Typha Angustifolia*) yang mampu menurunkan BOD 77,9% dan TSS 69,6%, Kala Lili mampu menurunkan BOD 15,77% dan TSS 2,54% dan Lotus (*Nelumbo Nucifera*) yang berguna untuk menambah nilai estetika. Unit *Waste Water Garden* (WWG) dengan dimensi panjang 11 m, lebar 8,8 m, tinggi 1,5 m dan freeboard 0,5 m (Ria Merlita, 2014).

### 2.5.1. Desain *Waste Water Garden* (WWG)

Aplikasi fitoremediasi dalam WWG merupakan penampungan dari limbah dengan desain taman. Unit WWG harus didahului dengan bak/kolam pengendap untuk menghindari *clogging* pada media koral oleh partikel-partikel besar. Konstruksi bak/kolam WWG dengan pasangan batu kedap air, dengan kedalaman sekitar 1 meter. Kolam ini dilengkapi dengan pipa *inlet* dan *outlet*. Di dalamnya diisi media koral (batu pecah atau kerikil) dengan diameter 5 mm-10 mm setebal 80 cm. Kemudian ditanami tumbuhan air dicampur beberapa jenis yang berjarak cukup rapat, dengan melubangi lapisan media koral sedalam 40 cm untuk dudukan tanaman. Air limbah (*gray water* maupun *black water*) diatur dengan tinggi permukaan air limbah yang dianjurkan 70 cm dari dasar kolam. Dengan demikian posisi air limbah selalu 10 cm di bawah permukaan koral.

Beberapa jenis tanaman yang sering digunakan sebagai fitoremediasi adalah Anturium Merah/Kuning, Alamanda Kuning/Ungu, Akar Wangi, Bambu Air, Cana Presiden Merah/Kuning/Putih, Dahlia, Dracenia Merah/Hijau, Heleconia Kuning/Merah, Jaka, Keladi Loreng/Sente/Hitam, Kenyeri Merah/Putih, Lotus Kuning/Merah, Onje Merah, Pacing Merah/Putih, Padi-padian, Papyrus, Pisang Mas, Ponaderia, Sempol Merah/Putih, Spider Lili, pohon enau maupun pohon jarak, dan jenis tanaman lainnya yang mampu menyerap serta mengolah limbah secara alami (Rony Iriwanto, 2010).

### 2.5.2. Jenis Tanaman *Waste Water Garden* (WWG)

Tanaman *aquatic* (air) dan *semiaquatic* seperti *Eichornia crassipes* (eceng gondok), *Hydrocotyle umbellata*, *lemna minor* dan *Azolla pinnata*, dapat menyerap logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd), besi (Fe) dan merkuri (Hg) dari larutan terkontaminasi telah lama diketahui. Kemampuan ini sekarang digunakan dalam beberapa konstruksi lahan basah dan mungkin menjadi efektif dalam menghilangkan beberapa logam berat seperti bahan organik dari air. Kemampuan tanaman air tersebut dalam mengabsorpsi logam berat dilakukan melalui akarnya. Dalam teknologi fitoremediasi teknik ekstraksi logam dari air melalui akarnya dikenal dengan istilah *rizhofiltrasi*.

Beberapa jenis tanaman lain yang sering digunakan sebagai fitoremediasi adalah Anturium Merah/Kuning, Alamanda Kuning/Ungu, Akar Wangi, Bambu Air, Cana Presiden Merah/Kuning/Putih, Dahlia, Dracenia Merah/Hijau, Heleconia Kuning/Merah, Jaka, Keladi Loreng/Sente/Hitam, Kenyeri Merah/Putih, Lotus Kuning/Merah, Onje Merah, Pacing Merah/Putih, Padi-padian, Papirus, Pisang Mas, Ponaderia, Sempol Merah/Putih, Spider Lili, pohon enau maupun pohon jarak, dan jenis tanaman lainnya yang mampu menyerap serta mengolah limbah secara alami.

Berdasarkan penelitian bahwa tanaman *Cyperus papyrus* memiliki nilai efisiensi tertinggi 87,80% dan mampu menyisihkan TSS rata-rata sebesar 42,5%, dengan debit 90 ml/menit. Jenis tanaman *Ceratophyllum submersum* juga mampu menurunkan kadar nitrogen dalam air limbah dengan nilai  $0,036 + 0,002$  mg/l/hari dan penurunan BOD selama 10 hari 35 %. Tanaman kiambang terhadap dapat mengakumulasi Rasioesium dengan nilai faktor transfer 5,87 ml/g, dan eceng gondok memiliki nilai jauh lebih besar 188 ml/gn (Rony Irawanto, 2010).

### **2.5.3. Skema Penurunan Kandungan Bahan Organik**

Mekanisme perlakuan yang terjadi didalam *Waste Water Garden* adalah mengendapkan partikel tersuspensi, proses filtrasi dan presipitasi kimiawi melalui kontak antara air buangan dengan substrat (tanah, pasir kerikil pendukung tanaman). Proses yang terjadi adalah proses penguraian dan transformasi polutan oleh mikroorganisme dan tanaman, penyerapan dan proses transformasi nutrisi oleh tumbuhan dan mikroorganisme, pemakanan dan kematian secara alami dari bakteri patogen. Proses yang terjadi pada sistem *subsurface flow* ini berupa filtrasi, adsorpsi yang dilakukan oleh media dan bahan organik akibat adanya aktivitas dari akar tanaman.

Pengolahan limbah dengan *Waste Water Garden* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam media dan tanaman dalam area tersebut, Dalam sistem ini terjadi aktivitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, gas transfer, *adsorpsi*, pengolahan kimiawi dan pengolahan biologis karena aktivitas mikroorganisme

dalam tanah dan aktivitas tanaman untuk proses *photosintesis*, *photooksida* dan *plant uptake* (Metcalf & Eddy, 1993).

#### **2.5.4. Media Penyaring**

Filtrasi adalah proses penyaringan untuk menghilangkan zat padat tersuspensi (yang diukur dengan kekeruhan) dari air melalui media berpori-pori (Ditjen PPM & PLP, 1998). Pada proses penyaringan ini zat padat tersuspensi dihilangkan pada waktu air melalui lapisan materi berbentuk butiran yang disebut media filter. Media filter seperti pasir, potongan bata, ijuk, tanah liat, kerikil, cadas, arang dan sebagainya.

Pada media pasir hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan konsentrasi BOD oleh reaktor *biosand filter* sebesar 75%-87%, dan efisiensi penyisihan konsentrasi COD oleh reaktor biosand sebesar 65%-70%. Maka dapat disimpulkan bahwa reaktor *biosand filter* cukup efektif dalam menyisihkan parameter BOD dan COD (Tivany Edwin dkk, 2014).

Pada media kerikil hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar lipid sebesar 2,0 – 6,3 mg/L dari semula 6,5 mg/L, deterjen (LAS) 0,1 – 1,5 mg/L dari semula 5,83 mg/L, BOD 71,5 – 244,3 mg/L, dari semula 2.151 mg/L, COD 211,7 – 752 mg/L dari semula 6.438,1 mg.L dan pH 6,3 – 7,5 dari semula 6,6 (Nur Hidayat dkk, 2010).

Sedangkan pada media arang bambu hasil penelitian menunjukkan bahwa media filtrasi arang bambu dengan 3 tingkat ketinggian dapat menurunkan tingkat kekeruhan antara 72% sampai dengan 87,5% (Susanti dkk, 2013).

#### **2.5.5. Proses Kerja WWG**

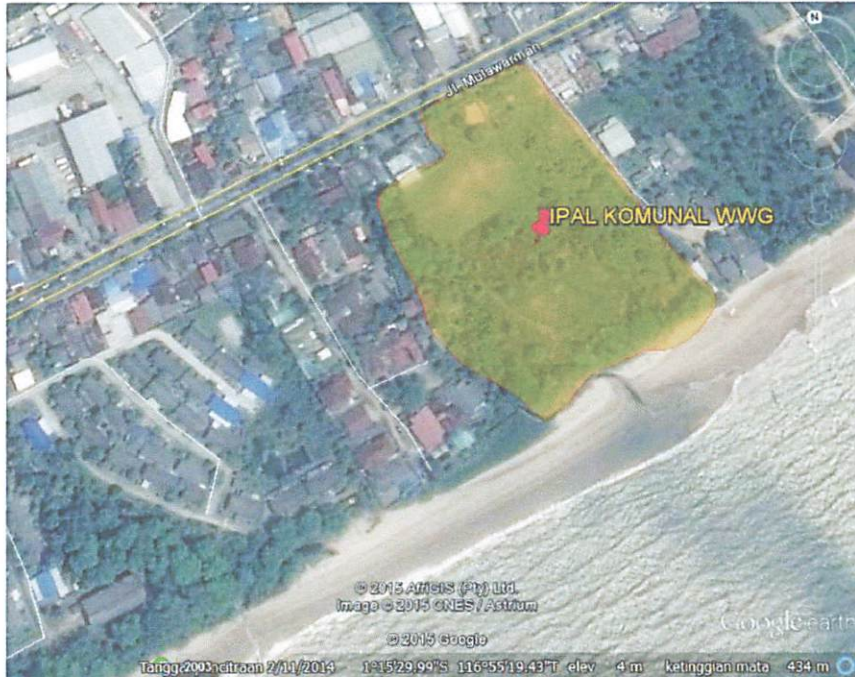
Dengan sistem WWG, air limbah (air bekas cucian, mandi dan septik tank) dapat langsung dialirkan ke bak penampung berisi kerikil yang diatas ditumbuhi dengan berbagai jenis tanaman. Tumbuhan akan menyerap nutrisi dalam air limbah tersebut, bersamaan dengan oksigen dan mikroorganisme yang terdapat dalam sistem WWG melenyapkan bakteri berbahaya / penyakit dalam air limbah yang tidak diolah. Dalam waktu 2-5 hari, air yang keluar dari WWG akan cukup bersih untuk mengairi taman.

Sistem WWG berlangsung secara alami. Ada 6 (enam) tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/pencemar yang berada di sekitarnya, yaitu:

1. *Phytoaccumulation (phytoextraction)* yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan.
2. *Rhizofiltration (rhizo: akar)* adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar.
3. *Phytostabilization* yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
4. *Rhizodegradation* yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan.
5. *Phytodegradation (phyto transformation)* yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan *enzym* yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan *enzym* berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi.
6. *Phytovolatilization* yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya di uapkan ke atmosfer (Rony Irawanto, 2010).

### BAB III

## METODE PERENCANAAN



**Gambar 3.1 Lokasi Perencanaan**

#### 3.1. Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan ini dipilih karena belum adanya IPAL komunal pada Jl. Mulawarman Kecamatan Balikpapan Selatan yang kondisi saluran pembuangannya masih bersifat terbuka dan mengandalkan pada kemampuan penyerapan oleh lahan terbuka serta untuk memanfaatkan potensi lahan kosong pada wilayah Kecamatan tersebut.

#### 3.2. Skala Wilayah

Skala perencanaan wilayah ini adalah perhitungan detail dan desain perencanaan limbah domestik komunal dengan sistem *Waste Water Garden (WWG)* di Kecamatan Balikpapan Selatan Kota Balikpapan. Kecamatan



Balikpapan Selatan memiliki luas wilayah perairan 200,3 km<sup>2</sup> dan wilayah darat 37,814 km<sup>2</sup>.

Kecamatan ini memiliki 7 (tujuh) kelurahan dan jumlah rukun tetangga sebagai berikut :

**Tabel 3.1 Kelurahan Dan Jumlah Rukun Tetangga Kecamatan Balikpapan Selatan Dalam Angka 2015**

No	Kelurahan	Luas Daerah	Jumlah RT
1	Sepinggan	7,812 km <sup>2</sup>	49
2	Gunung Bahagia	3,735 km <sup>2</sup>	57
3	Sepinggan Baru	10,618 km <sup>2</sup>	45
4	Sepinggan Raya	6,588 km <sup>2</sup>	32
5	Sungai Nangka	3,204 km <sup>2</sup>	36
6	Damai Baru	2,149 km <sup>2</sup>	15
7	Damai Bahagia	3,708 km <sup>2</sup>	42

(Sumber : BPS Kota Balikpapan, 2015)

### 3.3. Jenis Data

Data yang digunakan dalam perencanaan di wilayah Kecamatan Balikpapan Selatan yaitu :

**Tabel 3.2 Jenis Data Perencanaan**

Data Primer	Sumber	Data Sekunder	Sumber
Luas Area Lahan Kosong	Observasi Lapangan	Peta Wilayah	BAPPEDA
Dokumentasi Lahan Kosong	Observasi Lapangan	Peta Kontur Wilayah	BAPPEDA
Jenis Tanah Lahan Kosong	Observasi Lapangan	Peta Penggunaan Lahan Wilayah	BAPPEDA
Jarak Pemukiman dengan Lokasi Lahan Kosong	Observasi Lapangan	Luas Area Wilayah	BPS Kota Balikpapan
Kondisi Fisik Air Buangan Sekitar	Observasi Lapangan	Jumlah Penduduk	BPS Kota Balikpapan
Kondisi Pemukiman Sekitar	Observasi Lapangan	Jumlah Fasilitas Umum	BPS Kota Balikpapan
-	-	Kualitas Air Limbah	Analisis Laboratorium

### **3.4. Cara Pengumpulan**

Data primer diperoleh dari observasi dilapangan secara langsung. Data sekunder didapatkan dari Dinas PU Tata Ruang Kota, BPS Kota Balikpapan dan PDAM Tirta Manggar.

### **3.5. Analisis Data**

Analisis data perlu dilakukan untuk menentukan kapasitas bangunan pengolahan serta dimensi bangunan penunjang lainnya. Analisis data yang dilakukan dalam tahap perencanaan ini adalah :

#### **1. Analisis proyeksi penduduk dan fasilitas umum**

Proyeksi kependudukan dan fasilitas umum merupakan salah satu data pokok yang sangat diperlukan dalam perencanaan dan evaluasi pembangunan karena penduduk merupakan obyek sekaligus subyek pembangunan serta sangat berpengaruh dalam penentuan dimensi dan debit pengaliran. Metode proyeksi penduduk dan fasilitas umum yang dapat digunakan seperti metode Aritmatik, metode Geometri dan metode Least Square.

#### **2. Analisis kebutuhan Air bersih dan debit air limbah**

Perhitungan debit berguna untuk mengetahui jumlah buangan air limbah yang keluar perharinya dengan debit maksimum, debit rata-rata dan debit minimum. Berdasarkan SK-SNI 19-6728.1-2002 standar kebutuhan air bersih berdasarkan lokasi wilayah dimana :

Kota dengan penduduk < 1.000.000 : 250 l/orang/hari

Kota dengan penduduk 1.000.000 : 150 l/orang/hari

Pedesaan : 100 l/orang/hari

Kelas kota berdasarkan kriteria BPS:

Kota Kecil : 20.000 - 100.000 Jiwa

Kota sedang : 100.000 – 500.000 Jiwa

Kota besar : 500.000 – 1.000.000 Jiwa

Kota metropolitan : > 1.000.000 Jiwa

Untuk perhitungan debit air limbah didapat dari total kebutuhan air pada wilayah tersebut dikalikan dengan 70% karena tidak semua air mencapai 100% dari air yang dibuang karena terjadi beberapa faktor seperti penguapan.

### 3. Analisis kualitas air limbah

Kualitas air limbah awal perlu dilakukan sebelum dilakukan perhitungan desain bangunan pengolah karena berkaitan dengan perhitungan *efisiensi removal* bangunan pengolah yang direncanakan. *Efisiensi removal* merupakan perhitungan pengurangan limbah yang efektif dan dikira efisien yang dapat dilihat dari penelitian sebelumnya yang telah ditetapkan.

**Tabel 3.3 Standar Baku Mutu Air Buangan Domestik**

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Metode Uji
1	BOD	100	SNI 6989.72-2009
2	COD	150	SNI 6989.73-2009
3	TSS	100	SNI 6989.27-2005
4	Minyak dan Lemak	10	SNI 6989.10-2004
5	Amonia (NH <sub>3</sub> -N)	10	SNI 6989.30-2005
6	E.Coli	1000 MPN/100ml	Standard Methode atau APHA
7	Benda Terapung dan Berbuih Busa	Nihil (1)	Visual
8	pH	6,0-9,0	SNI 6989.11-2004

(Sumber : Perda No.2 Tahun 2011 Kota Balikpapan)

#### 4. Analisis luas area perencanaan

Luas area perencanaan perlu ditentukan terlebih dahulu karena menentukan kapasitas desain bangunan IPAL yang akan dibangun sehingga dapat digunakan untuk perhitungan dimensi optimum bangunan IPAL.

#### 5. Analisis Proses Pengolahan

IPAL Sistem WWG biasanya terdiri bar screen, bak pengumpul, bak sedimentasi, bak penyaring, bak pengontrol dan bak WWG. Air limbah (air bekas cucian, mandi dan septik tank) dapat langsung dialirkan ke bak penampung WWG yang berisi kerikil yang diatas ditumbuhi dengan berbagai jenis tanaman. Setelah diadakan pengolahan di dalam WWG air yang diolah dapat dipakai kembali untuk pengairan langsung halaman rumput, semak, bunga atau pepohonan. Air limbah biasanya ditampung di dalam di dalam WWG selama 2 – 5 hari, selama waktu ini air limbah diolah dan dibersihkan oleh tumbuh tumbuhan dan mikroba alam. Dengan sistem WWG, Tumbuhan akan menyerap nutrisi dalam air limbah tersebut, bersamaan dengan oksigen dan mikroorganisme yang terdapat dalam sistem WWG melenyapkan bakteri berbahaya / penyakit dalam air limbah yang tidak diolah. Dalam waktu 2 hari, air yang keluar dari WWG akan cukup bersih untuk mengairi taman.

#### 6. Analisis desain bangunan IPAL

Desain bangunan IPAL perencanaan ini dilakukan untuk merencanakan IPAL dengan asumsi untuk 15 tahun ke depan dengan menggunakan dengan sistem Waste Water Garden dengan kapasitas debit air limbah yang dihasilkan. Karakteristik beban pencemar yang digunakan berdasarkan pada karakteristik limbah cair domestik yang telah dilakukan uji kualitas.

Bangunan Pengolah IPAL perencanaan terdiri dari 3 unit yaitu :

##### 1. Unit bangunan pelengkap

Merupakan bangunan yang awal dimana terjadi proses awal pengolahan karena fungsi bangunan pelengkap adalah untuk meringankan kinerja unit bangunan utama seperti membersihkan material padat baik yang mengapung maupun yang mengendap. Unit bangunan pelengkap terdiri dari *bar screen* dan bak equalisasi.

## 2. Unit bangunan utama

Merupakan bangunan yang tempat terjadinya proses pengolahan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang ada didalam limbah cair. Unit bangunan utama terdiri dari bak *Waste Water Garden*.

## 3. Unit bangunan penunjang

Merupakan bangunan yang bertujuan bila pada pengolahan pertama dan kedua masih ada terdapat zat-zat tertentu yang berbahaya bagi masyarakat dan lingkungan maka, perlu dilakukannya penambahan pengolahan ketiga seperti pemberian desinfektan pada bak air terolah untuk membunuh bakteri berbahaya. Unit bangunan pelengkap terdiri dari bak sedimentasi, bak filtrasi, dan bak khlorinasi.

### 3.6. Jenis Tanaman yang digunakan

Jenis tanaman air yang digunakan dalam perencanaan sistem *Waste Water Garden* ini yaitu :

1. Lotus
2. Cattail
3. Kalla Lili

### 3.7. Estimasi Perencanaan IPAL Komunal Sistem WWG

Jumlah penduduk Kecamatan Balikpapan selatan 191737 jiwa dengan kebutuhan air bersih yaitu 150 l/org/hari dan luas area perencanaan yang tersedia yaitu 2,1 ha. Berdasarkan data tersebut maka dapat diketahui :

Kebutuhan air bersih domestik =  $125984 \times 150$  liter/jiwa/hari adalah 18897600 l/hari

Volume Air limbah =  $80\% \times 18897600$  liter/hari = 15118080 l/hari = 15118,08 m<sup>3</sup>/hari = 0,175 m<sup>3</sup>/dt

Debit hari maksimum (Qmd) =  $1,25 \times 0,175$  m<sup>3</sup>/dt  
= 0,218 m<sup>3</sup>/dt

Untuk 15 tahun mendatang yaitu:

$$P_n = P_0(1+r)^{dn}$$

$$P_{26} = 191737/(1+0,0196)^{(2007-2026)}$$

$$P_{26} = 256538 \text{ jiwa}$$

Kebutuhan air bersih domestik = 256538 x 150 liter/jiwa/hari adalah 38480700 l/hari

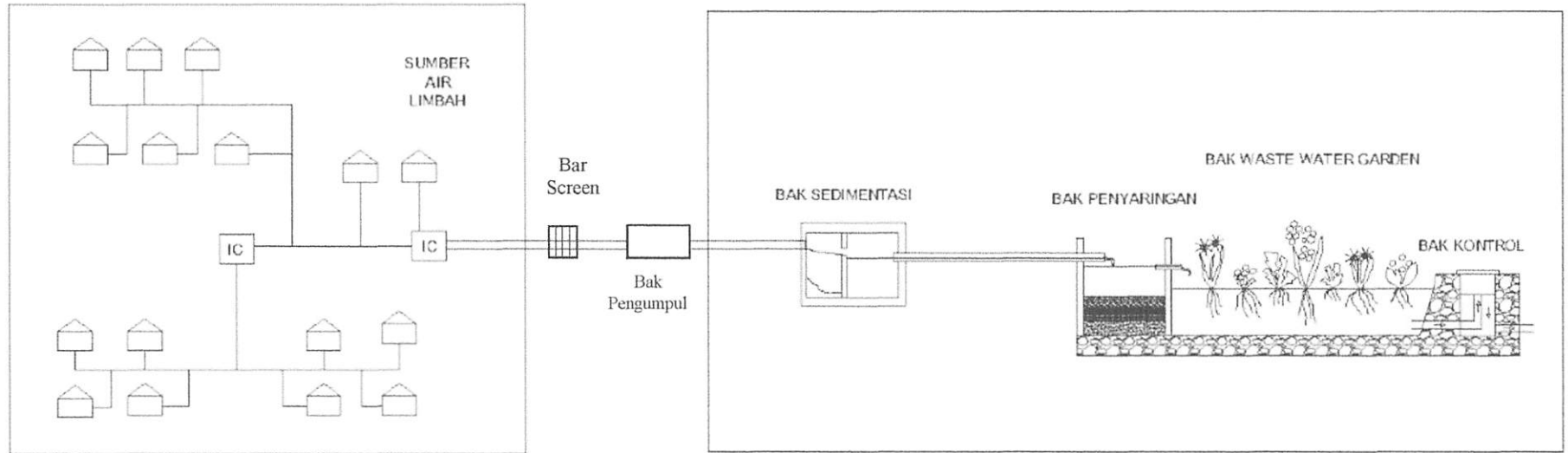
Volume Air limbah = 80% x 38480700 liter/hari = 30784560 l/hari = 30784,56 m<sup>3</sup>/hari = 0,356 m<sup>3</sup>/dt

$$\begin{aligned} \text{Debit hari maksimum (Qmd)} &= 1,25 \times 0,356 \text{ m}^3/\text{dt} \\ &= 0,445 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

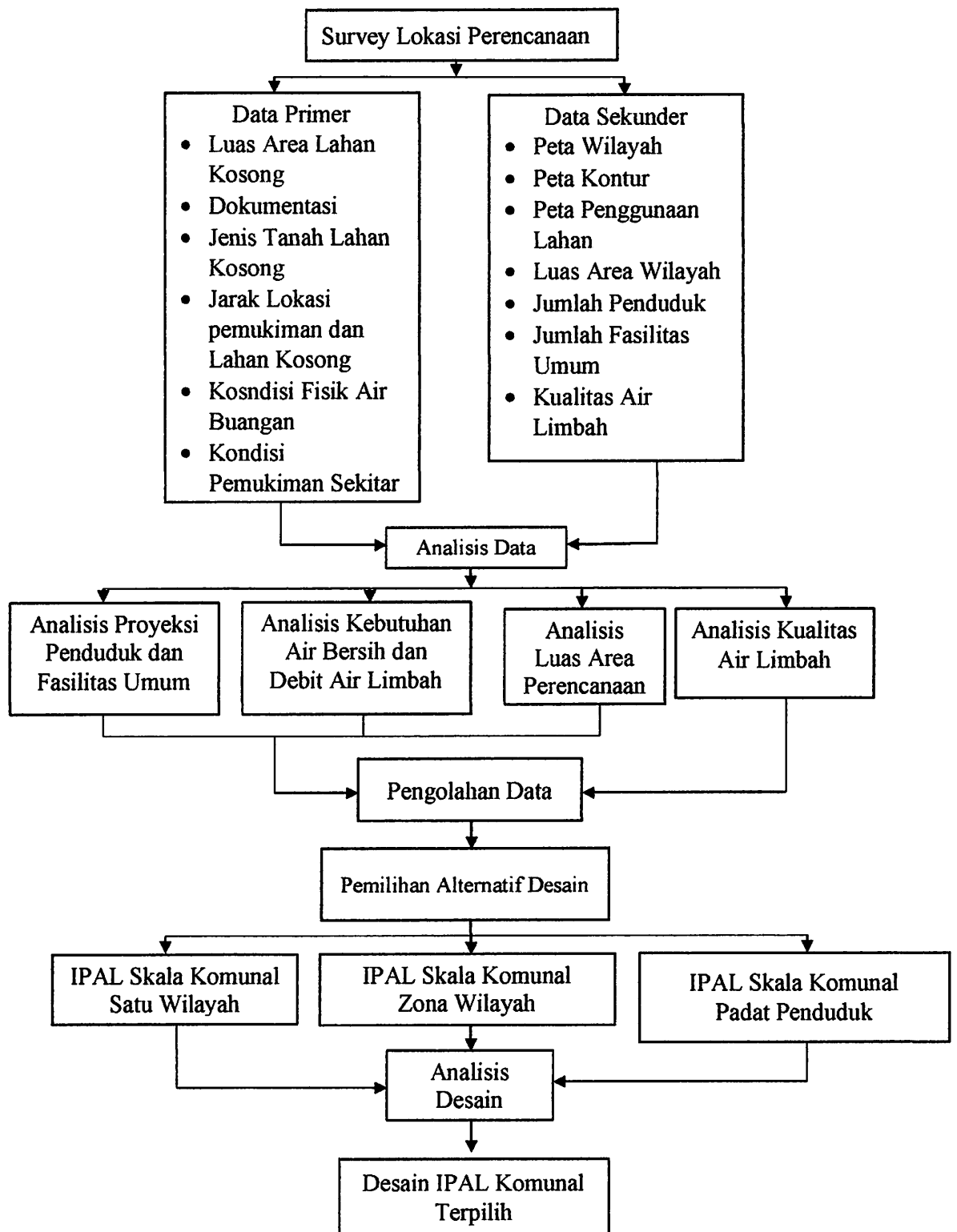
Berdasarkan jumlah penduduk serta jumlah debit yang dihasilkan maka dapat di estimasikan daya tampung area perencanaan selama 15 tahun mendatang dapat bertahan dengan perawatan IPAL secara berkala dan teratur.

Sedangkan untuk daerah layanan dengan luas area perencanaan yang ada maka IPAL tersebut dapat melayani 2-3 Kelurahan untuk 7 Kelurahan di 4 lokasi berbeda. Dalam menentukan lahan/lokasi pembuatan IPAL dipilih topografi dan kemiringan lahan Lokasi lahan yang paling rendah karena untuk memanfaatkan adanya gravitasi membuat air limbah akan mudah untuk mengalir serta luas area yang memenuhi daya tampung.

### 3.8. Layout IPAL Komunal Sistem WWG

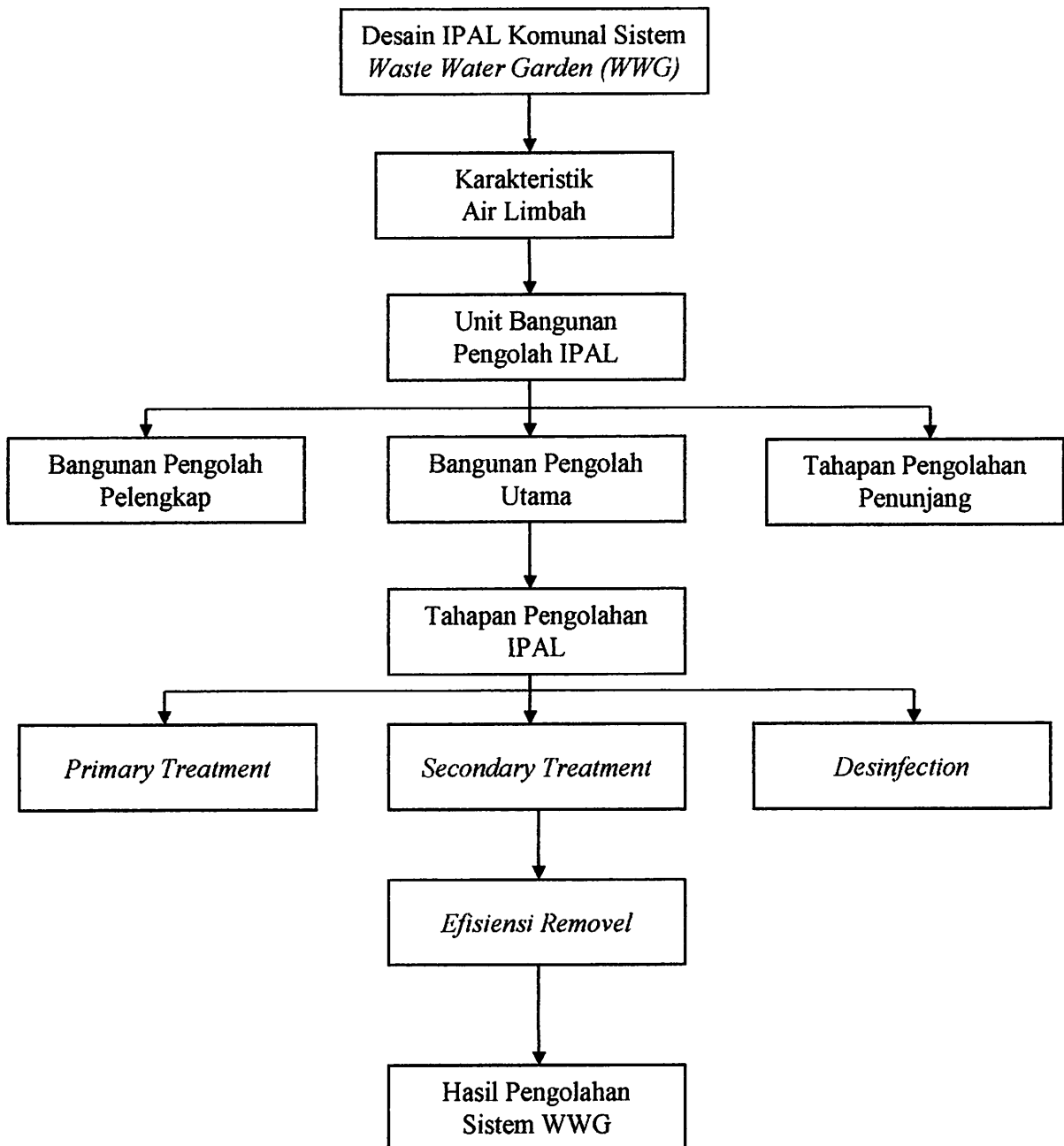


Gambar 3.2 Layout IPAL Komunal Sistem WWG



**Gambar 3.3 Diagram Perencanaan IPAL Komunal Sistem WWG**





**Gambar 3.4 Diagram Proses IPAL Komunal Sistem WWG**

**BAB IV**  
**GAMBARAN UMUM LOKASI PERENCANAAN**

**4.1. Gambaran Umum Wilayah**

Kecamatan Balikpapan Selatan berdasarkan kenampakan alamnya terdiri dari wilayah daratan dan perairan dimana memiliki luas wilayah darat 37,814 km<sup>2</sup> dan luas wilayah perairan 200,3 km<sup>2</sup>. Untuk wilayah administrasinya kecamatan ini terbagi menjadi 7 (tujuh) wilayah kelurahan yang didalamnya terdapat rukun warga dan rukun tetangga. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut :

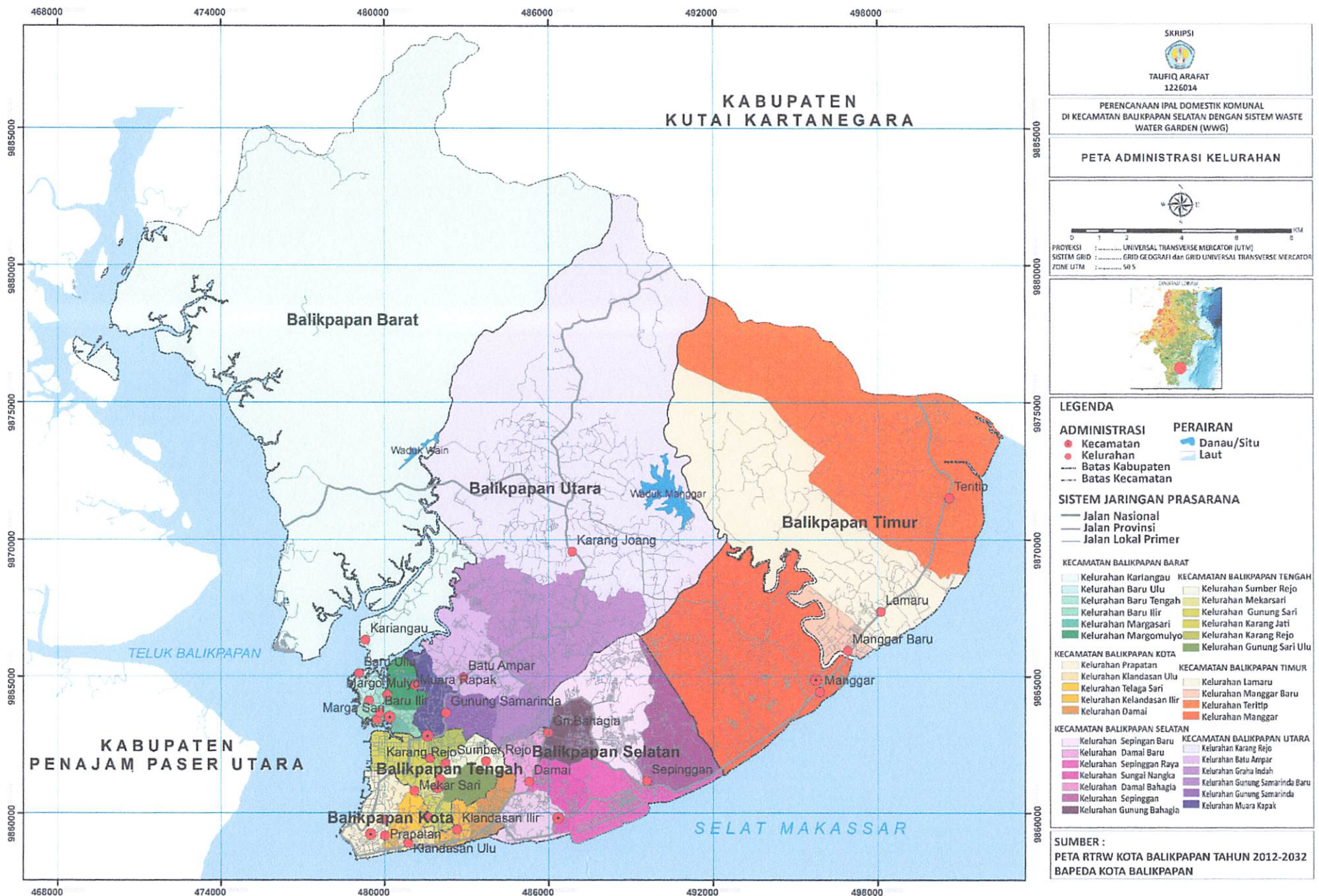
**Tabel 4.1 Kelurahan, Rukun Warga, dan Rukun Tetangga Kecamatan Balikpapan Selatan**

No	Kelurahan	Luas Daerah (km <sup>2</sup> )	Jumlah RW	Jumlah RT
1	Sepinggan	7,812	17	49
2	Gunung Bahagia	3,735	23	57
3	Sepinggan Baru	10,618	11	45
4	Sepinggan Raya	6,588	10	32
5	Sungai Nangka	3,204	13	36
6	Damai Baru	2,149	13	15
7	Damai Bahagia	3,708	14	42

(Sumber : BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)

Batas-batas wilayah Kecamatan Balikpapan Selatan sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Kecamatan Balikpapan Utara
- Sebelah Timur : Kecamatan Balikpapan Timur
- Sebelah Selatan : Selat Makasar
- Sebelah Barat : Balikpapan Kota dan Kecamatan Balikpapan Tengah

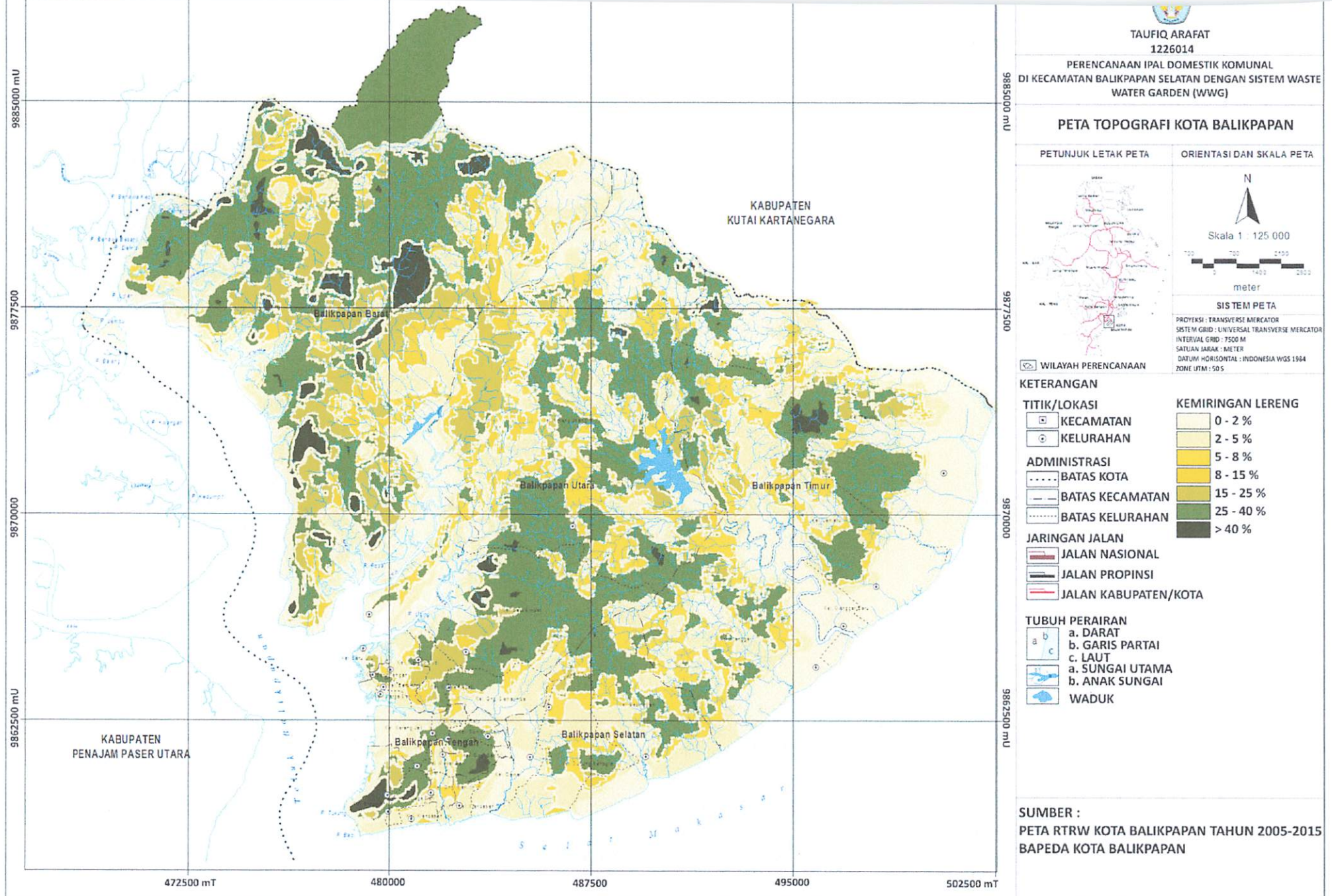


Gambar 4.1 Peta Administrasi Kota Balikpapan

## 4.2. Topografi

Kecamatan Balikpapan Selatan berdasarkan topografi wilayahnya terletak pada ketinggian 0-130 meter di atas permukaan air laut. Kecamatan Balikpapan Selatan ditinjau dari segi kemiringan lerengnya 85% merupakan wilayah berbukit serta 12% merupakan wilayah daerah datar yang sempit yang terletak di daerah sepanjang pantai dan daerah diantara perbukitan. Daerah perbukitan yang mempunyai kemiringan diatas 15% merupakan daerah rawan bencana karena memiliki tanah yang bersifat labil hal ini disebabkan karena jenis tanah seperti jenis tanah podsolik merah kuning mempunyai lapisan topsoilnya yang tipis dan batuannya muda sehingga tingkat kesuburan yang rendah. Apabila curah hujannya tinggi akan mengakibatkan tanah tersebut mudah merosot dan terkikis karena erosi, sehingga daerah ini kurang memungkinkan untuk dapat dikembangkan tanaman pertanian pangan tetapi lebih cocok untuk pengembangan tanaman keras/perkebunan.

Keadaan topografi atau kemiringan tanah tersebut menjadi salah satu karakteristik fisik dalam melihat potensi pengembangan daerah perkotaan. Kondisi topografi dominan perbukitan menyebabkan beberapa kawasan pelayanan air bersih tidak maksimal karena tekanan air yang tidak mampu sampai pada konsumen. Diperlukan peralatan tambahan dan strategi tertentu agar pelayanan air bersih memenuhi seluruh daerah layanan. Demikian juga untuk rencana pengembangan pengelolaan air limbah. Tidak semua air limbah dapat dialirkan ke instalasi pengolahan air limbah. Untuk kawasan tertentu harus dibuat skala komunal yang kemudian dengan menggunakan alat dipompa menuju instalasi pengolahan air limbah terpusat.



Gambar 4.2 Peta Topografi Kota Balikpapan

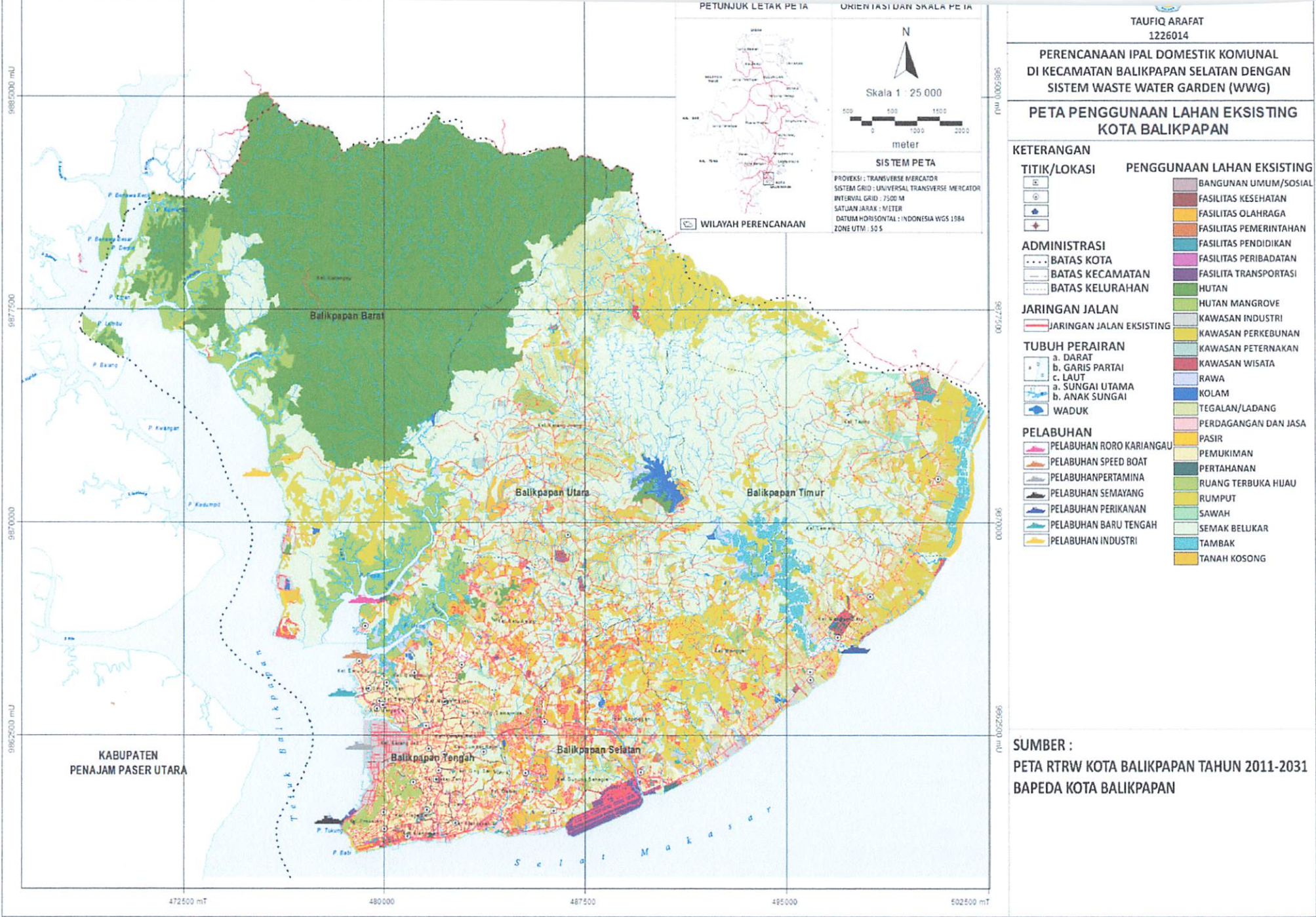
### 4.3. Tata Guna Lahan

Wilayah Kecamatan Balikpapan Selatan merupakan kawasan lahan terbangun. Dimana penggunaan lahan terbesar adalah sebagian besar merupakan pemukiman dengan luas 2.697 ha, kemudian penggunaan lainnya seperti lahan pertanian, taman, perkantoran, prasarana umum dan sisanya hutan. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut :

**Tabel 4.2 Kondisi dan penggunaan lahan Kecamatan Balikpapan Selatan**

No	Kelurahan	Jenis Penggunaan Lahan (ha)						
		Pemukiman	Pertanian	Pemukaman	Taman	Perkantoran	Prasarana Umum	Hutan
1	Sepinggan	673	2,5	3	1	0,5	11	0
2	Gunung Bahagia	550	2	2	0,5	43	20	13
3	Sepinggan Baru	360	0	0	0,3	10	8	0,5
4	Sepinggan Raya	340	0	0	0	10	20	0
5	Sungai Nangka	320	1,5	1,5	0	2	3	0
6	Damai Baru	215	0	0	0	5	3	0
7	Damai Bahagia	239	2	2	0,7	14,3	0,42	0
Jumlah		2.697	17,8	8,5	2,5	84,8	65,42	13,5

(Sumber : BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)



Gambar 4.3 Peta Penggunaan Lahan Eksisting Kota Balikpapan

#### 4.4. Iklim

Kecamatan Balikpapan Selatan berdasarkan termasuk dalam daerah tropis dimana hanya memiliki 2 musim, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Musim kemarau biasanya terjadi pada bulan Mei sampai dengan Oktober, sedangkan musim penghujan terjadi pada bulan November sampai dengan April. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut :

**Tabel 4.3 Curah Hujan Dirinci Menurut Bulan tahun 2004-2015**

<b>Tahun</b>	<b>Curah Hujan (mm)</b>
2004	2458,3
2005	2384,4
2006	2887,1
2007	2823,1
2008	3785,0
2009	2212,8
2010	2998,0
2011	2953,0
2012	2914,4
2013	2906,3
2014	2401,0

(Sumber: BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)



#### 4.5. Informasi Kependudukan

Jumlah penduduk di Kecamatan Balikpapan Selatan tiap tahunnya mengalami fluktuatif dalam peningkatan pertumbuhan penduduk. Hal ini tentunya sangat berpengaruh dalam penentuan dimensi dan debit pengaliran. Jumlah Penduduk Kecamatan Balikpapan Selatan pada tahun 2007 sampai tahun 2011 mengalami peningkatan tiap tahunnya dari 177133 jiwa menjadi 191737 jiwa. Pada tahun 2012 mengalami penurunan menjadi 116909 jiwa akibat adanya pemekaran wilayah di Kota Balikpapan dan pada tahun tahun selanjutnya mengalami peningkatan kembali. Kependudukan di Kecamatan Balikpapan Selatan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4 sampai tabel 4.6 sebagai berikut :

**Tabel 4.4 Jumlah Penduduk Kecamatan Balikpapan Selatan 2007-2014**

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah Penduduk (Jiwa)</b>
2007	177133
2008	180923
2009	183858
2010	190529
2011	191737
2012	116909
2013	121323
2014	125984

(Sumber : BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)

**Tabel 4.5 Kelurahan, Jumlah Rukun Tetangga dan Kepala Keluarga Kecamatan Balikpapan Selatan**

No	Kelurahan	Luas Daerah	Jumlah RW	Jumlah RT	Jumlah KK
1	Sepinggan	7,812 km <sup>2</sup>	17	49	10004
2	Gunung Bahagia	3,735 km <sup>2</sup>	23	57	7799
3	Sepinggan Baru	10,618 km <sup>2</sup>	11	45	84448
4	Sepinggan Raya	6,588 km <sup>2</sup>	10	32	5862
5	Sungai Nangka	3,204 km <sup>2</sup>	13	36	6472
6	Damai Baru	2,149 km <sup>2</sup>	13	15	3179
7	Damai Bahagia	3,708 km <sup>2</sup>	14	42	7813

(Sumber : BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)

**Tabel 4.6 Penduduk Menurut Jenis Kelamin dan Sex Ratio Kecamatan Balikpapan Selatan**

Tahun	Jumlah Laki-Laki (orang)	Jumlah Perempuan (orang)	Sex Ratio (%)
Sepinggan	15907	14542	109
Gunung Bahagia	11799	10863	108
Sepinggan Baru	13377	12600	106
Sepinggan Raya	8894	8187	108
Sungai Nangka	9734	8973	108
Damai Baru	4818	4406	109
Damai Bahagia	11665	10150	114

(Sumber : BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)

#### 4.6. Sarana dan Prasarana Umum

Untuk menunjang dan melancarkan aktivitas penduduk di Kecamatan Balikpapan Selatan pemerintah daerah menyediakan berbagai fasilitas umum yang ada di daerah tersebut. Fasilitas sosial dan fasilitas umum merupakan fasilitas yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat di suatu area permukiman. Fasilitas tersebut dapat berupa fasilitas pendidikan, kesehatan, perbelanjaan, peribadatan, rekreasi dan budaya. Permukiman yang nyaman dan menarik untuk ditinggali dapat diciptakan melalui penyediaan fasilitas sosial (fasos) dan fasilitas umum (fasum) yang lengkap dan memadai. Penyediaan berbagai fasilitas tersebut telah diatur dalam Rencana Tata Ruang Wilayah dan rencana rincinya, dimana implementasinya dapat dilakukan dengan kerjasama antara Pemerintah Daerah (Pemda) dengan masyarakat maupun swasta.

##### 4.6.1. Fasilitas Pendidikan

Fasilitas pendidikan diperlukan dalam proses belajar mengajar sehingga tujuan pendidikan dapat berjalan dengan lancar, teratur, efektif dan efisien. Di wilayah Kecamatan Balikpapan Selatan rata-rata di keseluruhan wilayah kelurahannya terdapat beberapa fasilitas pendidikan yang terdiri dari TK, SD, SMP, dan SMA. Fasilitas pendidikan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.7 sebagai berikut :

**Tabel 4.7 Fasilitas Pendidikan Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014**

Kelurahan	Jumlah			
	TK	SD	SMP	SMA
Sepinggan	4	4	1	1
Gunung Bahagia	6	2	2	2
Sepinggan Baru	2	3	1	2
Sepinggan Raya	2	3	2	1
Sungai Nangka	1	2	1	0
Damai Baru	4	1	1	1
Damai Bahagia	2	2	1	0

(Sumber : BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)

#### 4.6.2. Fasilitas Kesehatan

Salah satu upaya Pemerintah Kota Balikpapan dalam rangka pemerataan pelayanan kesehatan terhadap masyarakat adalah dengan membangun fasilitas kesehatan, telah disediakan beberapa jenis fasilitas kesehatan yaitu rumah sakit, puskesmas, posyandu, balai pengobatan. Selain fasilitas tersebut, tersedia pula fasilitas penunjang yang terdiri dari laboratorium klinik, fisioterapi, dan sarana rontgen. Fasilitas kesehatan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.8 sebagai berikut :

**Tabel 4.8 Fasilitas Kesehatan Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014**

Kelurahan	Jumlah			
	Rumah Sakit Umum	Puskesmas	Posyandu	Balai Pengobatan
Sepinggan	0	0	51	1
Gunung Bahagia	0	1	46	0
Sepinggan Baru	0	0	30	0
Sepinggan Raya	1	1	32	1
Sungai Nangka	1	0	23	0
Damai Baru	1	0	15	1
Damai Bahagia	0	0	30	0

(Sumber : BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)

### 4.6.3. Fasilitas Peribadatan

Agama merupakan unsur terpenting dari sistem nilai yang berfungsi mengatur hubungan antar manusia dengan penciptanya, juga menciptakan keselarasan hubungan antar sesama manusia. Seperti umumnya di sebagian besar wilayah Indonesia, penduduk di Kecamatan Balikpapan Selatan mayoritas memeluk agama Islam, diikuti oleh Kristen, Budha, Hindu dan sisanya dalam bentuk aliran kepercayaan. Fasilitas peribadatan di Kecamatan Balikpapan Selatan terdiri dari masjid, gereja, pura dan wihara. Fasilitas peribadatan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.9 sebagai berikut :

**Tabel 4.9 Fasilitas Peribadatan Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014**

Kelurahan	Jumlah			
	Masjid	Gereja	Pura	Wihara
Sepinggan	4	0	0	0
Gunung Bahagia	8	0	0	0
Sepinggan Baru	6	0	0	0
Sepinggan Raya	11	1	0	0
Sungai Nangka	11	0	0	0
Damai Baru	6	0	0	0
Damai Bahagia	7	0	0	0

(Sumber : BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)

#### 4.6.4. Fasilitas Industri

Berbagai macam industri terdapat di wilayah Kecamatan Balikpapan Selatan seperti industri makanan, industri kerajinan, industri pakaian, dan industri mebel. Dari potensi Industri yang ada tersebut maka arah dan strategi pengembangan ruang mengarah ke kawasan perdagangan dan jasa regional, dan industri pengolahan sebagai faktor dan elemen pembentuk ruang. Kota Balikpapan merupakan Pintu gerbang Wilayah Indonesia Timur. Hal ini sesuai dengan kedudukannya sebagai PKN dan potensinya sebagai kota jasa, kota transit yang dilengkapi dengan fasilitas jasa dan transportasi. Fasilitas Industri tersebut dapat dilihat pada tabel 4.10 sebagai berikut :

**Tabel 4.10 Fasilitas Industri Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014**

Kelurahan	Jumlah			
	Industri Makanan	Industri Kerajinan	Industri Pakaian	Industri Mebel
Sepinggan	18	15	0	2
Gunung Bahagia	7	1	4	0
Sepinggan Baru	87	5	89	6
Sepinggan Raya	10	2	5	5
Sungai Nangka	0	3	2	1
Damai Baru	8	0	1	0
Damai Bahagia	3	0	3	1

(Sumber : BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)

#### 4.6.5. Fasilitas Perdagangan

Pasar merupakan sarana penting bagi pedagang kecil sampai menengah untuk ikut berpartisipasi dalam perekonomian dan meningkatkan kesejahteraannya. Selain itu, pasar mutlak dibutuhkan, karena merupakan akses dari pusat perdagangan berbagai keperluan masyarakat, juga dapat menunjang sektor pertanian maupun industri dalam memasarkan hasil-hasilnya. Terdapat beberapa jenis pasar di Kecamatan Balikpapan Selatan yaitu jenis pasar tanpa bangunan, ada bangunan dan toko atau swalayan. Keberadaan pasar di Kecamatan Balikpapan sebagai pusat perdagangan yang cukup penting sekali ini, disebabkan fungsi dan struktur perekonomian di Kota Balikpapan didominasi oleh sektor perdagangan dan jasa. Fasilitas pasar tersebut dapat dilihat pada tabel 4.11 sebagai berikut :

**Tabel 4.11 Fasilitas Perdagangan Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014**

Kelurahan	Jumlah		
	Pasar Ada Bangunan	Pasar Tanpa Bangunan	Toko/Swalayan
Sepinggan	1	1	1
Gunung Bahagia	0	1	8
Sepinggan Baru	0	0	4
Sepinggan Raya	0	0	3
Sungai Nangka	0	0	0
Damai Baru	0	0	3
Damai Bahagia	0	1	3

(Sumber : BPS Kota Balikpapan Dalam Angka, 2015)

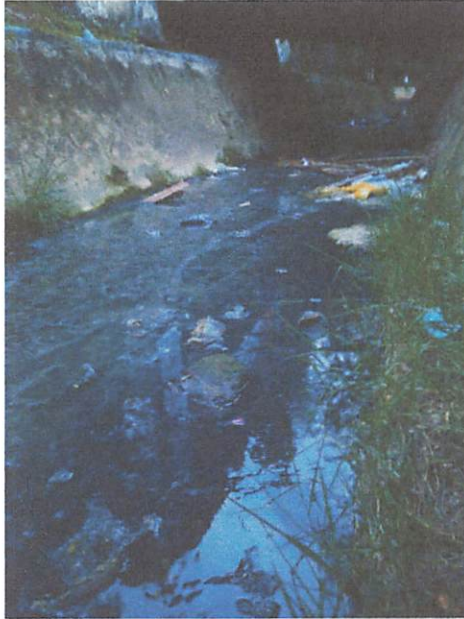
#### **4.7. Kondisi Eksisting di Perum PGRI**

Kondisi air buangan di Kecamatan Balikpapan Selatan berasal dari berbagai macam sumber seperti di daerah perumahan PGRI Kelurahan Gunung Bahagia, limbah berasal dari rumah tangga berupa air sabun atau deterjen ataupun limbah yang berasal dari dapur (grey water), lingkungan perdagangan atau jasa komersial baik warung, toko, maupun pasar serta berasal dari fasilitas-fasilitas umum seperti puskesmas, sekolah, rumah peribadatan dan lain-lain.

Semua jenis air buangan tersebut perlu adanya pengolahan terpadu sehingga air buangan tidak mencemari lingkungan. Adapun pertimbangan perlunya pengolahan terhadap air buangan adalah ditinjau dari segi estetika (bau), dan kesehatan, dimana dimungkinkan terjadinya penyakit dan musnahnya kehidupan air. Hal tersebut tentu sangat merugikan manusia dan lingkungan. Bahaya yang ditimbulkan dari air buangan tersebut mau tidak mau membuat kita untuk merencanakan sistem jaringan pengolahan air limbah dan buangan. Dengan demikian sudah semestinya pada suatu daerah diperlukan suatu sistem pengolahan yang baik, untuk mencegah timbulnya efek-efek samping seperti timbulnya penyakit dan terjadinya pencemaran akibat dari adanya air limbah domestik tersebut. Untuk mendukung sistem pengolahan tersebut, maka diperlukan suatu perencanaan dalam membangun sebuah pengolahan air limbah domestik yang efektif dan efisien.

Kondisi eksisting saluran pembuangan di Kecamatan Balikpapan Selatan menunjukkan pada level yang memprihatinkan. Berdasarkan data rumah tangga dari Dinas Kesehatan Kota Balikpapan yang mempunyai sistem pengolahan air limbah, dari 55.200 responden diperiksa, Kecamatan Balikpapan Selatan mempunyai sebaran tertinggi yaitu 13% sistem pengolahan air limbah tidak memenuhi syarat dengan sebaran utama di Kelurahan Telagasari sebanyak 44% diikuti Kelurahan Damai sebanyak 33% dengan pembuangan air limbah rumah tangga yang berlangsung pada umumnya adalah melalui septik tank atau langsung ke saluran-saluran primer dan pantai.





Gambar 4.4 Drainase sekunder yang berada di sisi jalan wilayah Kecamatan Balikpapan Selatan



Gambar 4.5 Kondisi outlet pembuangan limbah domestik Kecamatan Balikpapan Selatan

Saat ini di Kota Balikpapan yang memiliki Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) hanya di kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat. IPAL ini dikelola oleh PDAM Kota Balikpapan menurut Surat Keputusan Walikota Balikpapan No. 188.45-49/2005 tanggal 12 April 2005. Berdasarkan kajian produk limbah per SR/bulan, jumlah pelanggan yang dapat dilayani adalah sebanyak 1.200 SR atau sekitar 40 – 50% dari jumlah KK yang terdaftar di Kelurahan Margasari. Jumlah penduduk yang dapat dilayani mencapai 6.000 jiwa dengan rata-rata produksi limbah per SR bervariasi antara 20 – 35 m<sup>3</sup>/bulan, dimana karakteristik pelayanan didominasi masyarakat berpenghasilan rendah, tinggal di atas rumah air (rumah panggung) yang tidak mempunyai fasilitas pembuangan limbah. Kriteria cakupan pelayanan tersebut didasarkan pada target KUDP (Kalimantan Urban Development Project, IBRD Loan 3854-IND) (Pokja AMPL Kota Balikpapan).

## BAB V

### PERENCANAAN IPAL KOMUNAL

#### 5.1. Analisa Data

##### 5.1.1. Analisa Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk digunakan untuk memperkirakan jumlah penduduk untuk masa yang akan datang. Perkiraan jumlah penduduk ini digunakan sebagai dasar untuk perhitungan kuantitas air buangan yang dihasilkan dari aktivitas domestik. Data penduduk yang digunakan untuk proyeksi ini adalah data 5 tahunan Kecamatan Balikpapan Selatan dari tahun 2007 sampai 2011. Untuk mendapatkan metode proyeksi yang tepat perlu dilakukan uji korelasi dan metode yang ada. Dari hasil uji korelasi dengan hasil yang mendekati 1 (satu) merupakan metode yang digunakan.

Rumus uji korelasi yang digunakan :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]}}$$

Keterangan :

y (aritmatika) : Pertambahan Penduduk

y (geometrik) : Ln Pertambahan Penduduk

y (last square) : Jumlah Penduduk

x : Tahun ke – n

n : Jumlah Tahun

a. Metode Aritmatika

**Tabel 5.1 Metode Aritmatika**

Tahun	Jumlah Penduduk	x	y	x.y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
2007	177133	0	0	0	0	0
2008	180923	1	3790	3790	1	14364100
2009	183858	2	2935	5870	4	8614225
2010	190529	3	6671	20013	9	44502241
2011	191737	4	1208	4832	16	1459264
Jumlah		10	14604	34505	30	68939830

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]}}$$

$$r = \frac{5(34505) - (14604)(10)}{\sqrt{[5(14604) - (14604)^2][5(30) - (10)^2]}}$$

$$r = 0,33$$

b. Metode Geometrik

**Tabel 5.2 Metode Geometrik**

Tahun	Jumlah Penduduk	x	y = Ln Po	x.y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
2007	177133	1	12,084656	12,084656	1	146,03891
2008	180923	2	12,105827	24,211654	4	146,55104
2009	183858	3	12,121919	36,365757	9	146,94092
2010	190529	4	12,15756	48,630239	16	147,80626
2011	191737	5	12,16388	60,8194	25	147,95997
Jumlah		15	60,633842	182,11171	55	735,29711

y = Ln (Pertumbuhan penduduk Kecamatan Balikpapan Selatan)

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]}}$$

$$r = \frac{5(182,11171) - (60,633842)(15)}{\sqrt{[5(735,29711) - (60,633842)^2][5(55) - (15)^2]}}$$

$$r = 1,0$$

c. Metode Last Square

**Tabel 5.3 Metode Least Square**

Tahun	Jumlah Penduduk	x	y	x.y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
2007	177133	1	177133	12,084656	1	31376099689
2008	180923	2	180923	24,211654	4	32733131929
2009	183858	3	183858	36,365757	9	33803764164
2010	190529	4	190529	48,630239	16	36301299841
2011	191737	5	191737	60,8194	25	36763077169
Jumlah		15	924180	182,11171	55	1,70977372792E+11

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]}}$$

$$r = \frac{5(182,11171) - (924180)(15)}{\sqrt{[5(1,70977372792E + 11) - (924180)^2][5(55) - (15)^2]}}$$

$$r = 1,0$$

Berdasarkan uji korelasi yang dihasilkan nilai r yang paling mendekati 1 adalah hasil dari perhitungan secara metode geometrik yaitu dengan nilai r = 1,0.

Menurut metode proyeksi yang terpilih, berikut ini disajikan contoh perhitungan untuk proyeksi penduduk Kecamatan Balikpapan Selatan 15 tahun ke depan (2031).

Untuk 15 tahun mendatang yaitu:

$$P_n = P_o(1 + r)^n$$

Dimana:

$P_n$  : jumlah penduduk tahun ke-n (jiwa)

$P_o$  : jumlah penduduk pada tahun awal (jiwa)

$n$  : periode waktu proyeksi

$r$  : rata-rata prosentase pertambahan penduduk pertahun (%)

$$P_{15} = 125984(1 + (0,0196))^{(2031-2014)}$$

$$P_{15} = 175236 \text{ jiwa}$$

Jumlah penduduk tahun awal perencanaan yaitu tahun 2031 untuk Kecamatan Balikpapan Selatan adalah sebesar 175236 jiwa. Data proyeksi penduduk Kecamatan Balikpapan Selatan Per Kelurahan bisa dilihat pada tabel 5.4 sebagai berikut :

**Tabel 5.4 Proyeksi Penduduk Kecamatan Balikpapan Selatan Per Kelurahan 2014-2031**

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk				
		2014	2016	2021	2026	2031
1	Sepinggan	28435	29532	32462	35682	39223
2	Gunung Bahagia	20662	21793	24898	28446	32499
3	Sepinggan Baru	21997	23491	27685	32628	38453
4	Sepinggan Raya	11081	11344	12029	12756	13527
5	Sungai Nangka	17070	17945	20332	23038	26104
6	Damai Baru	7224	7616	8693	9922	11325
7	Damai Bahagia	19515	19817	20591	21397	22233
<b>Jumlah</b>		125984	131537	146691	163869	183363

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

### 5.1.2. Proyeksi Sarana dan Prasarana

Proyeksi fasilitas digunakan untuk memperkirakan jumlah fasilitas setiap kelurahan sampai dengan periode tahun perencanaan. Dalam hal ini, jumlah untuk 15 tahun ke depan proyeksi ini menggunakan pendekatan nilai perbandingan jumlah penduduk tahun proyeksi dengan jumlah fasilitas tahun proyeksi dengan jumlah fasilitas tahun sekarang, sedangkan untuk rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{x}{y} = \frac{\sum P_n}{\sum P_o}$$

dimana

x : Perkiraan jumlah fasilitas yang dibutuhkan pada tahun proyeksi

y : Jumlah fasilitas yang ada pada tahun sekarang

$(\sum P_n / \sum P_o)$  : Perbandingan jumlah penduduk tahun yang akan datang dengan Tahun sekarang.

Misalnya fasilitas pendidikan Kelurahan Sepinggan pada tahun 2014 adalah 4 TK, dengan cara yang sama diperoleh jumlah fasilitas Pendidikan di Kelurahan Sepinggan pada tahun 2031 menjadi :

$$\frac{x}{4} = \frac{39223}{28435}$$

$$x = 6$$

Untuk selanjutnya hasil dari proyeksi fasilitas tersebut dapat diketahui dari tabel 5.5 sebagai berikut :

**Tabel 5.5 Proyeksi Fasilitas Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014-2031**

**Fasilitas Pendidikan**

Kelurahan	Tahun 2014				Tahun 2016				Tahun 2021				Tahun 2026				Tahun 2031			
	TK	SD	SMP	SMA	TK	SD	SMP	SMA	TK	SD	SMP	SMA	TK	SD	SMP	SMA	TK	SD	SMP	SMA
Sepinggan	4	4	1	1	4	4	1	1	5	5	1	1	5	5	1	1	6	6	1	1
Gunung Bahagia	6	2	2	2	6	2	2	2	7	2	2	2	8	3	3	3	9	3	3	3
Sepinggan Baru	2	3	1	2	2	3	1	2	3	4	1	3	3	4	1	3	3	5	2	3
Sepinggan Raya	2	3	2	1	2	3	2	1	2	3	2	1	2	3	2	1	2	4	2	1
Sungai Nangka	1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	1	3	1	0	2	3	2	0
Damai Baru	4	1	1	1	4	1	1	1	5	1	1	1	5	1	1	1	6	2	2	2
Damai Bahagia	2	2	1	0	2	2	1	0	2	2	1	0	2	2	1	0	2	2	1	0
<b>Jumlah</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>10</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)



### Fasilitas Kesehatan

Kelurahan	Tahun 2014				Tahun 2016				Tahun 2021				Tahun 2026				Tahun 2031			
	RS	PU	PO	BP	RS	PU	PO	BP	RS	PU	PO	BP	RS	PU	PO	BP	RS	PU	PO	BP
Sepinggan	0	0	51	1	0	0	53	1	0	0	58	1	0	0	64	1	0	0	70	1
Gunung Bahagia	0	1	46	0	0	1	49	0	0	1	55	0	0	1	63	0	0	2	72	0
Sepinggan Baru	0	0	30	0	0	0	32	0	0	0	38	0	0	0	44	0	0	0	52	0
Sepinggan Raya	1	1	32	1	1	1	33	1	1	1	35	1	1	1	37	1	1	1	39	1
Sungai Nangka	1	0	23	0	1	0	24	0	1	0	27	0	1	0	31	0	2	0	35	0
Damai Baru	1	0	15	1	1	0	16	1	1	0	18	1	1	0	21	1	2	0	24	2
Damai Bahagia	0	0	30	0	0	0	30	0	0	0	32	0	0	0	33	0	0	0	34	0
<b>Jumlah</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>227</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>237</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>263</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>293</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>326</b>	<b>4</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

Ket : RS : Rumah Sakit

PU : Puskesmas

PO : Posyandu

BP : Balai Pengobatan

### Fasilitas Peribadatan

Kelurahan	Tahun 2014				Tahun 2016				Tahun 2021				Tahun 2026				Tahun 2031			
	MA	GE	PU	WI	MA	GE	PU	WI	MA	GE	PU	WI	MA	GE	PU	WI	MA	GE	PU	WI
Sepinggan	4	0	0	0	4	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	6	0	0	0
Gunung Bahagia	8	0	0	0	8	0	0	0	10	0	0	0	11	0	0	0	13	0	0	0
Sepinggan Baru	6	0	0	0	6	0	0	0	8	0	0	0	9	0	0	0	10	0	0	0
Sepinggan Raya	11	1	0	0	11	1	0	0	12	1	0	0	13	1	0	0	13	1	0	0
Sungai Nangka	11	0	0	0	12	0	0	0	13	0	0	0	15	0	0	0	17	0	0	0
Damai Baru	6	0	0	0	6	0	0	0	7	0	0	0	8	0	0	0	9	0	0	0
Damai Bahagia	7	0	0	0	7	0	0	0	7	0	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0
<b>Jumlah</b>	<b>53</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>54</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>62</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>69</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>76</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

Ket : MA : Masjid

GE : Gereja

PU : Pura

WI : Wihara

### Fasilitas Industri

Kelurahan	Tahun 2014				Tahun 2016				Tahun 2021				Tahun 2026				Tahun 2031			
	IM	IK	IP	IME	IM	IK	IP	IME	IM	IK	IP	IME	IM	IK	IP	IME	IM	IK	IP	IME
Sepinggan	18	15	0	2	19	16	0	2	21	17	0	2	23	19	0	3	25	21	0	3
Gunung Bahagia	7	1	4	0	7	1	4	0	8	1	5	0	10	1	6	0	11	2	6	0
Sepinggan Baru	87	5	89	6	93	5	95	6	109	6	112	8	129	7	132	9	152	9	156	10
Sepinggan Raya	10	2	5	5	10	2	5	5	11	2	5	5	12	2	6	6	12	2	6	6
Sungai Nangka	0	3	2	1	0	3	2	1	0	4	2	1	0	4	3	1	0	5	3	2
Damai Baru	8	0	1	0	8	0	1	0	10	0	1	0	11	0	1	0	13	0	2	0
Damai Bahagia	3	0	3	1	3	0	3	1	3	0	3	1	3	0	3	1	3	0	3	1
<b>Jumlah</b>	<b>133</b>	<b>26</b>	<b>104</b>	<b>15</b>	<b>140</b>	<b>27</b>	<b>110</b>	<b>15</b>	<b>162</b>	<b>30</b>	<b>128</b>	<b>17</b>	<b>188</b>	<b>33</b>	<b>151</b>	<b>20</b>	<b>216</b>	<b>39</b>	<b>176</b>	<b>22</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

Ket : IM : Industri Makanan  
 IK : Industri Kerajinan  
 IP : Industri Pakaian  
 IME : Industri Mebel

### Fasilitas Perdagangan

Kelurahan	Tahun 2014			Tahun 2016			Tahun 2021			Tahun 2026			Tahun 2031		
	PAB	PTB	Toko/ Swalayan	PAB	PTB	Toko/ Swalayan	PAB	PTB	Toko/ Swalayan	PAB	PTB	Toko/ Swalayan	PAB	PTB	Toko/ Swalayan
Sepinggan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gunung Bahagia	0	1	8	0	1	8	0	1	10	0	1	11	0	2	13
Sepinggan Baru	0	0	4	0	0	4	0	0	5	0	0	6	0	0	7
Sepinggan Raya	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	4
Sungai Nangka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Damai Baru	0	0	3	0	0	3	0	0	4	0	0	4	0	0	5
Damai Bahagia	0	1	3	0	1	3	0	1	3	0	1	3	0	1	3
<b>Jumlah</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>26</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>28</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>33</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

Ket : PAB : Pasar Ada Bangunan  
 PTB : Pasar Tanpa Bangunan  
 Toko/Swalayan : Toko/Swalayan

### 5.1.3. Perhitungan Pemakaian Air Bersih Domestik

Perhitungan ini digunakan untuk memperkirakan keseluruhan kebutuhan air domestik penduduk pada wilayah Kecamatan Balikpapan Selatan dari tahun 2014 hingga tahun 2031. Kebutuhan air untuk tiap orang di wilayah Kota Balikpapan dapat diketahui melalui data pelayanan air bersih PDAM. Tabel data pelayanan air bersih PDAM Kota Balikpapan bisa dilihat pada tabel 5.6 sebagai berikut :

**Tabel 5.6 Data Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Balikpapan**

NO	URAIAN	2011	2012	2013	2014	2015
1	JUMLAH SR (Asumsi 1SR = Tahun 2011 s/d 2013 5,5 jiwa JUMLAH SR (Asumsi 1SR = Tahun 2014 s/d 2015 6 jiwa	80138	83350	87620	89805	93175
2	Jumlah HU ( 1 HU = 100 Jiwa)	140	134	130	107	104
3	Jumlah Penduduk Kota Balikpapan	639031	637448	669685	706414	736807
4	Jumlah Penduduk Terlayani (Jiwa)	454759	471825	494910	549530	569450
5	Jumlah Penduduk Yang Belum Terlayani (Jiwa)	184272	165623	174775	156884	167357
6	Prosentase Tingkat pelayanan (%)	71.16	74.02	73.90	77.79	77.29

(Sumber : PDAM Kota Balikpapan)

Kemudian pada setiap SR dan HU yang dilayani oleh PDAM tersebut terdapat meteran air sebagai data untuk mengetahui jumlah air bersih yang terjual pada pelanggan. Data air yang terjual pada meter pelanggan tersebut terdapat pada tabel 5.7 sebagai berikut :

**Tabel 5.7 Air Yang Terjual Terbaca Pada Meter Pelanggan**

Tahun	Satuan (m <sup>3</sup> )
2011	21101185
2012	21829322
2013	22741847
2014	22420635
2015	23283198

(Sumber : PDAM Kota Balikpapan)

#### 5.1.4. Analisis Pemakaian Air Bersih Per Orang

Berdasarkan data pada tabel 5.10 dan 5.11 mengenai data pemakaian air bersih dan air yang terjual pelanggan PDAM Kota Balikpapan tersebut maka standar kebutuhan air bersih untuk tiap orang dapat diketahui melalui perhitungan sebagai berikut :

- Air yang terjual terbaca pada meter pelanggan tahun 2015 = 23283198 m<sup>3</sup>
- Jumlah SR tahun 2015 = 93175 SR (asumsi 1 SR = 6 jiwa)
- Rata-rata air terjual tiap bulan =  $\frac{23283198 \text{ m}^3}{12} = 1940267 \text{ m}^3/\text{bln}$
- Jumlah jiwa pada seluruh SR = 93175 × 6 = 559050 jiwa
- Kebutuhan air tiap orang =  $\frac{\text{Rata-rata air terjual tiap bulan}}{\text{Jumlah jiwa pada seluruh SR}}$   
 $= \frac{1940267 \text{ m}^3/\text{bln}}{559050 \text{ jiwa}}$   
 $= 3,471 \text{ m}^3/\text{org}/\text{bln}$   
 $= 0,1156 \text{ m}^3/\text{org}/\text{hri}$   
 $= 116 \text{ l}/\text{org}/\text{hri}$

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat maka pemakaian air untuk tiap orang adalah 120 l/org/hri.

#### 5.1.5 Perhitungan Pemakaian Air Bersih Kecamatan Balikpapan Selatan

Berdasarkan hasil analisa pemakaian air bersih untuk tiap orang yaitu 120 l/org/hri maka dapat diketahui total pemakaian air bersih domestik pada Kecamatan Balikpapan Selatan pada tahun 2014 hingga tahun 2031 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Air Bersih Domestik} &= \frac{\text{Jumlah Penduduk tahun } n \times 120 \text{ l}/\text{org}/\text{hri}}{86400} \\ &= \frac{125984 \text{ jiwa} \times 120 \text{ l}/\text{org}/\text{hri}}{86400} \\ &= 174,978 \text{ l}/\text{dtk} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kebutuhan air bersih domestik di Kecamatan Balikpapan Selatan dapat dilihat pada tabel 5.8 sebagai berikut :

**Tabel 5.8 Kebutuhan Air Bersih Domestik Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014-2031**

No	Kelurahan	Jumlah Penduduk					Rata-rata pemakaian Air Bersih (l/org/hri)	Kebutuhan Air Bersih (l/dtk)				
		2014	2016	2021	2026	2031		2014	2016	2021	2026	2031
1	Sepinggan	28435	29532	32462	35682	39223	120	39,493	41,017	45,086	49,558	54,476
2	Gunung Bahagia	20662	21793	24898	28446	32499	120	28,697	30,268	34,581	39,508	45,138
3	Sepinggan Baru	21997	23491	27685	32628	38453	120	30,551	32,626	38,451	45,317	53,407
4	Sepinggan Raya	11081	11344	12029	12756	13527	120	15,390	15,756	16,707	17,717	18,788
5	Sungai Nangka	17070	17945	20332	23038	26104	120	23,708	24,924	28,239	31,997	36,256
6	Damai Baru	7224	7616	8693	9922	11325	120	10,033	10,578	12,074	13,781	15,729
7	Damai Bahagia	19515	19817	20591	21397	22233	120	27,104	27,524	28,599	29,718	30,879
<b>Jumlah</b>		125984	131537	146691	163869	183363		174,978	182,692	203,736	227,596	254,672

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

### 5.1.6. Perhitungan Pemakaian Air Bersih Non Domestik

Berdasarkan data jumlah fasilitas yang ada, kemudian dilakukan perhitungan perkiraan pemakaian air bersih untuk fasilitas di Kecamatan Balikpapan Selatan tahun 2014 hingga tahun 2031. Standar Kebutuhan air bersih non domestik untuk beberapa sektor bisa dilihat pada tabel 5.9 adalah sebagai berikut :

**Tabel 5.9 Kriteria dan Standar Kebutuhan Air Non Domestik**

NO	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Sekolah	10	Liter/murid/hari
2	Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	2000	Liter/unit/hari
4	Posyandu	500	Liter/unit/hari
5	Masjid	3000	Liter/unit/hari
6	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
7	Pasar	12000	Liter/hektar/hari
8	Hotel	150	Liter/bed/hari
9	Toko	100-200	Liter/unit/hari
10	Rumah makan	100	Liter/unit/hari
11	Kompleks militer	60	Liter/orang/hari
12	Kawasan industri	0,2-0,8	Liter/detik/hari
13	Kawasan pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik/hari

(Sumber : Standar direktorat Jenderal Cipta Karya PU, 2008)

Berdasarkan data pada tabel 5.13 mengenai Kriteria dan Standar Kebutuhan Air Non Domestik tersebut maka total kebutuhan air bersih non domestik dapat diketahui melalui perhitungan misalkan fasilitas Pendidikan di Kelurahan Sepinggian tahun 2031 terdapat 6 unit TK idealnya terdapat 240 murid pada sebuah TK maka perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Air Bersih Non Domestik} &= \frac{\text{Jumlah Fasilitas tahun } n \times \text{Kebutuhan air pada sektor}}{86400} \\ &= \frac{6 \text{ unit} \times 240 \times 10 \text{ l/hari}}{86400} = 0,167 \text{ l/dtk} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan total kebutuhan air bersih non domestik di Kecamatan Balikpapan Selatan tahun tahun 2014 hingga tahun 2031 terdapat pada tabel 5.10 sebagai berikut :



**Tabel 5.10 Perhitungan Kebutuhan air non domestik**

**Fasilitas Pendidikan**

Kelurahan	Tahun 2014				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2016				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2021				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2026				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2031				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)
	TK	SD	SMP	SMA		TK	SD	SMP	SMA		TK	SD	SMP	SMA		TK	SD	SMP	SMA		TK	SD	SMP	SMA	
Sepinggan	4	4	1	1	0.305556	4	4	1	1	0.305556	5	5	1	1	0.361111	5	5	1	1	0.361111	6	6	1	1	0.416667
Gunung Bahagia	6	2	2	2	0.388889	6	2	2	2	0.388889	7	2	2	2	0.416667	8	3	3	3	0.555556	9	3	3	3	0.583333
Sepinggan Baru	2	3	1	2	0.263889	2	3	1	2	0.263889	3	4	1	3	0.361111	3	4	1	3	0.361111	3	5	2	3	0.430556
Sepinggan Raya	2	3	2	1	0.263889	2	3	2	1	0.263889	2	3	2	1	0.263889	2	3	2	1	0.263889	2	4	2	1	0.291667
Sungai Nangka	1	2	1	0	0.125000	1	2	1	0	0.125000	1	2	1	0	0.125000	1	3	1	0	0.152778	2	3	2	0	0.222222
Damai Baru	4	1	1	1	0.222222	4	1	1	1	0.222222	5	1	1	1	0.250000	5	1	1	1	0.250000	6	2	2	2	0.388889
Damai Bahagia	2	2	1	0	0.152778	2	2	1	0	0.152778	2	2	1	0	0.152778	2	2	1	0	0.152778	2	2	1	0	0.152778
<b>Jumlah</b>					1.722222	<b>Jumlah</b>				1.722222	<b>Jumlah</b>				1.930556	<b>Jumlah</b>				2.097222	<b>Jumlah</b>				2.486111

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

### Fasilitas Kesehatan

Kelurahan	Tahun 2014				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2016				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2021				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2026				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2031				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)
	R S	PU	PO	B P		R S	PU	PO	B P		R S	PU	PO	B P		R S	PU	PO	B P		R S	P U	PO	B P	
Sepinggan	0	0	51	1	0.0330	0	0	53	1	0.0334	0	0	60	1	0.0347	0	0	76	1	0.0378	0	0	105	2	0.0666
Gunung Bahagia	0	1	46	0	0.0320	0	1	49	0	0.0326	0	1	58	0	0.0343	0	2	80	0	0.0617	0	3	127	0	0.0939
Sepinggan Baru	0	0	30	0	0.0058	0	0	32	0	0.0062	0	0	40	0	0.0077	0	0	60	0	0.0116	0	0	105	0	0.0203
Sepinggan Raya	1	1	32	1	0.5154	1	1	33	1	0.5156	1	1	36	1	0.5162	1	1	41	1	0.5172	2	2	50	2	1.0282
Sungai Nangka	1	0	23	0	0.4674	1	0	24	0	0.4676	1	0	29	0	0.4686	2	0	39	0	0.9334	3	0	59	0	1.4003
Damai Baru	1	0	15	1	0.4890	1	0	16	1	0.4892	1	0	19	1	0.4898	2	0	26	2	0.9772	3	0	41	3	1.4662
Damai Bahagia	0	0	30	0	0.0058	0	0	30	0	0.0058	0	0	32	0	0.0062	0	0	35	0	0.0068	0	0	40	0	0.0077
<b>Jumlah</b>					<b>1.5484</b>	<b>Jumlah</b>				<b>1.5503</b>	<b>Jumlah</b>				<b>1.5575</b>	<b>Jumlah</b>				<b>2.5457</b>	<b>Jumlah</b>				<b>4.0831</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

- Ket : RS : Rumah Sakit  
 PU : Puskesmas  
 PO : Posyandu  
 BP : Balai Pengobatan

### Fasilitas Peribadatan

Kelurahan	Tahun 2014				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2016				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2021				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2026				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2031				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)
	MA	GE	PU	WI		MA	GE	PU	WI		MA	GE	PU	WI		MA	GE	PU	WI		MA	GE	PU	WI	
Sepinggan	4	0	0	0	0.1389	4	0	0	0	0.1389	5	0	0	0	0.1736	6	0	0	0	0.2083	8	0	0	0	0.2778
Gunung Bahagia	8	0	0	0	0.2778	8	0	0	0	0.2778	10	0	0	0	0.3472	14	0	0	0	0.4861	22	0	0	0	0.7639
Sepinggan Baru	6	0	0	0	0.2083	6	0	0	0	0.2083	8	0	0	0	0.2778	12	0	0	0	0.4167	21	0	0	0	0.7292
Sepinggan Raya	11	1	0	0	0.4167	11	1	0	0	0.4167	12	1	0	0	0.4514	14	1	0	0	0.5208	17	2	0	0	0.6597
Sungai Nangka	11	0	0	0	0.3819	12	0	0	0	0.4167	14	0	0	0	0.4861	19	0	0	0	0.6597	28	0	0	0	0.9722
Damai Baru	6	0	0	0	0.2083	6	0	0	0	0.2083	8	0	0	0	0.2778	10	0	0	0	0.3472	16	0	0	0	0.5556
Damai Bahagia	7	0	0	0	0.2431	7	0	0	0	0.2431	8	0	0	0	0.2778	8	0	0	0	0.2778	9	0	0	0	0.3125
<b>Jumlah</b>					<b>1.8750</b>	<b>Jumlah</b>				<b>1.9097</b>	<b>Jumlah</b>				<b>2.2917</b>	<b>Jumlah</b>				<b>2.9167</b>	<b>Jumlah</b>				<b>4.2708</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

Ket :     MA   : Masjid  
           GE   : Gereja  
           PU   : Pura  
           WI   : Wihara

## Fasilitas Industri

Kelurahan	Tahun 2014				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2016				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2021				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2026				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2031				Pemakaian Air Bersih (l/dtk)
	IM	IK	IP	IME		IM	IK	IP	IME		IM	IK	IP	IME		IM	IK	IP	IME		IM	IK	IP	IME	
Sepinggan	18	15	0	2	0.0003241	19	16	0	2	0.0003426	21	18	0	2	0.0003796	27	22	0	3	0.0004815	37	31	0	4	0.0006667
Gunung Bahagia	7	1	4	0	0.0001111	7	1	4	0	0.0001111	9	1	5	0	0.0001389	12	2	7	0	0.0001944	19	3	11	0	0.0003056
Sepinggan Baru	87	5	89	6	0.0017315	93	5	95	6	0.0018426	117	7	120	8	0.0023333	173	10	177	12	0.0034444	303	17	310	21	0.0060278
Sepinggan Raya	10	2	5	5	0.0002037	10	2	5	5	0.0002037	11	2	6	6	0.0002315	13	3	6	6	0.0002593	16	3	8	8	0.0003241
Sungai Nangka	0	3	2	1	0.0000556	0	3	2	1	0.0000556	0	4	3	1	0.0000741	0	5	3	2	0.0000926	0	8	5	3	0.0001481
Damai Baru	8	0	1	0	0.0000833	8	0	1	0	0.0000833	10	0	1	0	0.0001019	14	0	2	0	0.0001481	22	0	3	0	0.0002315
Damai Bahagia	3	0	3	1	0.0000648	3	0	3	1	0.0000648	3	0	3	1	0.0000648	4	0	4	1	0.0000833	4	0	4	1	0.0000833
<b>Jumlah</b>					0.0026	<b>Jumlah</b>				0.0027	<b>Jumlah</b>				0.0033	<b>Jumlah</b>				0.0047	<b>Jumlah</b>				0.0078

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

Ket : IM : Industri Makanan  
 IK : Industri Kerajinan  
 IP : Industri Pakaian  
 IME : Industri Mebel

### Fasilitas Perdagangan

Kelurahan	Tahun 2014			Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2016			Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2021			Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2026			Pemakaian Air Bersih (l/dtk)	Tahun 2031			Pemakaian Air Bersih (l/dtk)
	P A B	P T B	Toko/ Swalayan		P A B	P T B	Toko/ Swalayan		P A B	P T B	Toko/ Swalayan		P A B	P T B	Toko/ Swalayan		P A B	P T B	Toko/ Swalayan	
Sepinggan	1	1	1	0.2801	1	1	1	0.2801	1	1	1	0.2801	1	1	1	0.2801	2	2	2	0.5602
Gunung Bahagia	0	1	8	0.1574	0	1	8	0.1574	0	1	10	0.1620	0	2	14	0.3102	0	3	22	0.4676
Sepinggan Baru	0	0	4	0.0093	0	0	4	0.0093	0	0	5	0.0116	0	0	8	0.0185	0	0	14	0.0324
Sepinggan Raya	0	0	3	0.0069	0	0	3	0.0069	0	0	3	0.0069	0	0	4	0.0093	0	0	5	0.0116
Sungai Nangka	0	0	0	0.0000	0	0	0	0.0000	0	0	0	0.0000	0	0	0	0.0000	0	0	0	0.0000
Damai Baru	0	0	3	0.0069	0	0	3	0.0069	0	0	4	0.0093	0	0	5	0.0116	0	0	8	0.0185
Damai Bahagia	0	1	3	0.1458	0	1	3	0.1458	0	1	3	0.1458	0	1	4	0.1481	0	1	4	0.1481
<b>Jumlah</b>				<b>0.6065</b>	<b>Jumlah</b>			<b>0.6157</b>	<b>Jumlah</b>				<b>Jumlah</b>			<b>0.7778</b>	<b>Jumlah</b>			<b>1.2384</b>

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

Ket : PAB : Pasar Ada Bangunan  
 PTB : Pasar Tanpa Bangunan  
 Toko/Swalayan : Toko/Swalayan

### 5.1.7. Total Kebutuhan Air Bersih dan Total Air Limbah Di Kecamatan Balikpapan Selatan

Perhitungan ini digunakan untuk memperkirakan total pemakaian air bersih yang di Kecamatan Balikpapan Selatan tahun 2014 hingga tahun 2031 dari kegiatan domestik maupun non domestik.

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan Air Bersih} &= \text{Jumlah kebutuhan air bersih domestik} + \text{non domestik} \\ &\text{tahun } n \\ &= 254,671 + 12,086 = 266,757 \text{ l/dtk} \end{aligned}$$

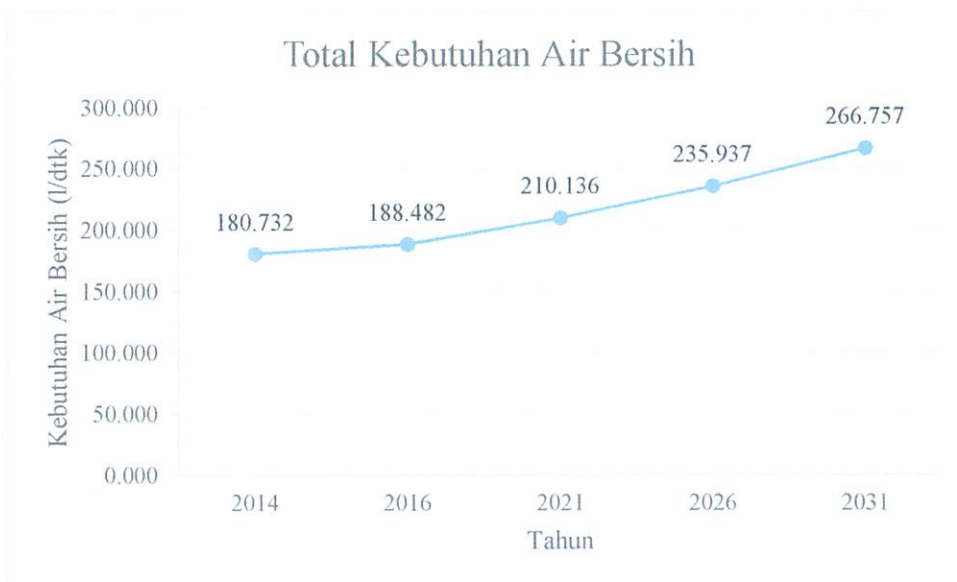
Berikut tabel 5.11 hasil perhitungan total kebutuhan air bersih di Kecamatan Balikpapan Selatan tahun 2014 hingga tahun 2031 sebagai berikut :

**Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Total Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014-2031**

No	Kelurahan	Total Kebutuhan air bersih (l/dtk)				
		2014	2016	2021	2026	2031
1	Sepinggan	40.251	41.774	45.936	50.447	55.798
2	Gunung Bahagia	29.553	31.125	35.541	40.922	47.047
3	Sepinggan Baru	31.040	33.116	39.112	46.127	54.625
4	Sepinggan Raya	16.593	16.959	17.946	19.028	20.778
5	Sungai Nangka	24.683	25.932	29.319	33.743	38.850
6	Damai Baru	10.960	11.505	13.101	15.367	18.159
7	Damai Bahagia	27.652	28.071	29.182	30.303	31.501
<b>Jumlah</b>		180.732	188.482	210.136	235.937	266.757

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

Kemudian hasil dari Tabel 5.11 yaitu hasil perhitungan total kebutuhan air bersih di Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014-2031 di gambarkan dalam grafik 5.1 sebagai berikut :



Gambar 5.1 Grafik Total Kebutuhan Air Bersih

Berdasarkan hasil perhitungan dari tabel 5.11 maka dapat diketahui total debit air limbah yang dihasilkan dari pemakaian air bersih di Kecamatan Balikpapan Selatan dari tahun 2014 hingga tahun 2031 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total Air limbah} &= \text{Total kebutuhan air tahun } n \times 80\% \\ &= 266,757 \text{ l/dtk} \times 80\% = 213,405 \text{ l/dtk} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan total debit air limbah yang dihasilkan di Kecamatan Balikpapan Selatan tahun 2014 hingga tahun 2031 terdapat pada tabel 5.12 sebagai berikut :

**Tabel 5.12 Hasil Perhitungan Total Debit Air Limbah di Kecamatan Balikpapan Selatan Tahun 2014-2031**

No	Kelurahan	Total Air limbah (l/dtk)				
		2014	2016	2021	2026	2031
1	Sepinggan	32.201	33.419	36.748	40.357	44.638
2	Gunung Bahagia	23.643	24.900	28.433	32.737	37.637
3	Sepinggan Baru	24.832	26.493	31.289	36.902	43.700
4	Sepinggan Raya	13.275	13.567	14.357	15.222	16.623
5	Sungai Nangka	19.746	20.746	23.455	26.995	31.080
6	Damai Baru	8.768	9.204	10.481	12.294	14.527
7	Damai Bahagia	22.121	22.457	23.346	24.242	25.200
Jumlah		144.586	150.786	168.109	188.750	213.405

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

Kemudian hasil dari Tabel 5.12 yaitu hasil perhitungan total debit air limbah di Kecamatan Balikpapan Selatan tahun 2014-2031 di gambarkan dalam grafik 5.2 sebagai berikut :



Gambar 5.2 Grafik Total Air Limbah



Berdasarkan hasil perhitungan jumlah debit limbah domestik yang dihasilkan di Kecamatan Balikpapan Selatan tahun 2014 hingga tahun 2031 didapatkan nilai debit limbah 0,213 m<sup>3</sup>/s dengan nilai debit limbah yang begitu besar maka pelayanan IPAL akan dibagi menjadi beberapa zona.

## 5.2. Penentuan Lokasi IPAL

Penentuan lokasi ini merupakan faktor penting dalam studi kelayakan IPAL Kawasan. Faktor yang digunakan untuk penentuan lokasi IPAL antara lain luas lahan, jarak dengan badan air, kepemilikan lahan, perbedaan elevasi lokasi IPAL dengan daerah cakupan pelayanan, kondisi sekitar IPAL dan akses jalan.

Deskripsi Lokasi terencana IPAL di Kecamatan Balikpapan Selatan yang telah ditentukan dan memiliki potensi yang dapat dijadikan sebagai lokasi IPAL dijelaskan dalam Tabel 5.13 sebagai berikut :

**Tabel 5.13 Lokasi Terencana IPAL Kecamatan Balikpapan Selatan**

Lokasi IPAL	Luas Lahan (Ha)	Kepemilikan	Elevasi (dpl)	Kondisi
Lokasi 1 Jl. Malioboro	6,3	Balai Diklat Keuangan Balikpapan	9 m	Lapangan Rumput
Lokasi 2 Jl. Mulawarman	3,3	Kolektif warga	3 m	Lapangan Rumput dan kebun
Lokasi 3 Jl. Wira Yudha	2,5	Kolektif warga	2 m	Lapangan Rumput
Lokasi 4 Jl. Jenderal Sudirman	2,3	Kolektif warga	2 m	Lapangan Rumput

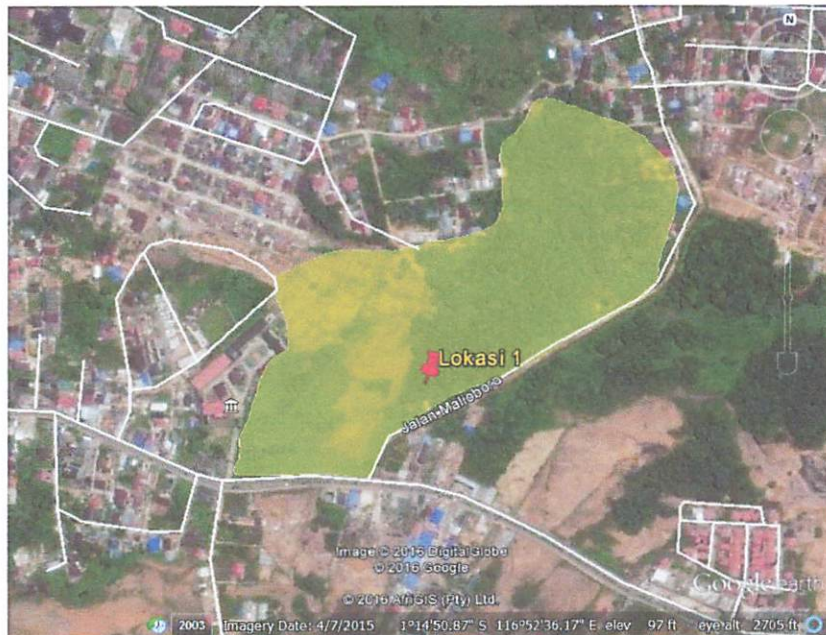
(Sumber : Observasi Lapangan, 2016)

Lokasi IPAL yang memenuhi untuk dibangunnya IPAL adalah lahan di Jl. Malioboro, lahan di Jl. Mulawarman, lahan di Jl. Wira Yudha, lahan di Jl. Jenderal Sudirman . Hal ini karena semua lahan tersebut mempunyai luas lahan, memiliki elevasi yang rendah sesuai kebutuhan pengembangan IPAL kawasan terencana di Kecamatan Balikpapan Selatan dan berdekatan dengan badan air penerima.

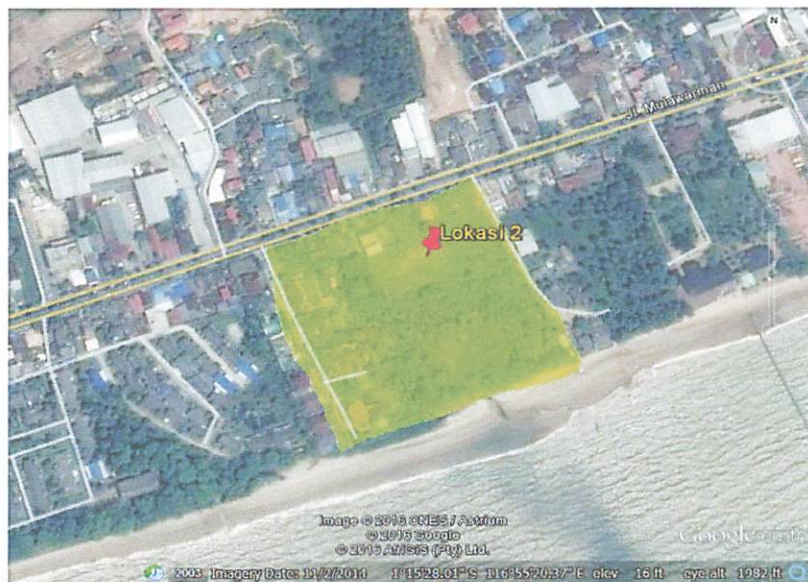
Status kepemilikan lahan lokasi IPAL di Kecamatan Balikpapan Selatan merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan karena salah satu dari lahan tersebut saat ini bukan merupakan lahan milik pemerintah daerah. Pembebasan lahan di Kecamatan Balikpapan Selatan akan menjadi hambatan mengingat lahan kosong dengan luas yang cukup untuk pengembangan IPAL Kawasan di Kecamatan Balikpapan Selatan sangat terbatas.



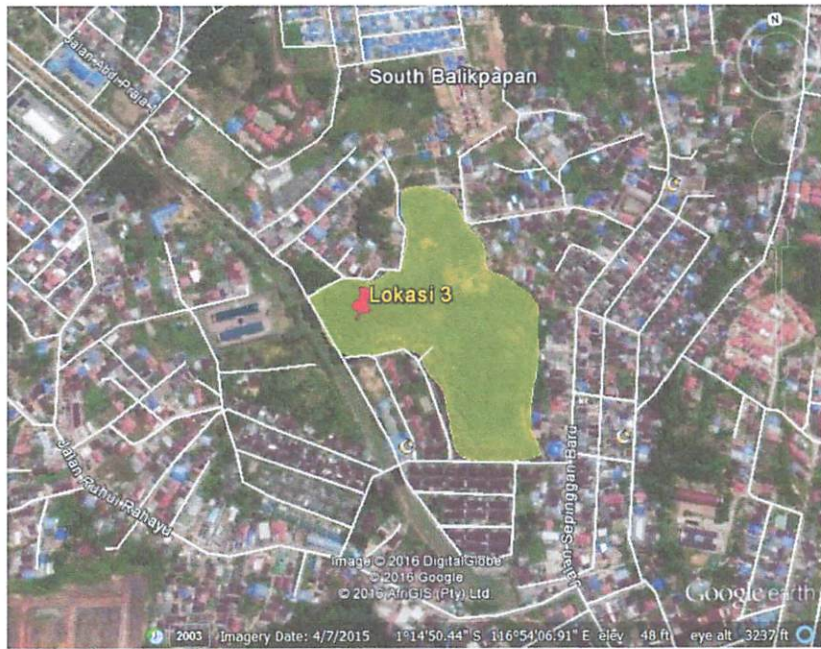
Gambar 5.3 Lokasi IPAL Terencana



Gambar 5.4 Lokasi Terencana 1 IPAL



Gambar 5.5 Lokasi Terencana 2 IPAL



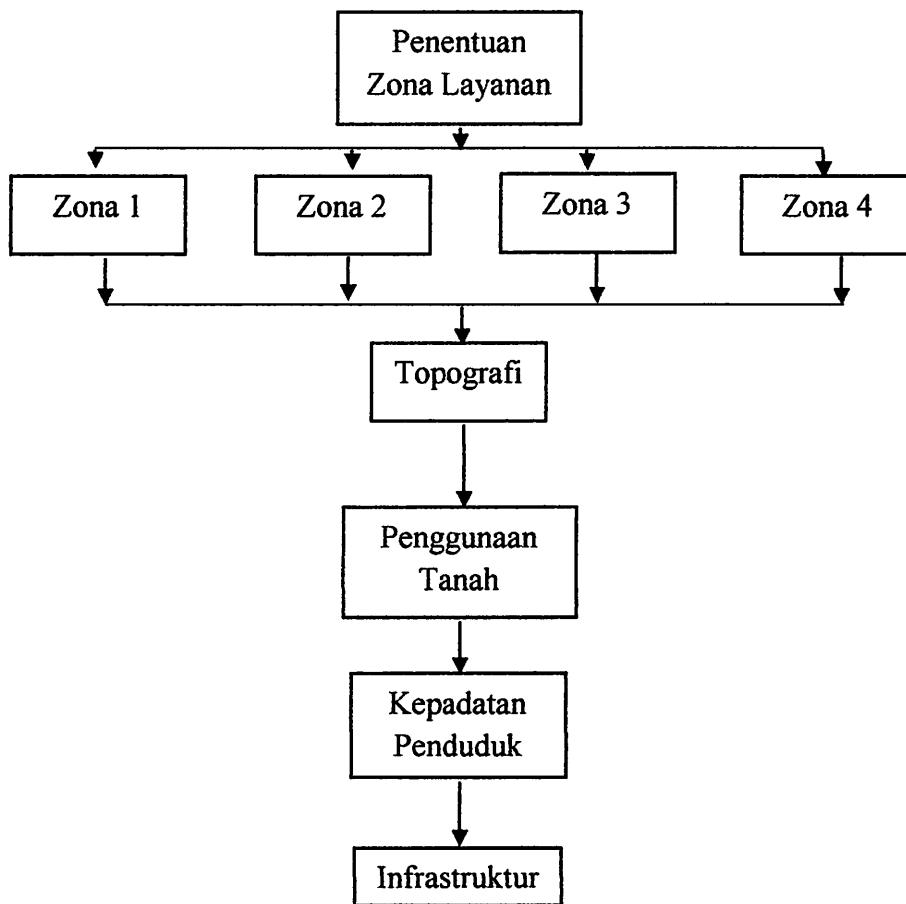
Gambar 5.6 Lokasi Terencana 3 IPAL



Gambar 5.7 Lokasi Terencana 4 IPAL

### 5.3. Perencanaan Daerah Zona Layanan

Pada daerah Kecamatan Balikpapan Selatan memiliki 7 Kelurahan. Berdasarkan 7 Kelurahan tersebut akan dibagi atas beberapa zona pelayanan agar lebih banyak Kelurahan yang dapat terlayani. Jika wilayah studi sudah mempunyai Rencana Detail Tata Ruang Kota (RDTRK), maka luas serta bentuk zona dapat mengambil dari rencana tersebut. Jika wilayah studi belum mempunyai zona pelayanan, maka pembagian zona berdasarkan atas topografi, penggunaan tanah, kepadatan rumah dan infrastruktur. Berikut gambaran penentuan zona pada gambar 5.8 sebagai berikut :



Gambar 5.8 Diagram Penentuan Zona Layanan

Sedangkan batas zona dapat ditentukan oleh sungai, jaringan jalan dan batas administrasi seperti RT, RW atau kelurahan. Penentuan batas daerah pelayanan sistem penanganan air limbah berkaitan dengan pelayanan jaringan pengumpul. Hal ini akan didasari oleh :

a. Kondisi lingkungan

Prioritas perencanaan adalah di daerah yang lingkungannya kurang baik, misalnya penyaluran air limbah yang masih disatukan air hujan pada saluran terbuka.

b. Kepadatan sumber limbah

Pelayanan dilakukan menurut jumlah sumber limbah.

c. Keadaan topografi

Salah satu pertimbangan menentukan daerah pelayanan adalah dengan memanfaatkan perbedaan elevasi di lapangan agar penyaluran air limbah dari sumber limbah sampai kelokasi IPAL dapat dilakukan secara gravitasi.

Berikut gambaran mengenai zona yang akan dilayani oleh lokasi IPAL terencana yang terdapat pada Kecamatan Balikpapan Selatan pada tabel 5.14 sebagai berikut :

**Tabel 5.14 Matrik Penentuan Zona Layanan**

Zona	Pelayanan	Kepadatan Penduduk	Topografi	Penggunaan Tanah	Kondisi Infrastruktur
Zona 1	- Gunung Bahagia - Damai Bahagia	32499 jiwa 22233 jiwa	Kemiringan lereng antara 5-8%	Lahan pemukiman, persawahan, rumput, semak belukar dan lahan kosong	Zona 1 merupakan daerah yang akan dilayani oleh Lokasi IPAL 1 dimana terdapat 2 Kelurahan. Pada zona 1 dari segi infrakstruktur sudah memadai ini bisa dilihat dari ketersediaan sarana prasarana umum, ketersediaan jaringan pipa air bersih dan akses jalan yang memadai yang mudah dijangkau namun ketersediaan jamban sehat belum memadai.

Zona 2	- Sepinggan Raya - Sungai Nangka	13527 jiwa 26104 jiwa	Kemiringan lereng antara 2-5%	Lahan pemukiman, persawahan, rumput, semak belukar, lahan kosong dan tambak	Zona 2 merupakan daerah yang yang akan dilayani oleh Lokasi IPAL 2 dimana terdapat 2 Kelurahan. Pada zona 2 dari segi infrastruktur sudah memadai ini bisa dilihat dari lengkapnya fasilitas umum kemudian ketersediaan jaringan pipa air bersih dan akses jalan yang memadai serta dapat dijangkau namun ketersediaan jamban sehat masih belum memadai dan perlu adanya septi tank komunal.
Zona 3	- Sepinggan Baru	38453 jiwa	Kemiringan lereng antara 5-8%	Lahan pemukiman, persawahan, rumput, semak belukar, lahan kosong dan tambak	Zona 3 merupakan daerah yang yang akan dilayani oleh Lokasi IPAL 3 dimana terdapat 1 Kelurahan. Pada zona 3 dari segi infrastruktur sudah memadai ini bisa dilihat dari lengkapnya fasilitas umum kemudian ketersediaan jaringan pipa air bersih dan akses jalan yang memadai serta dapat dijangkau namun sebagian besar banyak pemukiman diatas air yang memiliki jamban namun tidak layak menjadi permasalahan yang harus ditangani
Zona 4	- Sepinggan Damai Baru	39223 jiwa 11325 jiwa	Kemiringan lereng antara 2-5%	Lahan pemukiman, ruang terbuka hijau, tambak, persawahan, rumput, semak	Zona 4 merupakan daerah yang yang akan dilayani oleh Lokasi IPAL 4 dimana terdapat 2 Kelurahan. Pada zona 4 dari segi infrastruktur sudah memadai ini bisa dilihat

				belukar, lahan kosong	dari lengkapnya fasilitas umum kemudian ketersediaan jaringan pipa air bersih dan akses jalan yang memadai serta dapat dijangkau namun sebagian besar banyak pemukiman diatas air yang memiliki jamban namun tidak layak menjadi permasalahan yang harus ditangani.
--	--	--	--	-----------------------	---

(Sumber : Observasi Lapangan,2016)

Berdasarkan tabel 5.13 sehingga hal ini menjadi pertimbangan untuk Lokasi IPAL terencana sebagai sistem pengolah terpusat untuk melayani wilayah 4 zona layanan karena lokasi IPAL terencana rata- rata berada di wilayah zona layanan yang serta berdekatan dengan Kelurahan yang akan dilayani. Kemudian wilayah Zona layanan tersebut sesuai kebutuhan pengembangan IPAL lokasi terencana berdasarkan topografi yaitu dengan memanfaatkan perbedaan elevasi di lapangan agar penyaluran air limbah dari sumber limbah sampai ke lokasi IPAL dapat dilakukan secara gravitasi, penggunaan tanah berkaitan dengan jenis limbah, kepadatan penduduk pada zona layanan serta ketersediaan infrastruktur sehingga zona tersebut layak untuk terlayani. Semua zona diharapkan terdapat karakteristik domestik, industri, komersial dan sebagainya.

Berdasarkan analisa daerah layanan diatas tersebut maka setelah zona pelayanan terbentuk maka dihitung debit limbah yang dihasilkan. Pada perencanaan ini direncanakan terdapat 4 zona pelayanan dengan beberapa Kelurahan yang akan dilayani yaitu :

a. Zona 1

- Gunung Bahagia dengan debit limbah 0,038 m<sup>3</sup>/s
- Damai Bahagia dengan debit limbah 0,025 m<sup>3</sup>/s



b. Zona 2

- Sepinggian Raya dengan debit limbah 0,017 m<sup>3</sup>/s
- Sungai Nangka dengan debit limbah 0,031 m<sup>3</sup>/s

c. Zona 3

- Sepinggian Baru dengan debit limbah 0,044 m<sup>3</sup>/s

d. Zona 4

- Sepinggian dengan debit limbah 0,045 m<sup>3</sup>/s
- Damai Baru dengan debit limbah 0,015 m<sup>3</sup>/s

Berikut tabel debit limbah yang dihasilkan yang terdapat pada tabel 5.15 Daerah Zona Layanan sebagai berikut :

**Tabel 5.15 Daerah Zona Layanan**

No	Zona 1	Total Debit Air Limbah (l/dtk)				
		2014	2016	2021	2026	2031
1	Gunung Bahagia	23.643	24.900	28.433	32.737	37.637
2	Damai Bahagia	22.121	22.457	23.346	24.242	25.200
Jumlah		45.764	47.356	51.778	56.980	62.838

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

No	Zona 2	Total Debit Air Limbah (l/dtk)				
		2014	2016	2021	2026	2031
1	Sungai Nangka	19.746	20.746	23.455	26.995	31.080
2	Sepinggian Raya	13.275	13.567	14.357	15.222	16.623
Jumlah		33.021	34.313	37.812	42.217	47.703

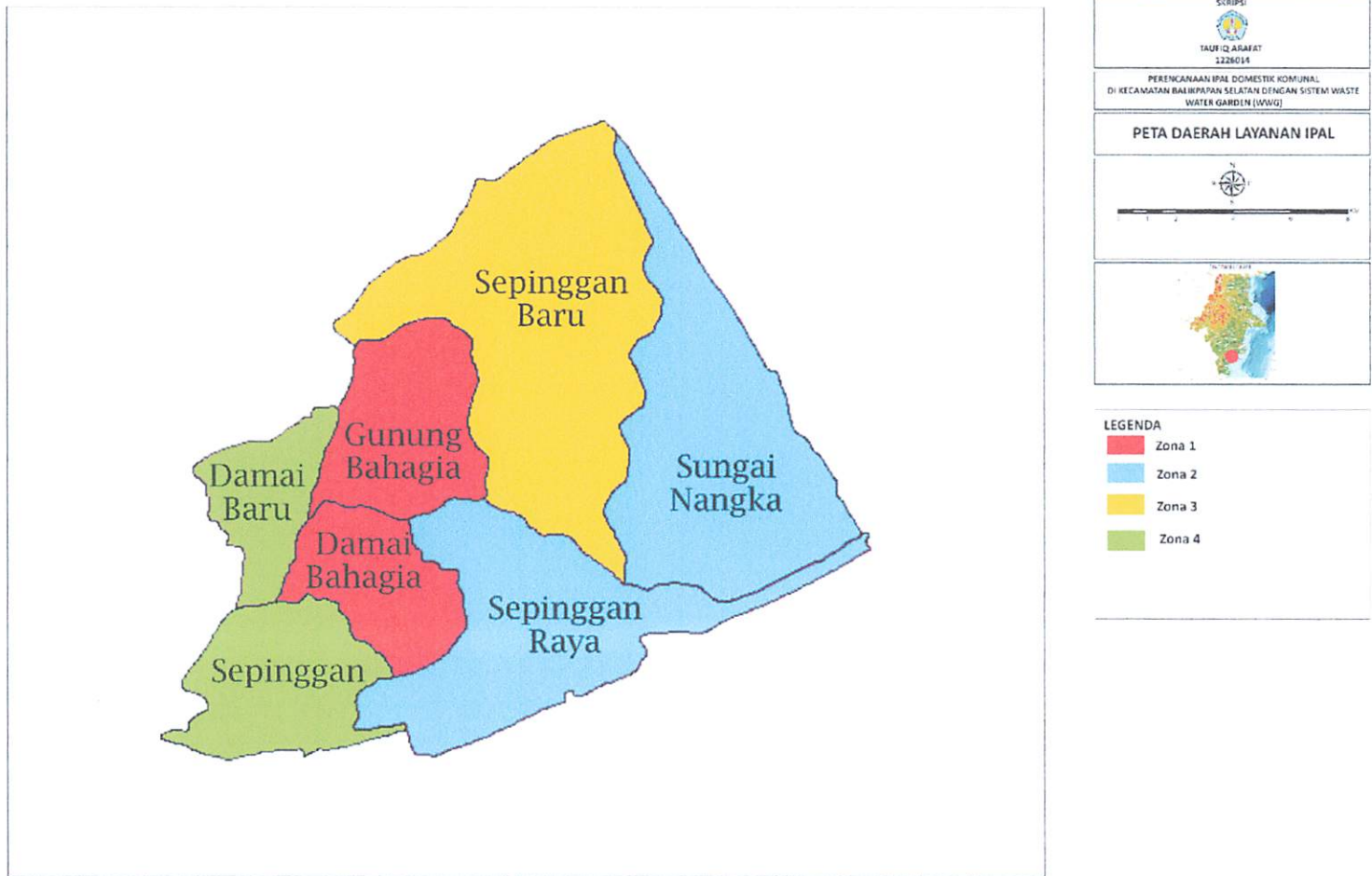
(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

No	Zona 3	Total Debit Air Limbah (l/dtk)				
		2014	2016	2021	2026	2031
1	Sepinggan Baru	24.832	26.493	31.289	36.902	43.700
Jumlah		24.832	26.493	31.289	36.902	43.700

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)

No	Zona 4	Total Debit Air Limbah (l/dtk)				
		2014	2016	2021	2026	2031
1	Sepinggan	32.201	33.419	36.748	40.357	44.638
2	Damai Baru	8.768	9.204	10.481	12.294	14.527
Jumlah		40.969	42.624	47.229	52.651	59.165

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2016)



Gambar 5.9 Peta Daerah Zona Layanan

#### 5.4. Perencanaan Bangunan IPAL

Wilayah perencanaan bangunan IPAL terletak di Kecamatan Balikpapan Selatan. Penentuan jenis bangunan pengolah berdasarkan karakteristik dari limbah pada lokasi yang telah diambil sampel dengan membandingkan standar baku mutu air buangan domestik. Pemerintah Kota Balikpapan telah mengatur mengenai standar baku mutu air buangan dalam Perda No.2 Tahun 2011 Kota Balikpapan yang dapat dilihat pada tabel 5.16 sebagai berikut :

**Tabel 5.16 Baku Mutu Air Buangan Domestik**

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
1	BOD	100
2	COD	150
3	TSS	100
4	Minyak dan Lemak	10
5	Amonia (NH <sub>3</sub> -N)	10
6	E.Coli	1000 MPN/100ml
7	Benda Terapung dan Berbuih Busa	Nihil (1)
8	pH	6,0-9,0

(Sumber : Perda No.2 Tahun 2011 Kota Balikpapan)

Pada daerah perencanaan sebagian besar berasal dari limbah domestik (rumah tangga) berupa air sabun atau deterjen ataupun limbah yang berasal dari dapur (grey water), lingkungan perdagangan atau jasa komersial baik warung, toko, maupun pasar serta berasal dari fasilitas-fasilitas umum seperti puskesmas, sekolah, rumah peribadatan dan lain-lain. Untuk itu bangunan pengolahan limbah cair yang akan digunakan pun tidak terlalu rumit karena beban cemaranya yang tidak terlalu besar. Berikut Hasil hasil uji kualitas air buangan domestik telah di daerah Kelurahan Gunung Bahagia yang terdapat pada tabel 5.17 sebagai berikut :

**Tabel 5.17 Hasil Uji Kualitas Air Buangan Domestik**

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Hasil Pemeriksaan	Metode Uji
1	BOD	100	292	SNI 6989.72-2009
2	COD	150	340	SNI 6989.73-2009
3	TSS	100	96	SNI 6989.27-2005
4	Minyak dan Lemak	10	-	SNI 6989.10-2004
5	Amonia (NH <sub>3</sub> -N)	10	0,14	SNI 6989.30-2005
6	E.Coli	1000 MPN/100ml	21×10 <sup>3</sup>	Standard Methode atau APHA
7	Benda Terapung dan Berbuih Busa	Nihil (1)	Ada	Visual
8	pH	6,0-9,0	6,53	SNI 6989.11-2004

(Sumber :Hasil Uji Lab UPT Laboratorium dan Radiologi, 2016)

Pengolahan air limbah domestik pada IPAL dapat dilakukan dalam beberapa tahap yaitu:

### 1. Pengolahan Tahap Pertama (*Primary Treatment*)

Pada tahap ini terjadi proses pengolahan fisik yaitu menghilangkan padatan tersuspensi dalam aliran air limbah. Proses pengolahan ini bertujuan untuk mengurangi parameter seperti total suspended solids (TSS) dan benda terapung dan berbuih dalam aliran air limbah dengan *efisiensi removal* sebesar 20% pada unit *bar screen*, 65% pada unit bak equalisasi, 80% pada unit bak sedimentasi, dan 80% pada unit filtrasi. *Bar screen* dipilih karena dapat menyaring benda-benda padat dan kasar sehingga tidak terjadi penyumbatan dalam saluran. Kemudian dilanjutkan pada bak equalisasi dipilih karena debit dan konsentrasi air limbah masih fluktuatif dan bervariasi maka perlu dikonstantkan. Selanjutnya bak sedimentasi dipilih karena untuk mempermudah proses pengolahan setelahnya karena partikel-partikel flokulen masih dalam keadaan tersuspensi oleh karena itu harus diendapkan secara gravitasi. Kemudian bak filtrasi dipilih karena untuk menyaring partikel diskrit yang belum terendapkan dari proses sedimentasi dengan media filter.

### 2. Pengolahan Tahap Kedua (*Secondary Treatment*)

Pada tahap ini terjadi proses pengolahan biologi yaitu mengurangi zat-zat organik pada air limbah. Proses pengolahan ini bertujuan untuk mengurangi parameter chemical oxygen demand (COD) dengan *efisiensi removal* sebesar 85% dan biochemical oxygen demand (BOD) dengan *efisiensi removal* sebesar 90% pada air limbah. Proses ini terjadi pada bak *Waste Water Garden*. Bak *Waste Water Garden* dipilih karena mampu menghilangkan, menstabilkan, atau mengurangi bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik dengan bantuan tanaman khusus lahan basah dan mikroorganisme.

### 3. Pembunuhan Kuman (*Desinfection*)

Pada tahap ini terjadi proses pengolahan kimiawi dengan penambahan bahan khlor. Proses ini bertujuan untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme

pathogen *E.coli* yang ada di dalam air. Proses ini terjadi pada unit bak klorinasi. Bak klorinasi dipilih karena hasil air olahan akan digunakan kembali maka bakteri pathogen harus dihilangkan terlebih dahulu.

Pengolahan pada IPAL yang direncanakan menggunakan sistem *Waste Water Garden* (WWG) yaitu merupakan teknologi konsep pencegahan pencemaran lingkungan dengan tanaman berupa taman yang merupakan alternatif pengelolaan limbah yang murah, mudah, ramah lingkungan dan estetik. Beberapa jenis tanaman yang sering digunakan adalah Kana, Bambu Air, Heleconia, Keladi, Teratai, Lotus, Papyrus, Lili, dan jenis tanaman lainnya yang mampu menyerap serta mengolah limbah secara alami. Konsep fitoremediasi sangat ekologis, ekonomis dan efektif dalam pengelolaan lingkungan. Pengolahan limbah menggunakan sistem lahan basah buatan dengan tanaman air dalam tatanan taman yang indah lebih dikenal dengan *Waste Water Garden* (WWG).

Berdasarkan tabel 5.19 dan 5.20 adapun unit bangunan pengolahan yang direncanakan beserta fungsi dan alasan pemakaian adalah sebagai berikut :

#### 1) *Bar Screen*

Bangunan ini berfungsi untuk menyaring benda-benda padat dan kasar agar tidak mengganggu pengaliran limbah cair, mencegah timbulnya kerusakan dan penyumbatan dalam saluran.

Alasan memakai *bar screen* karena penyaluran limbah cair pada wilayah perencanaan menggunakan saluran terbuka dan tidak menggunakan pipa, jadi banyak benda-benda kasar dan berukuran cukup besar yang masuk pada saluran air buangan. Untuk membersihkan benda-benda kasar tersebut maka digunakan *bar screen* yang berfungsi sebagai penyaring.

#### 2) Bak Equalisasi

Bangunan ini berfungsi untuk mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh debit yang bervariasi dan berfungsi untuk menetralisasi, pendingin, dan memperkecil kandungan beban limbah sebelum masuk ke pengolahan biologis. Alasan

memakai bak equalisasi karena debit air limbah pada wilayah perencanaan fluktuatif maka digunakan bak equalisasi/bak pengumpul untuk mengkonstantakan variasi debit dan konsentrasi air limbah.

### 3) Bak sedimentasi

Bangunan ini berfungsi untuk tempat terjadinya proses pengendapan partikel-partikel flokulen yang terbentuk dari proses pengendapan secara gravitasi. Partikel flokulen adalah partikel yang selama proses pengendapannya berubah ukuran, bentuk dan beratnya. Partikel flokulen yang ada di dalam air atau fluida mempunyai kemungkinan bagi partikel untuk saling kontak karena adanya gaya-gaya yang mempengaruhi. Kemungkinan bagi partikel untuk saling berkontak akan semakin besar dengan bertambahnya kedalaman tempat mengendap. Jadi penyisihan dari *suspended matter* (benda-benda tersuspensi) tidak hanya tergantung dari kecepatan pengendapan tetapi juga dari kedalaman. Inilah perbedaan penting antara pengendapan partikel diskrit dengan partikel flokulen.

Alasan memakai bak sedimentasi karena untuk partikel-partikel flokulen masih dalam keadaan tersuspensi oleh karena itu harus diendapkan sehingga mengalami perubahan ukuran, bentuk dan beratnya.

### 4) Bak *Waste Water Garden*

Bangunan ini berfungsi untuk proses pereduksi polutan dengan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Tumbuhan akan menyerap nutrisi dalam air limbah tersebut, bersamaan dengan oksigen dan mikroorganisme yang terdapat dalam sistem WWG melenyapkan bakteri berbahaya / penyakit dalam air limbah yang tidak diolah.

Alasan memakai bak *Waste Water Garden* karena untuk peningkatan estetika lingkungan sehingga tercipta lingkungan yang lebih asri dan bersih serta tingkat efektivitas teknologi WWG dalam meningkatkan kualitas air limbah domestik.



#### 5) Bak Penyaring (Filtrasi)

Bangunan ini berfungsi untuk proses penyaringan ini zat padat tersuspensi dihilangkan pada waktu air melalui lapisan materi berbentuk butiran yang disebut media filter. Media filter seperti pasir, potongan bata, ijuk, tanah liat, kerikil, cadas, arang dan sebagainya. Saringan yang dipakai pada pengolahan ini adalah saringan pasir cepat (*rapid sand filter*), karena:

- Tidak memerlukan lahan yang luas
- Dapat dicuci tanpa mengganti media penyaring
- Kecepatan penyaringan cepat
- Media yang digunakan mudah diperoleh

Saringan menggunakan 2 (dua) media penyaring, yaitu pasir dan arang bambu dan media pendukungnya yaitu kerikil.

Alasan memakai bak penyaring karena untuk menyisihkan partikel-partikel halus yang belum terendapkan dari proses bak sedimentasi sehingga air yang akan diolah akan terlihat lebih jernih.

#### 6) Bak Klorinasi

Bangunan ini berfungsi untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah.

Alasan memakai bak klorinasi karena limbah cair hasil pengolahan pada daerah perencanaan rencananya air olahan akan digunakan kembali untuk menyiram tanaman, mencuci kendaraan, dan hidran umum maka harus digunakan desinfektan untuk membunuh bakteri patogen agar lebih aman.

#### 7) Kolam Indikator

Bangunan ini berfungsi untuk mengetahui tingkat pemulihan kualitas air setelah melalui proses pengolahan. Ikan digunakan sebagai bioindikator terhadap tingkat pemulihan kualitas air melalui setelah proses pengolahan. Jenis ikan yang digunakan sebagai indikator adalah ikan emas, nila dan gurame. Alasan memakai kolam indikator karena dapat diketahui tingkat pemulihan kualitas air melalui ikan sebagai

indikatornya. Jika ikan yang dijadikan indikator mati, maka hal itu menunjukkan bahwa kualitas air limbah masih kurang baik.

#### 8) *Sludge Drying Bed*

*Sludge drying bed* berfungsi untuk menampung lumpur pengolahan baik dari proses kimia maupun proses biologi dan memisahkan lumpur yang bercampur dengan air dengan cara proses penguapan menggunakan energi penyinaran matahari.

Alasan memakai *Sludge drying bed* karena lumpur hasil pengolahan akan dikeringkan untuk diolah menjadi kompos.

Bangunan Pengolah IPAL tersebut berdasarkan fungsinya terbagi atas yaitu :

##### 1. Unit bangunan pelengkap

Merupakan bangunan yang awal dimana terjadi proses awal pengolahan karena fungsi bangunan pelengkap adalah untuk meringankan kinerja unit bangunan utama seperti membersihkan material padat baik yang mengapung maupun yang mengendap. Unit bangunan pelengkap terdiri dari *bar screen*, bak equalisasi, dan bak sedimentasi.

##### 2. Unit bangunan utama

Merupakan bangunan yang tempat terjadinya proses pengolahan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang ada didalam limbah cair. Unit bangunan utama adalah bak *Waste Water Garden*.

##### 3. Unit bangunan penunjang

Merupakan bangunan yang bertujuan bila pada pengolahan pertama dan kedua masih ada terdapat zat-zat tertentu yang berbahaya bagi masyarakat dan lingkungan maka, perlu dilakukannya penambahan pengolahan ketiga seperti pemberian desinfektan pada bak air terolah untuk membunuh bakteri berbahaya. Unit bangunan pelengkap terdiri dari bak filtrasi, bak desinfeksi, kolam indikator, dan *sluge drying bed*.

Dari unit bangunan pengolahan yang terpilih, maka dilakukan perhitungan *mass balance*. *Efisiensi removal* tiap unit pengolahan yang dicapai dapat dilihat pada Tabel 5.18 sebagai berikut :

**Tabel 5.18 Efisiensi Removal Unit Pengolahan**

Parameter	Bar Screen	Bak Equalisasi	Bak Sedimentasi	Bak Waste Water Garden (WWG)	Bak Filtrasi	Bak Desinfektan
BOD	-	-	30%	90%	50%	-
COD	-	-	30%	85%	50%	-
TSS	20%	65%	70%	-	80%	-
E.Coli	-	-	-	-	-	100%

Berdasarkan tabel 5.18 maka didapatkan perhitungan konsentrasi *mass balance* untuk penyisihan polutan air limbah yang terdapat pada tabel 5.19 sebagai berikut :

**Tabel 5.19 Perhitungan Konsentrasi Mass Balance**

Unit Pengolah	Perhitungan Efisiensi Removal
Bar Screen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TSS Konsentrasi TSS <math>96 \text{ mg/l} \times 20\% = 19,2 \text{ mg/l}</math> TSS tersisa = <math>96 \text{ mg/l} - 19,2 \text{ mg/l} = 76,8 \text{ mg/l}</math></li> </ul>
Bak Equalisasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TSS Konsentrasi TSS <math>76,8 \text{ mg/l} \times 65\% = 49,92 \text{ mg/l}</math> TSS tersisa = <math>76,8 \text{ mg/l} - 49,92 \text{ mg/l} = 26,88 \text{ mg/l}</math></li> </ul>
Bak Sedimentasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TSS Konsentrasi TSS <math>26,88 \text{ mg/l} \times 70\% = 18,82 \text{ mg/l}</math> TSS tersisa = <math>26,88 \text{ mg/l} - 18,82 \text{ mg/l} = 8,06 \text{ mg/l}</math></li> <li>• BOD Konsentrasi BOD <math>292 \text{ mg/l} \times 30\% = 87,6 \text{ mg/l}</math> BOD tersisa = <math>292 \text{ mg/l} - 87,6 \text{ mg/l} = 204,4 \text{ mg/l}</math></li> <li>• COD Konsentrasi COD <math>340 \text{ mg/l} \times 30\% = 102 \text{ mg/l}</math> COD tersisa = <math>340 \text{ mg/l} - 102 \text{ mg/l} = 238 \text{ mg/l}</math></li> </ul>
Bak Waste Water Garden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BOD Konsentrasi BOD <math>204,4 \text{ mg/l} \times 90\% = 183,96 \text{ mg/l}</math> BOD tersisa = <math>204,4 \text{ mg/l} - 183,96 \text{ mg/l} = 20,44 \text{ mg/l}</math></li> <li>• COD Konsentrasi COD <math>238 \text{ mg/l} \times 85\% = 202,3 \text{ mg/l}</math> COD tersisa = <math>238 \text{ mg/l} - 202,3 \text{ mg/l} = 35,7 \text{ mg/l}</math></li> </ul>

Bak Filtrasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TSS Konsentrasi TSS <math>8,06 \text{ mg/l} \times 70\% = 5,64 \text{ mg/l}</math> TSS tersisa = <math>8,06 \text{ mg/l} - 5,64 \text{ mg/l} = 2,42 \text{ mg/l}</math></li> <li>• BOD Konsentrasi BOD <math>20,44 \text{ mg/l} \times 50\% = 10,22 \text{ mg/l}</math> BOD tersisa = <math>20,44 \text{ mg/l} - 10,22 \text{ mg/l} = 10,22 \text{ mg/l}</math></li> <li>• COD Konsentrasi COD <math>35,7 \text{ mg/l} \times 50\% = 17,85 \text{ mg/l}</math> COD tersisa = <math>35,7 \text{ mg/l} - 17,85 \text{ mg/l} = 17,85 \text{ mg/l}</math></li> </ul>
Bak Khlorinasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>E.Coli</i></li> <li>• Konsentrasi <i>E.Coli</i> <math>21 \times 10^3 \text{ MPN/100 ml} \times 100\% = 21 \times 10^3 \text{ MPN/100 ml}</math></li> <li>• <i>E.Coli</i> tersisa = <math>21 \times 10^3 \text{ MPN/100 ml} - 21 \times 10^3 \text{ MPN/100 ml} = 0 \text{ MPN/100 ml}</math></li> </ul>
Bak Kolam Indikator	<p>Kandungan pada air terolah :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TSS = <math>2,42 \text{ mg/l}</math></li> <li>• BOD = <math>10,22 \text{ mg/l}</math></li> <li>• COD = <math>17,85 \text{ mg/l}</math></li> <li>• <i>E.Coli</i> = <math>0 \text{ MPN/100 ml}</math></li> </ul>

Berdasarkan hasil perhitungan *mass balance* pada tabel 5.19 maka dapat digambarkan skema penurunan pada parameter sebagai berikut :

**Bak Sedimentasi**  
 TSS = 18,82 mg/l  
 BOD = 87,6 mg/l  
 COD = 102 mg/l

TSS = 8,06 mg/l  
 BOD = 204,4 mg/l  
 COD = 238 mg/l  
 E.Coli =  $21 \times 10^3$  MPN/100ml

**Bak Equalisasi**  
 TSS = 49,92 mg/l

TSS = 26,88 mg/l  
 BOD = 292 mg/l  
 COD = 340 mg/l  
 E.Coli =  $21 \times 10^3$  MPN/100ml

**Bar Screen**  
 TSS = 19,2 mg/l

TSS = 76,8 mg/l  
 BOD = 292 mg/l  
 COD = 340 mg/l  
 E.Coli =  $21 \times 10^3$  MPN/100ml

**Bak WWG**  
 BOD = 183,96 mg/l  
 COD = 202,3 mg/l

TSS = 8,06 mg/l  
 BOD = 20,44 mg/l  
 COD = 35,7 mg/l  
 E.Coli =  $21 \times 10^3$  MPN/100ml

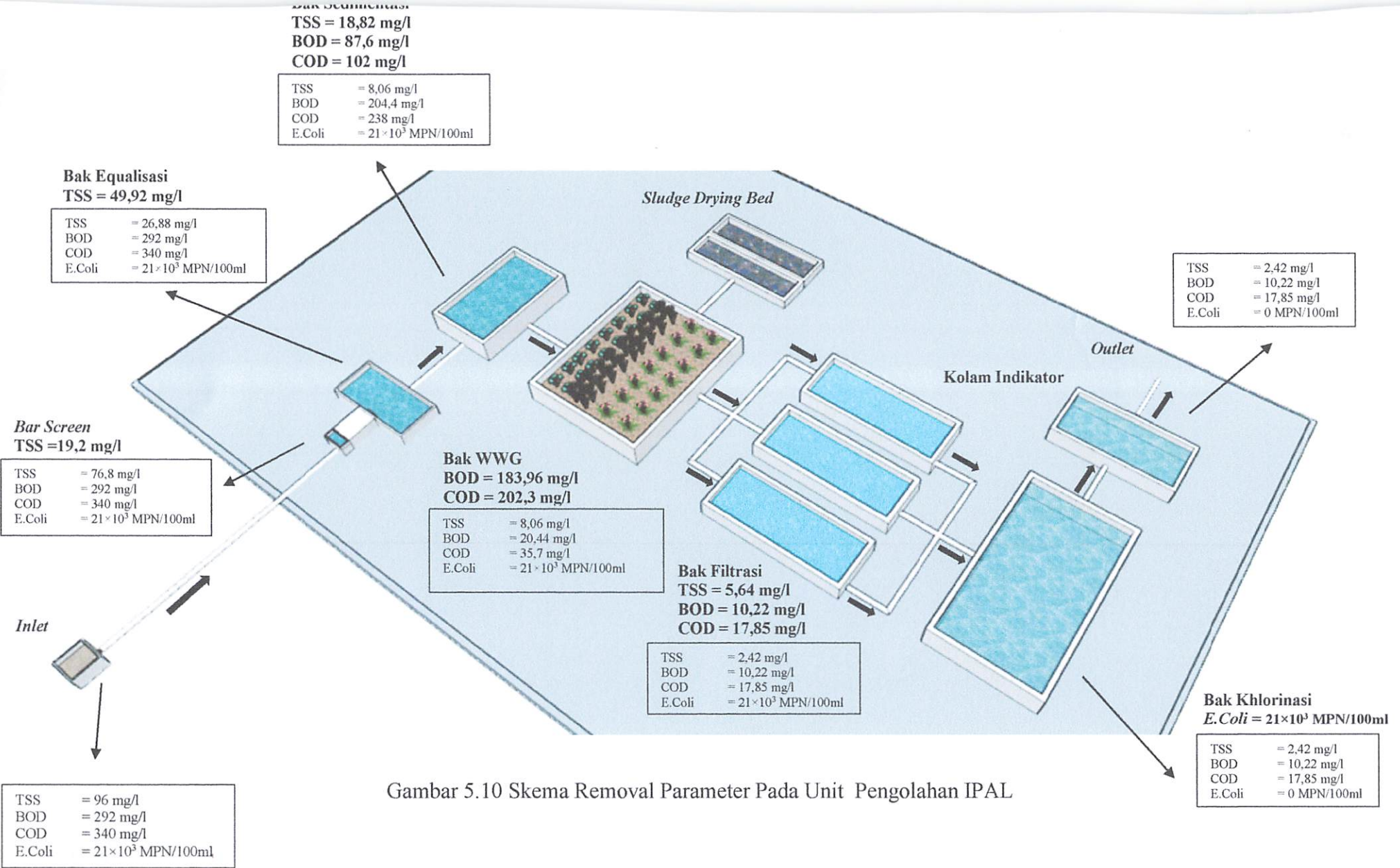
**Bak Filtrasi**  
 TSS = 5,64 mg/l  
 BOD = 10,22 mg/l  
 COD = 17,85 mg/l

TSS = 2,42 mg/l  
 BOD = 10,22 mg/l  
 COD = 17,85 mg/l  
 E.Coli =  $21 \times 10^3$  MPN/100ml

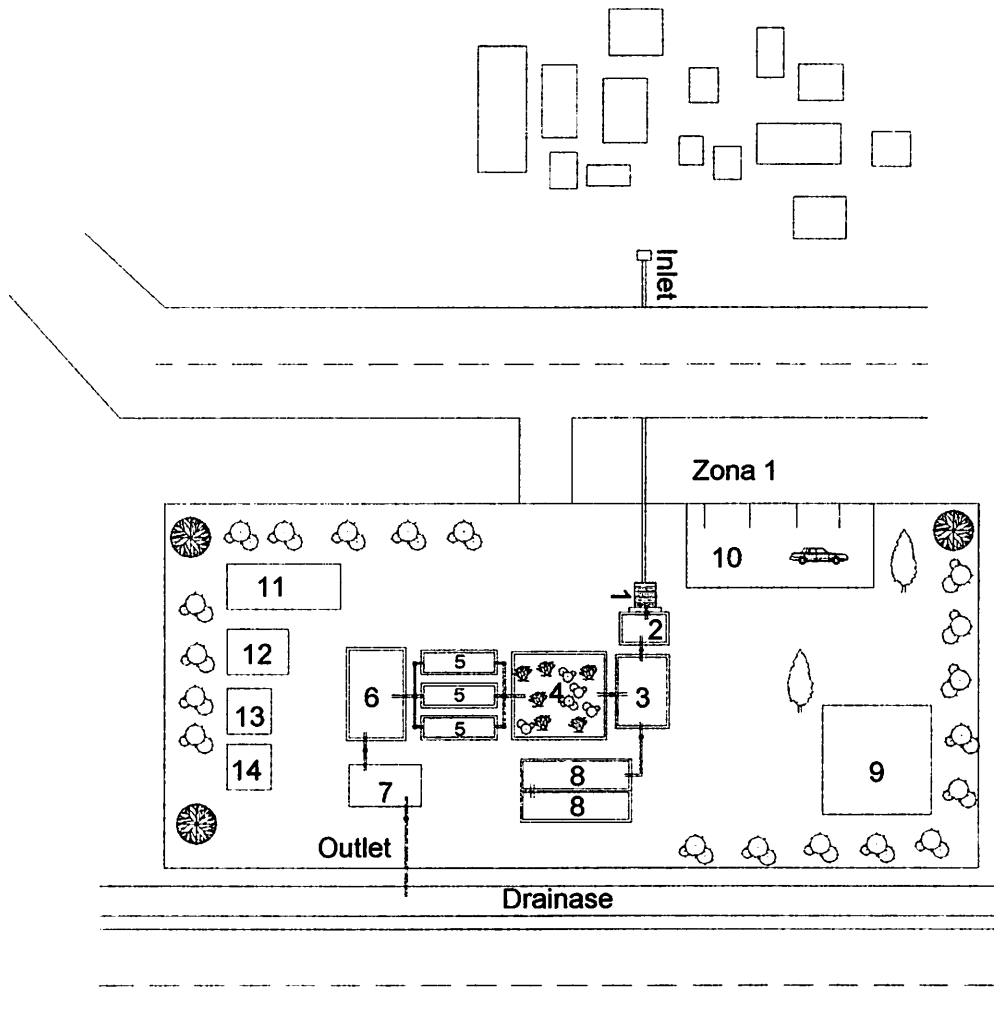
TSS = 2,42 mg/l  
 BOD = 10,22 mg/l  
 COD = 17,85 mg/l  
 E.Coli = 0 MPN/100ml

**Bak Klorinasi**  
 E.Coli =  $21 \times 10^3$  MPN/100ml

TSS = 2,42 mg/l  
 BOD = 10,22 mg/l  
 COD = 17,85 mg/l  
 E.Coli = 0 MPN/100ml



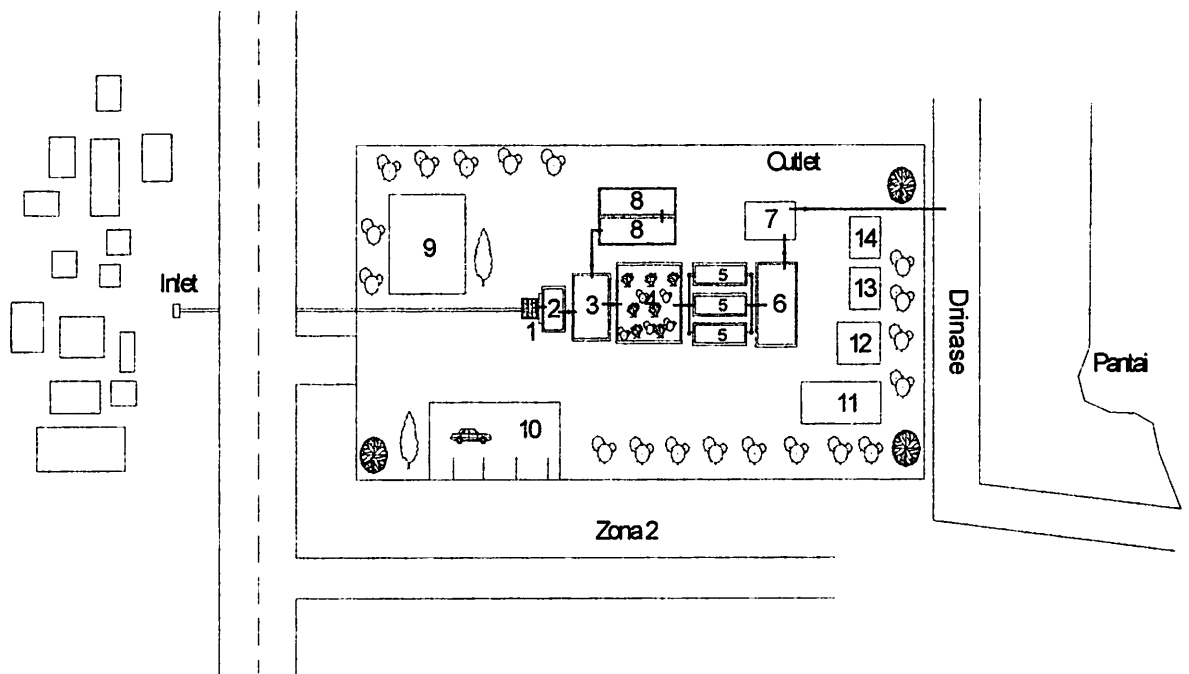
Gambar 5.10 Skema Removal Parameter Pada Unit Pengolahan IPAL



Gambar 5.11 Site Plane IPAL Wilayah Zona 1

Keterangan :

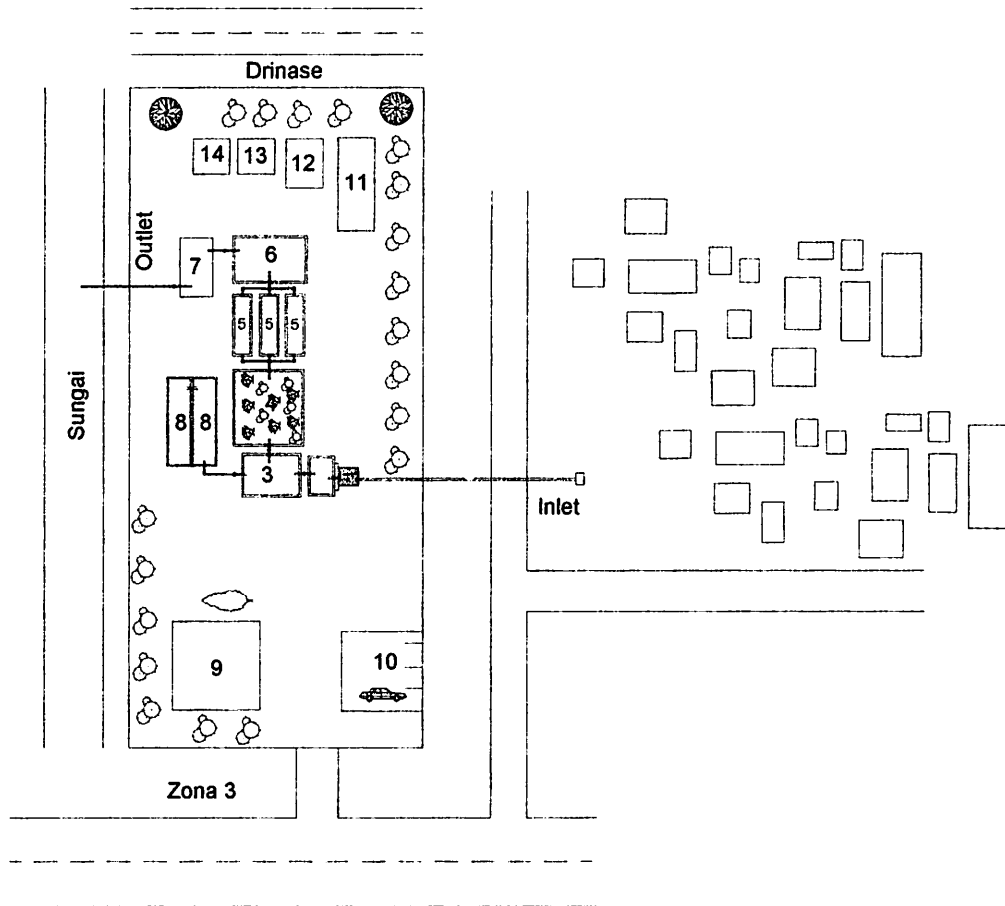
- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Bak Bar Screen         | 8. Sludge drying bed |
| 2. Bak Equalisasi         | 9. Kantor            |
| 3. Bak Sedimentasi        | 10. Area Parkir      |
| 4. Bak Waste Water Garden | 11. Garasi           |
| 5. Bak Filtrasi           | 12. Ruang Operator   |
| 6. Bak Khlorinasi         | 13. Ruang Genset     |
| 7. Kolam Indikator        | 14. Gudang           |



Gambar 5.12 *Site Plane* IPAL Wilayah Zona 2

Keterangan :

- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 1. Bak <i>Bar Screen</i>         | 8. <i>Sludge drying bed</i> |
| 2. Bak Equalisasi                | 9. Kantor                   |
| 3. Bak Sedimentasi               | 10. Area Parkir             |
| 4. Bak <i>Waste Water Garden</i> | 11. Garasi                  |
| 5. Bak Filtrasi                  | 12. Ruang Operator          |
| 6. Bak Khlorinasi                | 13. Ruang Genset            |
| 7. Kolam Indikator               | 14. Gudang                  |

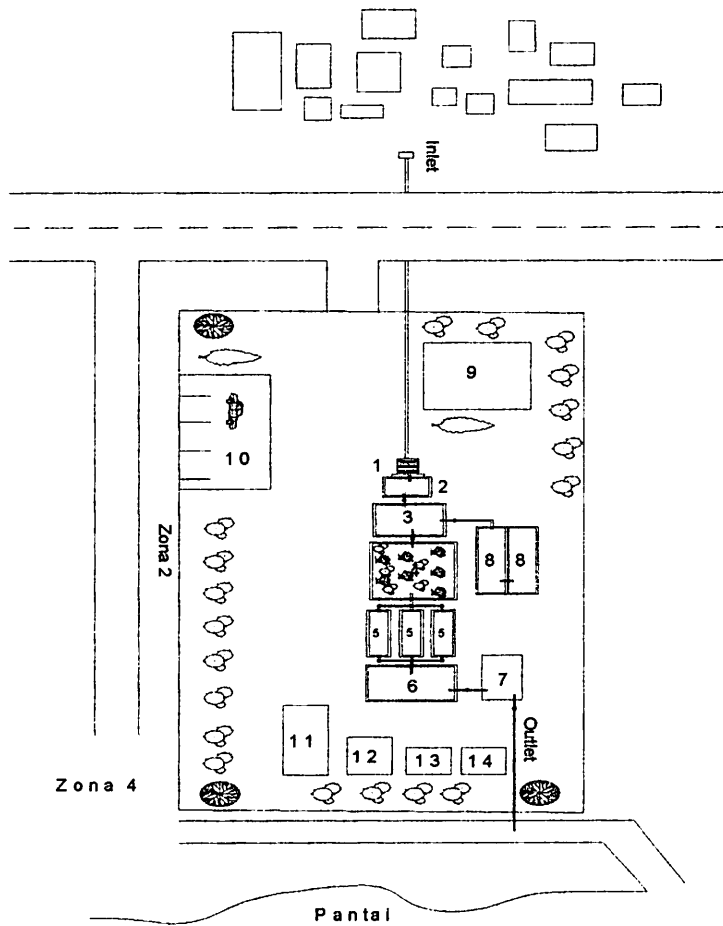


Gambar 5.13 Site Plane IPAL Wilayah Zona 3

Keterangan :

- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Bak Bar Screen         | 8. Sludge drying bed |
| 2. Bak Equalisasi         | 9. Kantor            |
| 3. Bak Sedimentasi        | 10. Area Parkir      |
| 4. Bak Waste Water Garden | 11. Garasi           |
| 5. Bak Filtrasi           | 12. Ruang Operator   |
| 6. Bak Khlorinasi         | 13. Ruang Genset     |
| 7. Kolam Indikator        | 14. Gudang           |





Gambar 5.14 *Site Plane* IPAL Wilayah Zona 4

Keterangan :

- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 1. Bak <i>Bar Screen</i>         | 8. <i>Sludge drying bed</i> |
| 2. Bak Equalisasi                | 9. Kantor                   |
| 3. Bak Sedimentasi               | 10. Area Parkir             |
| 4. Bak <i>Waste Water Garden</i> | 11. Garasi                  |
| 5. Bak Filtrasi                  | 12. Ruang Operator          |
| 6. Bak Khlorinasi                | 13. Ruang Genset            |
| 7. Kolam Indikator               | 14. Gudang                  |

## 5.5. Perhitungan Desain Bangunan

### 5.5.1. Wilayah Pelayanan Zona 1

#### A. Bar screen

Bangunan ini berfungsi untuk menyaring benda-benda padat dan kasar agar tidak mengganggu pengaliran limbah cair, mencegah timbulnya kerusakan dan penyumbatan dalam saluran. Kriteria desain Bar screen dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut :

**Tabel 5.20 Kriteria desain dan Kriteria Terpilih Bar Screen :**

Kriteria Bar Screen	Kriteria Terpilih
Lebar batang (w) = $(\frac{1}{2} - \frac{3}{4})$ inchi	(w) yang direncanakan $\frac{3}{4}$ inch x 0,025 = 0,01875 m
Lebar bukaan (b) = (2 – 3) inchi	(b) yang direncanakan 2,5” = 2,5 x 0,025 = 0,0625 m
Kecepatan horizontal (Vh) $\geq 0,6$ m/dtk	(Vh) yang direncanakan = 1,2 m/dtk
Sudut bar screen terhadap horizontal ( $\theta$ ) = $60^0$	( $\theta$ ) Sudut bar screen terhadap horizontal terpilih = $60^0$
Faktor bentuk batang screen ( $\beta$ ) = 1,79 (bentuk lingkaran)	( $\beta$ ) Faktor bentuk batang screen terpilih = 1,79 (bentuk lingkaran)
Headloss $\leq 0,15$ m	Headloss $\leq 0,15$ m
	Lebar bar sreen (L) = 0,5 m
	Panjang Saluran (P) = 0,5 m

(Sumber : Susumu Kawamura, 1990)

a. Direncanakan :

$$\text{Luas penampang saluran bar screen (Ac)} = \frac{Q}{v_h} = \frac{0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk}}{1,2} = 0,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi muka air (t)} = \frac{Ac}{L} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Free board (W)} = 30\% \times t = 0,3 \times 0,2 = 0,06 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bar screen (H)} = t + W = 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah bar yang diperlukan } L = n w + (n + 1)b$$

$$0,5 = 0,01875n + (n + 1) \times 0,0625$$

$$0,5 = 0,01875n + 0,0625n + 0,0625$$

$$0,5 = 0,08125n + 0,0625$$

$$0,5 - 0,0625 = 0,08125n$$

$$0,4375 = 0,08125n$$

$$n = 5,3 \approx 5 \text{ batang}$$

$$\text{Lebar efektif (L')} = (n + 1) \times b = (5 + 1) \times 0,0625 = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang batang terendah (t')} = \frac{t}{\sin 60} = \frac{0,2}{0,866} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Ac efektif (Ac')} = t' \times L' = 0,2 \times 0,4 \text{ m} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan melalui bar (Vh')} = \frac{Ac \times Vh}{Ac'} = \frac{0,2 \times 1,2}{0,1} = 2,4 \text{ m/dtk} (\geq 0,6 \text{ m/dtk})$$

$$\text{Penurunan muka air melewati bar (hv)} = \frac{(Vh')^2}{2g} = \frac{(2,4)^2}{2 \times 9,81} = 0,29 \text{ m}$$

$$\Delta H = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} \times hv \times \sin 60^\circ = 1,79 \times \left(\frac{0,01875}{0,0625}\right)^{4/3} \times 0,29 \times 0,866$$

$$= 0,13 \text{ m} (\leq 0,15 \text{ m})$$

$$\text{Tinggi air setelah melalui screen (h')} = t - \Delta H = 0,2 \text{ m} - 0,13 \text{ m}$$

$$= 0,07 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bar screen yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.21 Spesifikasi Unit Bar Screen**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bar Screen (efisiensi removal 20% TSS)	Dinding bak	Tebal 0,1 m	Terbuat dari beton
	Tinggi (H)	0,3 m	-
	Panjang (p)	0,5 m	-
	Lebar (l)	0,5 m	-
	Luas penampang (Ac)	0,1 m <sup>2</sup>	-
	Tinggi muka air (t)	0,2 m	-
	Freeboard	0,1 m	20% dari (t)
	Bar	5 batang	Terbuat dari baja
	Panjang Batang (t')	0,12 m	-
	l' efektif	0,4 m	-
	Ac' efektif	0,1 m	-
	Kecepatan (Vh')	2,4 m/dtk	( Sesuai kriteria $\geq 0,6 \text{ m/dtk}$ )
	Penurunan (Hv)	0,3 m	Penurunan air ketika melewati bar
	Headloos	0,13 m	( Sesuai kriteria $\leq 0,15 \text{ m}$ )
Diameter pipa (d)	0,1 m	Pipa inlet dan outlet	

## B. Bak Equalisasi

Bangunan ini berfungsi untuk mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh debit yang bervariasi dan berfungsi untuk menetralkan, pendingin, dan memperkecil kandungan beban limbah sebelum masuk ke pengolahan biologis. Kriteria desain bak equalisasi dapat dilihat pada Tabel 5.22 sebagai berikut :

**Tabel 5.22 Kriteria Desain Bangunan Bak Equalisasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Td (Waktu tinggal)	3-5	jam
Surface loading	20-50	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
P : L	2 : 1 - 6 : 1	-
P : H	3 : 1 - 5 : 1	-
Kedalaman (H)	1.5 - 3	m

(Sumber : Pedoman Teknis IPAL, 2011)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 4 jam (efisiensi removal 65% TSS)
- tinggi bak (h) : 3 m

Perhitungan :

a. Dimensi bak equalisasi

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{SL} \\ &= \frac{0,0628}{\left(\frac{80}{86400}\right)} \\ &= 67,82 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \left(A \times \frac{1}{2}\right)^{0,5} \\ &= \left(67,82 \times \frac{1}{2}\right)^{0,5} \\ &= 5,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 2 \times L \\ &= 2 \times 5,8 \text{ m} \\ &= 11,64 \text{ m} \approx 11,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{Td} \\ &= \frac{0,0628}{\left(\frac{4}{3600}\right)} = 56,52 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$H = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{56,52}{67,82} = 0,8 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak equalisasi yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.23 Spesifikasi Unit Bak Equalisasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bar Equalisasi (efisiensi removal 65% TSS)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	4 jam	-
	Tinggi (H)	1 m	-
	Freeboard	0,3 m	
	Panjang (p)	12 m	-
	Lebar (l)	6 m	-
	Luas (A)	68 m <sup>2</sup>	-
	Volume	57 m <sup>3</sup>	-
	Diameter pipa (d)	0,2 m	Pipa inlet dan outlet

### C. Bak Sedimentasi

Bangunan ini berfungsi untuk tempat terjadinya proses pengendapan partikel-partikel flokulen yang terbentuk dari proses pengendapan secara gravitasi. Kriteria desain bak sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut :

**Tabel 5.24 Kriteria Desain Bangunan Bak Sedimentasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Surface Loading	20 – 80	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Td	0.5 – 3	Jam
P : L	4 : 1 - 6 : 1	
P : H	5 : 1 - 20 : 1	
Nfr	< 10-5	
Nre	< 2000	
Kedalaman (H)	1.5 - 2.5	M
V inlet	0.2 - 0.5	m/detik
Tinggi air di V notch	0.03 - 0.05	M
Viskositas	0.9 - 10.6	
Weir loading	0.002 - 0.003	
Kadar lumpur	5 – 8	%
Slope bak lumpur	1 – 2	%
Tinggi Freeboard	> 0.3	M
V (suhu air 27c)	0,864*10 <sup>-6</sup>	

(sumber : Christopher dan Okun, 1991)

a. Direncanakan

- waktu detensi ( $t_d$ ) : 90 menit (efisiensi removal 80% TSS, 30% BOD dan COD)

b. Dimensi bak sedimentasi

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{SL} \\ &= \frac{0,0628}{(80/86400)} \\ &= 67,82 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \left( A \times \frac{1}{6} \right)^{0,5} \\ &= \left( 67,82 \times \frac{1}{6} \right)^{0,5} \\ &= 3,362 \text{ m} \approx 3,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 6 \times L \\ &= 6 \times 3,362 \\ &= 20,172 \text{ m} \approx 20,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek A desain} &= P \times L \\ &= 3,362 \times 20,172 \\ &= 67,82 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{T_d} \\ &= \frac{0,0628}{(1,5/3600)} \\ &= 150,72 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{V}{A} \\ &= \frac{150,72}{67,82} = 2,2 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Dimensi tube

$$\begin{aligned} \text{Tinggi ruang tube} &= P \text{ tube} \times \sin 45^\circ \\ &= 1 \times \sin 45^\circ \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB \text{ sebenarnya} &= \frac{w}{\sin 45^\circ} \\ &= \frac{0,025}{\sin 45^\circ} = 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal tube sebenarnya} &= \frac{\text{tebal tube}}{\sin 45^\circ} \\ &= \frac{0,0025}{\sin 45^\circ} \\ &= 0,0029 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_p &= \frac{[P - \cos 45 \times \text{panjang tube}]}{(2 \times \text{tebal tube}) + w} \\ &= \frac{[20 - \cos 45 \times 1]}{(2 \times 0,0025) + 0,025} \\ &= 643 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} nL &= \frac{L}{2 \times w} \\ &= \frac{3,4}{2 \times 0,025} \\ &= 68 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= n_p \times nL \\ &= 643 \times 68 = 43724 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{Q}{n \times (0,25 \times \pi \times w^2)} \\ &= \frac{0,628}{43724 \times (0,25 \times 3,14 \times 0,025^2)} \\ &= 0,003 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{(0,25 \times 3,14 \times w^2) / (3,14 \times w)}{n} \\ &= \frac{(0,25 \times 3,14 \times 0,025^2) / (3,14 \times 0,025)}{43729} \\ &= 1,429 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{re} &= \frac{V_o \times R}{\nu} \\ &= \frac{0,003 \times 1,429 \times 10^{-7}}{0,000008039} \\ &= 0,00005 \text{ (laminer)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{fr} &= \frac{V_o^2}{g R} \\ &= \frac{0,003^2}{9,81 \times 1,429 \times 10^{-7}} = 1,12 \times 10^{-5} \text{ (stabil)} \end{aligned}$$

d. Zona lumpur

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis lumpur} &= \text{SS} \times 1000,035 \text{ gr/L} \\ &= 1,004 \times 1000,035 \text{ gr/L} \\ &= 1004,035 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

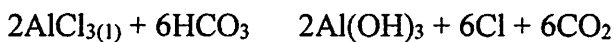
Lumpur yang dihasilkan :

$$\begin{aligned}\text{Presentase removal} &= 80\% \\ \text{Konsentrasi endapan} &= 80\% \times 56 \text{ mg/L} \\ &= 44,8 \text{ mg/L} \\ &= 0,0448 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat lumpur} &= Q \text{ bak} \times \text{konsentrasi endapan} \\ &= 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 0,0448 \text{ kg/m}^3 \times 86400 \text{ dtk/hari} \\ &= 243,08 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah PAC yang diperlukan untuk mengolah } 0,0716 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= ( 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 86400 \text{ dtk/hari} \times 40 \text{ mg/L} \times 1000 ) / 10^6 \\ &= 217,04 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Dengan reaksi :



$$\% \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ dalam PAC} = 10\%$$

$$\text{BM PAC} = 645 \text{ gr/mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Al dalam PAC} &= \frac{10\% \times 217,04 \text{ kg/hari} \times 1000 \text{ gr/kg}}{645 \text{ gr/mol}} \\ &= 33,64 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\text{Mol Al (OH)}_3 \text{ yang terbentuk} = 2 \times 33,64 \text{ mol} = 67,3 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat lumpur Al(OH)}_3 \text{ yang terbentuk} &= \text{mol} \times \text{BM Al(OH)}_3 \\ &= \frac{(67,3 \times 78)}{1000} = 5,25 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total lumpur} &= \text{berat lumpur} + \text{berat lumpur Al(OH)}_3 \\ &= 243,08 \text{ kg/hari} + 5,25 \text{ kg/hari} \\ &= 248,32 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur tiap bak} &= \frac{\text{berat lumpur}}{\% \text{lumpur} \times \text{bj lumpur}} \\ &= \frac{248,3}{2\% \times 1004,035} \\ &= 12,4 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dimensi ruang lumpur menggunakan limas terpancung

$$\begin{aligned} \text{Luas Atas (A1)} &= P_{\text{bak}} \times L_{\text{bak}} \\ &= 20,172 \times 3,362 \\ &= 67,82 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bawah (A2)} &= 75\% \times A1 \\ &= 75\% \times 67,82 \text{ m}^2 \\ &= 50,86 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang bak lumpur} = \frac{50,86}{3,362} = 15,127 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = P \times L \times H$$

$$12,4 \text{ m}^3 = 15,127 \times 3,362 \times H$$

$$H = 0,245 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang lumpur} &= \frac{1}{3} \times \text{tinggi} \times (A_1 + A_2 + ((A_1 + A_2)^{0,5})) \\ &= \frac{1}{3} \times 0,245 \times [67,82 + 50,86 + ((67,82 + 50,86)^{0,5})] \\ &= 10,58 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

e. Pengurasan zona lumpur

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur per hari}}{\text{volume ruang lumpur}} \\ &= \frac{12,4}{10,58} \\ &= 1,17 = 1,2 \text{ (Pengurasan dilakukan 1 kali sehari)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tekanan tersedia} &= \text{tinggi sedimentasi} + \text{tinggi penampang lumpur} \\ &= 2,2 \text{ m} + 0,24 \text{ m} = 2,44 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah pipa pengurasan adalah 2 buah, dengan jenis carbon steel

$$\text{Diameter} = 150 \text{ mm}$$

$$Cd = 0,14$$

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 0,15^2 = 0,018 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{\text{pipa}} &= C_d \times \sqrt{2xgxm} \\
 &= 0,14 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 2,44} \\
 &= 0,96 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{pipa}} &= A_{\text{pipa}} \times v_{\text{pipa}} \\
 &= 0,018 \text{ m}^2 \times 0,96 \text{ m/dtk} \\
 &= 0,02 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur tiap pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur}}{1} \\
 &= \frac{12,4}{1} \\
 &= 12,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lama pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur tiap pengurasan}}{Q} \\
 &= \frac{12,4}{0,02} \\
 &= 580 \text{ detik} = 10,3 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

f. Zona outlet

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{di outlet}} &= 0,0628 - \frac{12,4}{86400} \\
 &= 0,0627 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi air di v-notch} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran pelimpah} = 20 \text{ m}$$

Desain v-notch :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{1 gutter}} &= \frac{Q_{\text{outlet}}}{\Sigma \text{ gutter}} \\
 &= \frac{0,0627}{1} = 0,0627 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\text{Hair pada v-notch (ho)} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{T free board} = \frac{1}{2} \text{ ho} = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar muka air pada v-notch} &= 2 \times \text{ho} \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 2 \times 0,05 \text{ m} \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 0,16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar pintu v-notch} &= 2 \times (\text{ho} + \text{T freeboard}) \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 2 \times (0,05 \text{ m} + 0,025 \text{ m}) \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 0,24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ tiap v-notch} &= 1,38 \times (h_o)^{5/2} \\
 &= 1,38 \times (0,05 \text{ m})^{5/2} \\
 &= 0,00077 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah v-notch tiap gutter} &= \frac{Q_{\text{gutter}}}{Q \text{ tiap v notch}} \\
 &= \frac{0,0627}{0,00077} \\
 &= 81 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah v-notch di dua sisi gutter} &= \frac{81}{2} \\
 &= 41 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar v-notch} &= \frac{P - (\text{Lebar v-notch} \times \text{jumlah v-notch})}{\text{jumlah v notch} - 1} \\
 &= \frac{20 - (0,24 \times 41)}{41 - 1} \\
 &= 0,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang gutter} &= (\Sigma \text{ v notch} \times L \text{ v notch}) + ((\Sigma \text{ v notch}-1) \times \text{jarak tiap v notch}) \\
 &= (81 \times 0,24 \text{ m}) + [(41-1) \times 0,25 \text{ m}] \\
 &= 29,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$B_p \text{ (lebar) asumsi} = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{gutter}} &= 2,49 \times B_p \times h_o^{3/2} \\
 0,0627 &= 2,49 \times 0,5 \times h_o^{3/2}
 \end{aligned}$$

$$H_o = 0,13 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi gutter (Hp)} &= H_o + 15\% H_o + \text{Tinggi air dalam v-notch} + \text{freeboard} \\
 &= 0,13 + (0,15 \times 0,13) + 0,05 + 0,025 \\
 &= 0,23 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$A = L \times H_{air} = 0,5 \text{ m} \times 0,13 \text{ m} = 0,07 \text{ m}^2$$

$$v = Q / A = 0,0627 / 0,025 = 2,5 \text{ m/dtk}$$

kehilangan tekanan pada zona outlet :

$$n = 0,013$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(B_p \times H_p)}{(2H_p + B_p)} \\
 &= \frac{(0,5 \times 0,23)}{(2 \times 0,23) + 0,5} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$v = \frac{Q_{\text{gutter}}}{A_{\text{gutter}}}$$

$$= \frac{0,0627}{(0,5 \times 0,23)}$$

$$= 0,6 \text{ m/dtk}$$

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,6 = 1/0,013 \times (0,02 \text{ m})^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0,001$$

$$\text{HI saluran} = S \times \text{panjang pipa}$$

$$= 0,001 \times 20 \text{ m}$$

$$= 0,02 \text{ m}$$

Saluran pengumpul :

Jumlah saluran pengumpul tiap bak adalah 1 buah

$$Q \text{ saluran pengumpul} = 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{Lebar saluran} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran} = L \text{ bak} = 3,4 \text{ m}$$

$$T_d = 10 \text{ dtk}$$

$$\text{Volume saluran} = Q \times t_d$$

$$= 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 10 \text{ dtk}$$

$$= 0,628 \text{ m}^3$$

$$\text{Tair pada saluran} = \frac{V_{\text{saluran}}}{A_{\text{saluran}}}$$

$$= \frac{0,628}{(0,5 \times 3,4)}$$

$$= 0,4 \text{ m}$$

Kehilangan tekanan pada zona outlet (HI) :

$$n = 0,013$$

$$R = \frac{(T_{\text{air}} \times H)}{(2H + T_{\text{air}})}$$

$$= \frac{(0,4 \times 0,5)}{(2 \times 0,5 + 0,4)}$$

$$= 0,14$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,0628}{(0,5 \times 0,4)}$$

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

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,3 = 1/0,013 \times (0,14 \text{ m})^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0,0000001$$

$$\text{Hl saluran} = S \times \text{panjang pipa}$$

$$= 0,000001 \times 2,9 \text{ m}$$

$$= 0,0001 \text{ m}$$

Pipa Outlet

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 0,21 \text{ m/dtk}$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = 0,5 \text{ m}$$

$$F = 0,02$$

$$\text{Luas pipa (A)} = Q/v = 0,0628 / 0,21 = 0,29 \text{ m}^2$$

$$A = 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$0,29 = 0,25 \times 3,14 \times d^2$$

$$d = 0,607 \text{ m} = 0,61 \text{ m}$$

$$A \text{ desain} = 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,6^2$$

$$= 0,28 \text{ m}^2$$

Cek kondisi aktual :

$$v \text{ actual} = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,0628}{(0,28)} = 0,22 \text{ m/detik}$$

$$F = 0,02$$

$$\text{Hl pipa outlet} = f \times (L/d) \times (v^2/2 \times g)$$

$$= 0,02 \times (0,5 / 0,61) \times [(0,22)^2 / (2 \times 9,81)]$$

$$= 4,04 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak sedimentasi yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.25 Spesifikasi Unit Bak Sedimentasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Sedimentasi (efisiensi removal 80% TSS, 30% BOD dan COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	1,5 jam	-
	Tinggi (H)	2 m	-
	Panjang (p)	20 m	-
	Lebar (l)	3 m	-
	Freeboard	0,5 m	-
	Luas (A)	68 m <sup>2</sup>	-
	Volume	151 m <sup>3</sup>	-
Dimensi Tube	Tinggi ruang tube	1 m	-
	Np	643 buah	-
	nL	68 buah	-
	n	43724 buah	-
	Vo	0,003 m/detik	-
	R	$1,429 \times 10^{-7}$	-
	Nre	0,00005	(laminer <2000)
	Nfr	$1,12 \times 10^{-5}$	(stabil > $10^{-5}$ )
Zona Lumpur	V	12,4 m <sup>3</sup> /hari	Tiap bak
	L Atas	68 m <sup>2</sup>	Bentuk Trapesium
	p	20 m	-
	l	3 m	-
	L Bawah	51 m <sup>2</sup>	Bentuk Trapesium
	p	15 m	-
	l	3 m	-
	H	0,3 m	-
Zona Outlet	Tinggi air	0,05 m	-
	Freeboard	0,03 m	-
	V	0,6 m <sup>3</sup>	-
	p	3 m	-
	l	0,5 m	-

#### D. Unit Waste Water Garden

Bangunan ini berfungsi untuk proses pereduksi polutan dengan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Tumbuhan akan menyerap nutrisi dalam air limbah tersebut, bersamaan dengan oksigen dan mikroorganisme yang terdapat dalam sistem WWG melenyapkan bakteri berbahaya / penyakit dalam air limbah yang tidak diolah. Kriteria desain bak Waste Waster Garden dapat dilihat pada Tabel 5.26 sebagai berikut:

**Tabel 5.26 Kriteria Desain Bangunan Bak Waste Water Garden**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Hydrolic Loading Rate	150–500	m <sup>3</sup> /ha/hri
Td	2–7	hari
P : L	3:1–5:1	m
Kedalaman Air	0,1–1	m
Frekuensi pemanenan	3–5	tahun
Kontrol nyamuk	-	Tidak perlu
Area	2,1–6,9	ha

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2001)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 2 hari (efisiensi removal 90% BOD dan 80% COD)

b. Volume bak WWG

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{T_d} \\ &= \frac{0,0628}{(2/86400)} \\ &= 2712,96 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Luas Permukaan bak WWG

$$\begin{aligned} A &= \frac{V}{H} \\ &= \frac{2712,96 \text{ m}^3}{3} \\ &= 904,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

d. Dimensi bak WWG

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 3 : 1$$

$$904,3 = 3L \times L$$

$$904,3 = (3L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{904,3}{3}}$$

$$L = 17,4 \text{ m} \quad P = 3L = 3(17,4) = 52,2 \text{ m}$$

e. Penggunaan Tanaman

1. Cattail

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 50 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 250 cm (Ria Merlita, 2014).

a. Perhitungan luas lahan

Luas lahan persegi panjang = panjang x lebar

$$= 17,4 \text{ m} \times 5,8 \text{ m}$$

$$= 100,9 \text{ m}$$

b. Perhitungan tanaman

$$= \frac{100,9 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} = 40 \text{ kg tanaman cattail}$$

2. Kala Lili

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 100 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 1000 cm (Ria Merlita, 2014).

a. Perhitungan luas lahan

Luas lahan persegi panjang = panjang x lebar

$$= 17,4 \text{ m} \times 5,8 \text{ m}$$

$$= 100,9 \text{ m}$$

b. Perhitungan tanaman

$$= \frac{100,9 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 10 \text{ kg tanaman kala lili}$$



### 3. Lotus

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 75 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 375 cm (Ria Merlita, 2014).

#### a. Perhitungan luas lahan

$$\begin{aligned}\text{Luas lahan persegi panjang} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= 17,4 \text{ m} \times 5,8 \text{ m} \\ &= 100,9 \text{ m}\end{aligned}$$

#### b. Perhitungan tanaman

$$= \frac{100,9 \text{ m}}{3,75 \text{ m}} = 27 \text{ kg tanaman lotus}$$

#### - Bak pengontrol

$$Q = 0,0628 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$T_d = 10 \text{ menit} = 600 \text{ detik}$$

$$\text{Kapasitas bak pengontrol} = 15\%$$

$$P : L = 1 : 1$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas bak pengontrol} &= 0,15 \times 0,0628 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,0377 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= Q \cdot T_d \\ &= 0,009 \text{ m}^3/\text{det} \times 600 \text{ detik} \\ &= 5,4 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Asumsi Tinggi (H)} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = P \times L \times H$$

$$5,4 = L^2 \times 1$$

$$L^2 = 5,4$$

$$L = 2,3 \text{ m}$$

$$P = 2,3 \text{ m}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak *Waste Water Garden* yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.27 Spesifikasi Unit Bak *Waste Water Garden***

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak <i>Waste Water Garden</i> (efisiensi removal 90% BOD dan 85% COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	2 hari	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Kedalaman Air	1 m	-
	Panjang (p)	52 m	-
	Lebar (l)	17 m	-
	Luas (A)	904 m <sup>2</sup>	-
	Volume	2713 m <sup>3</sup>	-
	Tebal media	2,5 m	-
	Tanaman WWG	p	17 m
l		5 m	
Berat		40 kg	
P		17 m	Kalla Lili
L		5 m	
Berat		10 kg	
P		17 m	Lotus
L		5 m	
Berat	27 kg		
Bak Pengontrol	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	10 menit	-
	Tinggi (H)	1 m	-
	Lebar (l)	2 m	-
	Panjang (p)	2 m	-
	Freeboard	0,2 m	-
	Luas (A)	4 m <sup>2</sup>	-
	Volume	5 m <sup>3</sup>	-

### E. Bak Filtrasi

Bangunan ini berfungsi untuk proses penyaringan ini zat padat tersuspensi dihilangkan pada waktu air melalui lapisan materi berbentuk butiran yang disebut media filter. Media filter seperti pasir, potongan bata, ijuk, tanah liat, kerikil, cadas, arang dan sebagainya. Kriteria desain bak Filtrasi dapat dilihat pada Tabel 4.28 sebagai berikut :

**Tabel 4.28 Kriteria Desain Bangunan Bak Filtrasi**

<b>Kriteria Desain</b>	
Kecepatan filtrasi ( $V_f$ )	8-12 $m^3/m^2/jam$
Tebal media pasir	60-80 cm
Tebal media penahan	18-30 cm
Td backwash	5-15 menit
Tinggi air di atas media	0,9-1,2 m
Jarak dasar gutter dengan atas media pasir saat ekspansi	20-30 cm
A orifice:A bak	(0,0015-0,005):1
A lateral:A orifice	(2-4):1
A manifold:A lateral	(1,5-3):1
Jarak antar orifice	7,5-30 cm
<b>Kriteria Desain</b>	
D orifice	0,6-2 cm
P:L	(1:2)
Kecepatan backwash ( $V_b$ )	(4-8) x $V_f$

(sumber : Christopher dan Okun, 1991)

a. Direncanakan :

Dimensi Bak

$$\begin{aligned} \text{Jumlah filter (n)} &= 12 \times Q^{1/2} \\ &= 12 \times (0,0628 \text{ m}^3/\text{dtik})^{1/2} = 3 \text{ filter} \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi } V_f = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m/dtk}$$

$$\text{A filtrasi total} = \frac{Q}{V_f} = \frac{0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk}}{2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{dtk}} = 22,4 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek kecepatan filtrasi tiap bak} &= \frac{0,0628 \text{ m}^3 / dt}{22,4 \text{ m}^2} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} / dt. \\
 &= 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} / dt \times \frac{3600 \text{ dt}}{\text{jam}} \\
 &= 10,08 \text{ m} / \text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{A tiap filtrasi} = \frac{22,4 \text{ m}^2}{3} = 7,5 \text{ m}^2$$

$$P : L = 2 : 1$$

$$A = P \times L$$

$$7,5 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L^2 = 3,75$$

$$L = 1,93 \text{ m}$$

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

$$P = 1,9 \times 2 \text{ m} = 3,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{A filtrasi sebenarnya} &= P \times L \\
 &= 3,8 \text{ m} \times 1,9 = 7,22 \text{ m}^2 \approx 7,2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi Bak Filtrasi (H)} &= 1,5 \times L \text{ desain} \\
 &= 2,85 \text{ m} \approx 2,9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Dimensi Underdrain

Lubang Orifice

$$\text{A orifice} : \text{A bak} = 0,0015 : 1$$

$$\phi \text{ orifice} = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$\text{A orifice} = 0,0015 \times 8 \text{ m} = 0,012 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{A tiap orifice} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,02 \text{ m})^2 = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah orifice} &= \frac{\text{A orifice}}{\text{A tiap orifice}} = \frac{0,012 \text{ m}^2}{3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \\
 &= 38,22 \text{ lubang} = 38 \text{ lubang}
 \end{aligned}$$

c. Lateral

$$\text{A lateral} : \text{A orifice} = 2 : 1$$

$$\text{Jarak antar lateral} = 0,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jarak lateral ke dinding} &= 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm} \\
\text{A lateral total} &= 2 \times A \text{ orifice} \\
&= 2 \times 0,012 \text{ m}^2 \\
&= 0,024 \text{ m}^2 \\
\text{Panjang manifold} &= \text{panjang bak} - \text{jarak lateral ke dinding} \\
&= 3,8 \text{ m} - 0,25 \text{ m} \\
&= 3,5 \text{ m} \\
\text{Jumlah lateral} &= \frac{\text{Panjang manifold}}{\text{Jarak antar lateral}} \times 2 \\
&= \frac{3,5 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} \times 2 = 23 \text{ buah} \\
\text{Orifice untuk 1 lateral} &= \frac{\text{Jumlah orifice}}{\text{Jumlah Lateral}} = \frac{38}{23} = 1,6 \approx 2 \text{ lubang} \\
\text{A tiap lateral} &= \frac{\text{A lateral total}}{\text{Jumlah lateral}} = \frac{0,024 \text{ m}^2}{23} = 0,001 \text{ m}^2 \\
\text{A lateral} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
0,024 \text{ m} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
D &= \sqrt{\frac{0,024 \times 4}{3,14}} \\
&= 0,175 \text{ m} = 175 \text{ mm}
\end{aligned}$$

d. Manifold

$$\begin{aligned}
\text{A manifold : A lateral} &= 2 : 1 \\
\text{A manifold} &= 2 \times 0,024 \text{ m}^2 = 0,048 \text{ m}^2 \\
\text{A} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
D &= \sqrt{\frac{0,048 \times 4}{3,14}} = 0,247 \text{ m} = 247 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Panjang lateral tiap sisi (L)

$$\begin{aligned}
&= L - (2 \times \text{jarak lateral ke dinding}) - \theta \text{ manifold} \\
&= 1,9 \text{ m} - (2 \times 0,25 \text{ m}) - 0,247 \text{ m} \\
&= 1,2 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar orifice} &= \frac{P \text{ lateral } (3 \times \theta \text{ orifice})}{3} \\ &= \frac{1,153 \text{ m} \times 3 \times 0,02 \text{ m}}{3} = 0,023 \text{ m} \end{aligned}$$

e. HL Underdrain

$$Q \text{ tiap bak} = \frac{0,0628 \text{ m}^3 / \text{ dtk}}{3} = 0,021 \text{ m}^3 / \text{ dtk}$$

- Orifice

$$Q \text{ orifice} = \frac{Q \text{ tiap bak}}{n \text{ orifice}} = \frac{0,021}{38} = 0,0005 \text{ m}^3 / \text{ dtk}$$

$$V \text{ orifice} = \frac{Q \text{ orifice}}{A \text{ orifice}} = \frac{0,0005 \text{ m}^3 / \text{ dtk}}{0,012 \text{ m}^2} = 0,04 \text{ m} / \text{ dtk}$$

$$H_L \text{ orifice} = \frac{1,7 \times V^2}{2 \cdot g} = \frac{1,7 \times (0,04)^2 \text{ m} / \text{ dtk}}{2 \times 9,81} = 0,0001 \text{ m}$$

- Lateral

$$\text{Kekasaran pipa (f)} = 0,025$$

$$Q \text{ lateral} = \frac{Q \text{ tiap bak}}{n \text{ lateral}} = \frac{0,021}{23} = 0,0009 \text{ m}^3 / \text{ dtk}$$

$$V \text{ lateral} = \frac{Q \text{ tiap lateral}}{A \text{ lateral}} = \frac{0,0009 \text{ m}^3 / \text{ dtk}}{0,024 \text{ m}^2} = 0,03 \text{ m}^3 / \text{ dtk}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ lateral} &= \frac{1}{3} \times \frac{L}{D} \times f \times \frac{V^2}{29} \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{1,2}{0,175} \times 0,025 \times \frac{(0,03)^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,000003 \text{ m} \end{aligned}$$

- Manifold

$$Q \text{ manifold} = \frac{Q \text{ tiap bak}}{n \text{ manifold}} = \frac{0,021}{1} = 0,021 \text{ m}^3 / \text{ dtk}$$

$$V \text{ manifold} = \frac{Q}{A} = \frac{0,021}{0,048} = 0,4 \text{ m} / \text{ dtk}$$

$$\begin{aligned}
H_L \text{ manifold} &= \frac{1}{3} \times \frac{L}{D} \times f \times \frac{V^2}{2g} \\
&= \frac{1}{3} \times \frac{3,5}{0,247} \times 0,025 \times \frac{(0,4)^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,001 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_L \text{ underdrain} &= H_L \text{ Orifice} + H_L \text{ lateral} + H_L \text{ manifold} \\
&= 0,0001 \text{ m} + 0,000004 \text{ m} + 0,001 \text{ m} \\
&= 0,001 \text{ m}
\end{aligned}$$

f. Penyaringan

Terdapat 2 jenis media penyaring (pasir dan arang bambu) dan 1 jenis media penyangga (kerikil atau *gravel*).

- Media Pasir

Pasir  $N_{re} < 5$

$$\text{Porositas awal } (f) = 0,4$$

$$\text{Tebal pasir} = 70 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter } (d) = 0,8 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas } (v) = 0,000008039 \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$\text{Kecepatan Filtasi } (V_f) = 0,00278 \text{ m/dtk}$$

$$\begin{aligned}
N_{re} &= \frac{1}{(1-f)} \times \frac{V_f \times d}{w} \\
&= \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{(2,78 \times 10^{-3}) \times (0,8 \cdot 10^{-3})}{0,000008039} = 0,16
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_L &= 180 \times \frac{w}{g} \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \frac{V_s}{D^2} \times L \\
&= 180 \times \frac{0,000008039}{9,81} \times \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} \times \frac{2,78 \times 10^{-3}}{(0,8 \cdot 10^{-3})^2} \times 0,7 \\
&= 0,212 \text{ m}
\end{aligned}$$

- Media Arang Bambu

Arang bambu  $N_{re} < 5$

Porositas awal ( $f$ ) = 0,4

Tebal pasir = 70 cm

Diameter ( $d$ ) = 0,001 m

Viskositas ( $\nu$ ) = 0,000008039 m<sup>2</sup>/detik

Kecepatan Filtasi ( $V_f$ ) = 0,00278 m/dtk

$$N_{re} = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{V_f \times d}{\nu}$$

$$= \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{(2,78 \times 10^{-3}) \times (1 \times 10^{-3})}{0,000008039} = 0,207$$

$$H_L = 180 \times \frac{\nu}{g} \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \frac{V_s}{D^2} \times L$$

$$= 180 \times \frac{0,000008039}{9,81} \times \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} \times \frac{2,78 \times 10^{-3}}{(1 \times 10^{-3})^2} \times 0,7 = 0,136 \text{ m}$$

- Media Penyangga Kerikil

Kerikil  $N_{re} < 5$

Porositas awal ( $f$ ) = 0,4

Tebal pasir = 30 cm

Diameter ( $d$ ) = 0,003 m

Viskositas ( $\nu$ ) = 0,000008039 m<sup>2</sup>/detik

Kecepatan Filtasi ( $V_f$ ) = 0,00278 m/dtk

$$N_{re} = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{V_f \times d}{\nu}$$

$$= \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{(2,78 \times 10^{-3}) \times (3 \times 10^{-3})}{0,000008039} = 1,7 \text{ m}$$

$$H_L = 180 \times \frac{\nu}{g} \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \frac{V_s}{D^2} \times L$$

$$= 180 \times \frac{0,000008039}{9,81} \times \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} \times \frac{2,78 \times 10^{-3}}{(3 \times 10^{-3})^2} \times 0,3 = 0,0064 \text{ m}$$



$$\begin{aligned}
 H_L \text{ media} &= H_L \text{ pasir} + H_L \text{ arang bambu} + H_L \text{ kerikil} \\
 &= 0,21 \text{ m} + 0,136 \text{ m} + 0,0064 \text{ m} \\
 &= 0,355 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi muka air >  $H_L$  total

$$\begin{aligned}
 H_L \text{ total} &= H_L \text{ media} + H_L \text{ under drain} \\
 &= 0,355 \text{ m} + 0,124 \text{ m} \\
 &= 0,479 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka tinggi air = 1 m

$$\begin{aligned}
 H_{\max} &= \text{Tinggi muka air} + H_L \text{ total} \\
 &= 1 \text{ m} + 0,479 \text{ m} \\
 &= 1,479 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Back Wash

$$\begin{aligned}
 V \text{ back wash} &= 4 \times V_s \\
 &= 4 \times 0,00278 \text{ m/dtk} \\
 &= 0,112 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

- Media Pasir

Tebal pasir = 70 cm

$$\rho_w = 995 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

Porositas akhir filtrasi ( $f^l$ ) artinya kedalaman di mana penyaringan mulai tersumbat.

$$\begin{aligned}
 f^l &= 2,95 \times \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} \times \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} \times \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\
 &= 2,95 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,2)}} \times \frac{995 \text{ kg/m}^3}{2650 - 995 \text{ kg/m}^3} \times \frac{2,8 \cdot 10^{-3(1/3)}}{8 \times 10^{-4(1/2)}} \\
 &= 0,90 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,7 \text{ m}}{0,7 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,7 \text{ m} = 0,14$$

$$L_e = 0,14 + 0,7$$

$$L_e = 0,84 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e) L_e = (1 - f_e) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) 0,84 \text{ m} = (1 - f_e) \cdot 0,7 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,08 \text{ m}$$

$$f_e = 0,91 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ pasir} &= 130x \frac{w^{0,8}}{9,81} x \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} x \frac{f_{bw}^{1,2}}{d^{1,8}} x L_e \\ &= 130x \frac{0,995x10^{-6(0,8)}}{9,81} x \frac{(1 - 0,91)^2}{0,91^3} x \frac{0,01^{(1,2)}}{0,8x10^{-3(1,8)}} x 0,84 \\ &= 0,084 \text{ m} \end{aligned}$$

- Media Arang Bambu

$$\theta \text{ arang bambu} = 1 \text{ mm}$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_w = 995 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Tebal arang bambu} = 70 \text{ cm}$$

Porositas akhir ( $f^l$ )

$$\begin{aligned} f^l &= 2,95x \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} x \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} x \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\ &= 2,95x \frac{0,995x10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,6)}} x \frac{995}{2650 - 995} x \frac{2,78x10^{-3(1/3)}}{1.10^{-3(1/2)}} \\ &= 0,806 \text{ m} \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,7 \text{ m}}{0,7 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,7 \text{ m} = 0,14$$

$$L_e = 0,14 + 0,7$$

$$L_c = 0,84 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e)^2 L_e = (1 - f^l) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) \cdot 0,84 \text{ m} = (1 - 0,806 \text{ m}) \cdot 0,7 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,16 \text{ m}$$

$$f_e = 0,838 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ arang bambu} &= 130 \times \frac{w^{0,8}}{9} \times \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} \times \frac{f_{bw}^{1,2}}{D^{1,8}} \times L_e \\ &= 130 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(0,8)}}{9,81} \times \frac{(1 - 0,838)^2}{0,838^3} \times \frac{0,01^{(1,2)}}{1 \times 10^{-3(1,8)}} \times 0,84 \\ &= 0,016 \text{ m} \end{aligned}$$

- Media Penyangga Kerikil

$$\theta \text{ kerikil} = 3 \text{ mm}$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

Tebal kerikil = 30 cm

Porositas akhir ( $f^l$ )

$$\begin{aligned} f^l &= 2,95 \times \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} \times \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} \times \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\ &= 2,95 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,6)}} \times \frac{995}{2650 - 995} \times \frac{0,00278^{(1/3)}}{3 \times 10^{-3(1/2)}} \\ &= 0,46 \text{ m} \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,3 \text{ m}}{0,3 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,3 \text{ m} = 0,15$$

$$L_e = 0,15 + 0,3$$

$$L_e = 0,36 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e)^2 L_e = (1 - f_e) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) 0,36 \text{ m} = (1 - 0,46 \text{ m}) \cdot 0,3 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,45 \text{ m}$$

$$f_e = 0,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ kerikil} &= 130x \frac{w^{0,8}}{9} x \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} x \frac{f_{bw}^{1,2}}{D^{1,8}} x L_e \\ &= 130x \frac{0,995x10^{-6(0,8)}}{9,81} x \frac{(1 - 0,55)^2}{0,55^3} x \frac{0,01^{(1,2)}}{3x10^{-3(1,8)}} x 0,3 \\ &= 0,002 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ Total Backwash} &= H_L \text{ pasir} + H_L \text{ arang bambu} + H_L \text{ kerikil} \\ &= 0,008 \text{ m} + 0,016 \text{ m} + 0,002 \text{ m} \\ &= 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

h. Saluran Outlet

$$\text{Kecepatan Filtrasi Tiap Bak (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0314}{7,48} = 0,0042 \text{ m/dtk}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Outlet} &= \text{Diameter Manifold} \\ &= 0,247 \text{ m} = 247 \text{ mm} \end{aligned}$$

i. Volume *backwash*

Waktu pencucian filter (*backwash*) 15 menit

$$\text{Volume } backwash = Q \times t = 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 900 \text{ dtk} = 56,5 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

j. Perencanaan gutter

Gutter merupakan saluran yang digunakan untuk membawa aliran saat terjadi backwash dan filtrasi. Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 2 bak filtrasi, namun tidak digunakan secara bersamaan.

a. Gutter untuk backwash

Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi, namun tidak digunakan secara bersamaan.

$$\text{Volume air backwash (V)} = 56,5 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{V}{H} \\ &= \frac{56,5 \text{ m}^3}{1} \\ &= 56,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$56,5 = 2L \times L$$

$$56,5 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{56,5}{2}}$$

$$L = 5,3 \text{ m} \quad P = 2L = 2(5,3) = 10,6 \text{ m}$$

b. Gutter untuk filtrasi

Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi.

$$Q_{\text{filtrasi}} = 0,0628 \text{ m}^3/\text{dt} \times 2 = 0,13 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = 5 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ det ik}}{\text{menit}} = 300 \text{ det ik}$$

$$V_{\text{gutter}} = Q_{\text{filtrasi}} \times \text{td} = 0,13 \text{ m}^3/\text{dt} \times 300 \text{ detik} = 39 \text{ m}^3$$

$$v_{\text{manifold}} = 1,2 \text{ m/dt} \times 2 = 2,4 \text{ m/dt}$$

$$A_{\text{gutter}} = \frac{Q_{\text{filtrasi}}}{v_{\text{manifold}}} = \frac{0,13 \text{ m}^3 / \text{dt}}{2,4 \text{ m} / \text{dt}} = 0,1 \text{ m}^2$$

Direncanakan  $H_{\text{gutter}} = 0,2 \text{ m}$ .

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$0,1 = 2L \times L$$

$$0,1 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{0,1}{2}}$$

$$L = 0,2 \text{ m} \quad P = 2L = 2(0,2) = 0,4 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak desinfektan yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.29 Spesifikasi Unit Bak Filtrasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Filtrasi (efisiensi removal 80% TSS, 50% BOD dan COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Panjang (p)	4 m	-
	Lebar (l)	2 m	-
	Tinggi (h)	3 m	-
	Debit (Q)	0,0628 m <sup>3</sup> /dtk	-
	Volume (V)	10,08 m <sup>3</sup> /jam	-
Media Pasir	Tebal	70 cm	-
	Diameter	0,8 mm	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	0,16	-
	Ekspansi pasir	0,91 m	-
	Headloss	0,21 m	-
Media Arang Bambu	Tebal	70 cm	-
	Diameter	0,001 m	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	0,21	-
	Ekspansi arang bambu	0,84 m	-
	Headloss	0,14 m	-
Media Penyangga (Kerikil)	Tebal	30 cm	-
	Diameter	0,003 m	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	1,7	-

	Ekspansi penyangga kerikil	0,6 m	-
	Headloss	0,0064 m	
Lubang Orifice	Diameter	0,02 m	-
	A tiap orifice	$3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	-
	Jumlah lubang	38 lubang	-
Pipa Manifold	A manifold	$0,048 \text{ m}^2$	-
	Diameter	247 mm	-
	Panjang	4 m	-
	Jarak	0,02 m	-
Pipa Lateral	Jumlah total pipa lateral	23 buah	-
	Jarak antar pipa lateral	0,3 m	-
	Panjang	2 m	-
	Diameter	175 mm	-
	Orifice untuk 1 lateral	2 lubang	-
	A tiap lateral	$0,001 \text{ m}^2$	-
Gutter Backwash	Panjang (p)	11 m	Digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi
	Lebar (l)	5 m	
	Tinggi (h)	1 m	
Gutter Filtrasi	Panjang (p)	0,4 m	Digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi
	Lebar (l)	0,2 m	
	Tinggi (h)	0,2 m	

### E. Bak Khlorinasi

Bangunan ini berfungsi untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah. Kriteria desain bak khlorinasi dapat dilihat pada Tabel 5.30 sebagai berikut :

**Tabel 5.30 Kriteria desain Bangunan Bak Khlorinasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
P : L	2 : 1 – 6 : 1	m
P : H	3 : 1 – 5 : 1	m
Kedalaman (H)	1.5 – 3	m
Gas Klor ( $\text{Cl}_2$ )	>99	%
Sodium Hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ )	>15	%
Kaporit mengandung Klor	60-70	%

(Sumber : SNI 6774:2008)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 15 menit (efisiensi removal 100% *E.Coli*)
- Tinggi (h) : 3 m

b. Volume Bak

$$\begin{aligned}V \text{ bak} &= Q \times t_d \\ &= 0,0628 \text{ m}^3/\text{det} \times 15 \text{ mnt} \times 60 \text{ dtk/mnt} \\ &= 56,52 \text{ m}^3 \text{ (direncanakan } h = 3 \text{ m)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{V}{h} \\ &= \frac{56,52}{3} = 18,84 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Dimensi bak

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$18,84 = 2L \times L$$

$$18,84 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{18,84}{2}}$$

$$L = 3,06 \text{ m} \quad P = 2L = 2(3,06) = 6,12 \text{ m}$$

Dibutuhkan :

Kaporit yang mengandung klor = 60%

Konsentrasi yang diinginkan = 5%

Dosis klor = 1,3 mg/L

Berat jenis = 1,2 kg/L

Q = 62,8 L/detik

- Kebutuhan klor =  $62,8 \text{ L/detik} \times 1,3 \text{ mg/L}$   
= 93,08 mg/detik = 8,04 kg/hari
- Kebutuhan klor per bulan = 30 hari  $\times$  8,04 kg/hari = 241,2 kg/bulan
- Volume klor =  $\frac{\text{kebutuhan klor 1 hari}}{\text{berat jenis klor}}$   
=  $\frac{8,04 \text{ kg/hari}}{1,2 \text{ kg/L}} = 6,7 \text{ L/hari} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{hari}$



d. Bak pengaduk chlor

$$V_{\text{Ca (OCl)}_2} = \frac{\text{kebutuhan Ca (OCl)}_2}{\rho \cdot \text{Ca (OCl)}_2} = \frac{8,04 \text{ kg/hari}}{1,2 \text{ kg/L}}$$
$$= 6,7 \text{ L/hari} = 0,0067 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Bila pelarut setiap satu hari, maka volume bak pengaduk khlor  $0,0067 \text{ m}^3/\text{hari}$ .

Volume pelarut (air) untuk chlorine 10 %

$$V_p = \frac{0,9}{0,1} \times 0,0067 \text{ m}^3$$
$$= 0,1 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume pengaduk Klorinasi =  $0,1 + 0,0067 = 0,1 \text{ m}^3/\text{hari}$

e. Dimensi bak pengaduk Klorin, berbentuk Persegi panjang (direncanakan  $h = 0,2 \text{ m}$ )

Mencari luasan bak

$$A = \frac{V}{H} = \frac{0,02 \text{ m}^3}{0,2 \text{ m}} = 0,1 \text{ m}^2$$

$$A = P \times L \longrightarrow P = 2L$$
$$= 2L \times L$$

$$0,1 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L = 0,2 \text{ m} \longrightarrow P = 2 \times 0,2 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$$

Direncanakan, bak Pengaduk menggunakan *baffle perforated*, dengan diameter lubang sebesar  $0,05 \text{ m}$

Luas Permukaan baffle

$$A_{\text{baffle}} = 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$$
$$= 0,04 \text{ m}^2$$

Luas Tiap Lubang

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$
$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,05^2$$
$$= 0,002 \text{ m}^2$$

Luas Total Lubang

$$\begin{aligned} A &= 50\% \times 0,04 \text{ m}^2 \\ &= 0,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Lubang (n)

$$n = \frac{A_{tot}}{A_{lub}} = \frac{0,02 \text{ m}^2}{0,002 \text{ m}^2} = 10 \text{ lubang}$$

Jarak Antar Lubang

- Horizontal

Direncanakan terdapat 3 baris, dengan  $H = 1 \text{ m}$

$$d_{lubang} \times n = 0,05 \text{ m} \times 10 = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar lubang} = \frac{1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}}{10 + 1} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

- Vertikal

$$n = 3$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$d_{lubang} \times n = 0,05 \text{ m} \times 3 = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar lubang} = \frac{0,5 \text{ m} - 0,15 \text{ m}}{3 + 1} = 0,09 \text{ m} = 9 \text{ cm}$$

Debit Tiap Lubang

$$Q_{lubang} = \frac{0,0628 \text{ m}^3 / \text{dtk}}{3} = 0,02 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

Berikut tabel desain unit bak desinfektan yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.31 Spesifikasi Unit Bak Klorinasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Klorinasi (efisiensi removal 100% <i>E.Coli</i> )	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Td	15 menit	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	6 m	-
	Lebar (l)	3 m	-
	Luas (A)	19 m <sup>2</sup>	-
	Volume	57 m <sup>3</sup>	-
Bak Pengaduk Klor	Dinding bak	Tebal 0,1 m	Terbuat dari beton
	Tinggi (H)	0,2 m	-
	Panjang (p)	0,4 m	-
	Lebar (l)	0,2 m	-
	Luas (A)	0,1 m <sup>2</sup>	-
	Volume	0,1 m <sup>3</sup> /hari	-
	Kebutuhan Klor	8 kg/hari	-
	A baffle	0,2 m × 0,2 m	-
	Jumlah lubang	10	buah
Q lubang	0,02 m <sup>3</sup> /dtk	-	

#### F. Kolam Indikator

Ikan digunakan sebagai bioindikator terhadap tingkat pemulihan kualitas air melalui proses pengolahan. Jenis ikan yang digunakan sebagai indikator adalah ikan emas, nila dan gurame. Jika ikan yang dijadikan indikator mati, maka hal itu menunjukkan bahwa kualitas air limbah masih kurang baik. Kriteria desain kolam indikator dapat dilihat pada Tabel 5.32 sebagai berikut :

**Tabel 5.32 Kriteria Desain Bangunan Kolam Indikator**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Td (Waktu tinggal)	0,5-3	jam
P : L	2 : 1 - 6 : 1	-
P : H	3 : 1 - 5 : 1	-
Kedalaman (H)	1.5 - 3	m
freeboard	<0,3	m

(Sumber : Pedoman Teknis IPAL, 2011)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 30 menit
- tinggi bak (h) : 3 m

Perhitungan :

b. Volume bak pengumpul

$$V = Q \cdot td$$

$$= 0,0628 \text{ m}^3/\text{ dtk} \times 30 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ dtk}}{1 \text{ menit}}$$

$$= 113,04 \text{ m}^3$$

c. Luas bak pengumpul

$$A = \frac{\text{volume}}{h} = \frac{113,04 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$

$$= 37,68 \text{ m}^2$$

d. Dimensi bak

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$37,68 = 2L \times L$$

$$37,68 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{37,68}{2}}$$

$$L = 4,34 \text{ m} \quad P = 2L = 2(4,34) = 8,68 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit kolam indikator yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.33 Spesifikasi Unit Kolam Indikator**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Kolam Indikator	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	30 menit	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	9 m	-
	Lebar (l)	4 m	-
	Luas (A)	38 m <sup>2</sup>	-
	Volume	113 m <sup>3</sup>	-

### G. Sludge Drying Bed

Sludge drying bed berfungsi untuk menampung lumpur pengolahan baik dari proses kimia maupun proses biologi, dan memisahkan lumpur yang bercampur dengan air dengan cara proses penguapan menggunakan energi penyinaran matahari. Kriteria desain sludge drying bed dapat dilihat pada Tabel 5.34 sebagai berikut :

**Tabel 5.34 Kriteria Desain Bangunan Sludge Drying Bed**

No	Parameter	Satuan	Besaran
1	Tebal lapisan lumpur	mm	200 – 300
2	P : L	m	2 : 1 – 6 : 1
3	Tebal lapisan media pasir	mm	230 – 300
4	Tebal lapisan gravel	mm	150 – 300
5	Uniformity Coefficien		$\leq 4$
6	Effective Size	mm	0,3 – 0,75
7	Slope lateral drainage line	%	$> 1\%$
8	Jarak antar lateral line	mm	2,5 – 6
9	Kecepatan dalam pipa	m/s	$\leq 0,75$
10	Waktu pengeringan	hari	5 – 15
11	Kelembaban/moisture lumpur	%	$\pm 60$
12	Sludge loading rate	kg/m <sup>2</sup> .th	58,5 – 97,6

(Sumber : Qosim, Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, 1985)

Direncanakan :

- Tebal lapisan media = 450 mm
- Tebal cake di bed = 0,5
- Waktu pengeringan = 5 hari

Kondisi lumpur yang keluar dari unit pengolahan Bak sedimentasi :

- Kadar air = 90%
- Kadar solid = 10%
- Volume Lumpur Total = 12,4 m<sup>3</sup>/hari

- Media :
 

Lapisan pasir	fine sand	=150 mm
	coarse sand	=75 mm
Lapisan kerikil	fine gravel	=75 mm
	medium gravel	=75 mm
	coarse gravel	= 75 mm
ketebalan total media		= 450 mm
- Kadar air pada cake sludge = 75 %
- Tebal (kedalaman) cake sludge = 0,3 m
- Menggunakan 1 unit sludge drying bed yang tiap unit terdiri dari 2 cell
- Volume cake dari solid ( $V_i$ ) =  $\frac{VT_{total}(1-P)}{1-P_i}$   
 $= \frac{12,4(1-0,9)}{1-0,75}$   
 $= 4,96 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Volume cake kering cell =  $4,96 \text{ m}^3$
- Volume cake kering bed (2 cell) =  $2 \times 4,96 \text{ m}^3 = 9,9 \text{ m}^3 \sim 10 \text{ m}^3$
- Luas permukaan cell =  $\frac{10 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}} = 33 \text{ m}^2$

Maka : - Perbandingan p : l = 1,5 : 1

-  $A = 1,5 \text{ l} \times \text{l}$

$33 \text{ m}^2 = 1,5 \text{ l}^2$

$\text{l} = 4,7$

- Lebar = 4,7 m

- Panjang =  $1,5 \times 4,7 = 7,1 \text{ m}$

- Volume bed =  $12,4 \text{ m}^3/\text{hr} \times 5 \text{ hari} = 62 \text{ m}^3$

- Kedalaman air =  $\frac{(62 - 0,3) \text{ m}^3}{(5 \times 7,1 \text{ m}) \times (2 \times 4,7 \text{ m})} = 0,2 \text{ m}$

Sehingga :

Dimensi cell : P = 7,1 m      Kedalaman = 0,2 m

L = 4,7 m

Dimensi bed :  $P = 5 \times 7,1 \text{ m} = 35,5 \text{ m}$   
 $L = 2 \times 4,7 \text{ m} = 9,4 \text{ m}$   
 Kedalaman =  $0,45 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 1 \text{ m}$   
 Free board =  $30\% \times 1 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$

- Underdrain

Berfungsi untuk menampung dan mengeluarkan air dari lumpur.

- Terletak di bawah lapisan kerikil (media).
- Underdrain berupa pipa dengan lubang perforasi
- Vol.air/hari =  $V.\text{sludge} \times 90\% - V.\text{Lumpur kering} \times 60\%$   
 $= 12,34 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,9 - 10 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,6$   
 $= 5,1 \text{ m}^3/\text{hr}$
- Direncanakan Kecepatan air dalam pipa =  $0,3 \text{ m/dt}$
- Luas Pipa =  $\frac{5,1 \text{ m}^3 / \text{hr}}{0,3 \text{ m} / \text{dt} \times 86400 \text{ dt} / \text{hr}} = 1,97 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
- Diameter Pipa =  $\sqrt{\frac{4 \times 1,97 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 0,015 \text{ m} \sim 15 \text{ mm}$

- Pipa Inlet

Direncanakan kecepatan pada pipa =  $0,6 \text{ m/dt}$

Luas Pipa =  $\frac{5,1 \text{ m}^3 / \text{hr}}{0,6 \text{ m} / \text{dt} \times 86400 \text{ dt} / \text{hr}} = 9,84 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$

Diameter Pipa =  $\sqrt{\frac{4 \times 9,84 \cdot 10^{-5}}{3,14}} = 0,011 \text{ m} \sim 11 \text{ mm}$

Berikut tabel desain unit sludge drying bed yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.35 Spesifikasi Unit Sludge Drying Bed**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak sludge drying bed	Dinding bak	Tebal 0,3 m	Terbuat dari beton
	Waktu pengeringan	5 hari	-
	Kedalaman	1 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	36 m	-
	Lebar (l)	10 m	-
	Volume	62 m <sup>3</sup>	-
Media	<i>fine sand</i>	155 mm	-
	<i>coarse sand</i>	150 mm	-
	<i>fine gravel</i>	75 mm	-
	<i>medium gravel</i>	75 mm	-
	<i>coarse gravel</i>	75 mm	-
Dimensi Cell	Panjang (p)	7 m	
	Lebar (l)	5 m	
	Kedalaman	0,2 m	
Underdrain	Volume air	5,1 m <sup>3</sup> /hr	-
	Luas pipa	1,97.10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>	-
	Diameter pipa	15 mm	-
	Kecepatan air dalam pipa	0,3 m/dt	-
Pipa inlet	Kecepatan air dalam pipa	0,6 m/dt	-
	Luas pipa	9,84.10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup>	-
	Diameter pipa	11 mm	-

Lumpur yang terdapat di sludge drying bed ini akan dimanfaatkan sebagai kompos. Pembuatan kompos dilakukan yaitu dengan cara pengeringan lumpur dikeringkan terlebih dahulu di bawah matahari terik untuk menghilangkan kandungan air pada lumpur. Proses pengeringan lumpur dapat membutuhkan waktu yang cukup lama hingga mengering. Setelah lumpur mengering kemudian dilakukan penambahan serbuk gergaji atau sekam pada limbah lumpur sisa pengolahan untuk menjadi kompos. Banyaknya sekam atau serbuk gergaji yang dibutuhkan tergantung dari banyaknya lumpur yang akan dijadikan kompos. Pencampuran ini berfungsi agar lumpur lebih padat serta menambah unsur hara pada kompos. Kemudian kompos dapat digunakan sebagai pupuk tanaman di sekitar area IPAL.



## 5.6. Profil Hidrolis

### 5.6.1. Profil Hidrolis Zona 1

#### a. *Bar screen* menuju bak equalisasi

$$Q = 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 1 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0628}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 2 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned} - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\ &= 0,026 \times \frac{1}{0,2} \times \frac{2^2}{(2 \times 9,81)} \\ &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

#### b. Bak equalisasi menuju bak sedimentasi

$$Q = 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0628}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 2 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned} - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\ &= 0,026 \times \frac{2}{0,2} \times \frac{2^2}{(2 \times 9,81)} \\ &= 0,05 \text{ m} \end{aligned}$$

#### c. Bak sedimentasi menuju bak *waste water garden*

$$Q = 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

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

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0628}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 2 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{1,5}{0,2} \times \frac{2^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**d. Bak waste water garden menuju bak filtrasi**

$$Q = 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

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

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0628}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 2 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{2,5}{0,2} \times \frac{2^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,07 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**e. Bak filtrasi menuju bak klorinasi**

$$Q = 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 1 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0628}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 2 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{1}{0,2} \times \frac{2^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**f. Bak klorinasi menuju kolam indikator**

$$Q = 0,0628 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 3 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0628}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 2 \text{ m / dtk}$$

$$- H_L = f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g$$

$$= 0,026 \times \frac{3}{0,2} \times \frac{2^2}{(2 \times 9,81)}$$

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

**Tabel 5.36 Kehilangan Tekanan**

No	Arah aliran	HL (m)
1	<i>Bar screen</i> – Bak equalisasi	0,03
2	Bak equalisasi – Bak sedimentasi	0,05
3	Bak sedimentasi – Bak <i>waste water garden</i>	0,03
4	Bak <i>waste water garden</i> – Bak filtrasi	0,07
5	Bak filtrasi – Bak klorinasi	0,03
6	Bak klorinasi – Kolam indikator	0,08

## 5.7.2. Wilayah Pelayanan Zona 2

### A. Bar screen

Bangunan ini berfungsi untuk menyaring benda-benda padat dan kasar agar tidak mengganggu pengaliran limbah cair, mencegah timbulnya kerusakan dan penyumbatan dalam saluran. Kriteria desain Bar screen dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut :

**Tabel 5.20 Kriteria desain dan Kriteria Terpilih Bar Screen :**

Kriteria Bar Screen	Kriteria Terpilih
Lebar batang (w) = $(\frac{1}{2} - \frac{3}{4})$ inchi	(w) yang direncanakan $\frac{3}{4}$ inch x 0,025 = 0,01875 m
Lebar bukaan (b) = (2 – 3) inchi	(b) yang direncanakan 2,5” = 2,5 x 0,025 = 0,0625 m
Kecepatan horizontal (Vh) $\geq 0,6$ m/dtk	(Vh) yang direncanakan = 1 m/dtk
Sudut bar screen terhadap horizontal ( $\theta$ ) = $60^0$	( $\theta$ ) Sudut bar screen terhadap horizontal terpilih = $60^0$
Faktor bentuk batang screen ( $\beta$ ) = 1,79 (bentuk lingkaran)	( $\beta$ ) Faktor bentuk batang screen terpilih = 1,79 (bentuk lingkaran)
Headloss $\leq 0,15$ m	Headloss $\leq 0,15$ m
	Lebar bar sreen (L) = 0,5 m
	Panjang Saluran (P) = 0,5 m

(Sumber : Susumu Kawamura, 1990)

a. Direncanakan :

$$\text{Luas penampang saluran bar screen (Ac)} = \frac{Q}{vh} = \frac{0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk}}{1} = 0,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi muka air (t)} = \frac{Ac}{L} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Free board (W)} = 30\% \times t = 0,3 \times 0,2 = 0,06 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bar screen (H)} = t + W = 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bar yang diperlukan} \quad L &= n w + (n + 1)b \\ 0,5 &= 0,01875n + (n + 1) \times 0,0625 \\ 0,5 &= 0,01875n + 0,0625n + 0,0625 \end{aligned}$$

$$0,5 = 0,08125n + 0,0625$$

$$0,5 - 0,0625 = 0,08125n$$

$$0,4375 = 0,08125n$$

$$n = 5,3 \approx \mathbf{5 \text{ batang}}$$

$$\text{Lebar efektif (L')} = (n + 1) \times b = (5 + 1) \times 0,0625 = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang batang terendah (t')} = \frac{t}{\sin 60} = \frac{0,2}{0,866} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Ac efektif (Ac')} = t' \times L' = 0,2 \times 0,4 \text{ m} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan melalui bar (Vh')} = \frac{Ac \times Vh}{Ac'} = \frac{0,2 \times 1}{0,1} = \mathbf{2 \text{ m/dtk}} (\geq 0,6 \text{ m/dtk})$$

$$\text{Penurunan muka air melewati bar } hv = \frac{(Vh')^2}{2g} = \frac{(2)^2}{2 \times 9,81} = 0,2 \text{ m}$$

$$\Delta H = \beta \times \left(\frac{W}{b}\right)^{4/3} \times hv \times \sin 60^0 = 1,79 \times \left(\frac{0,01875}{0,0625}\right)^{4/3} \times 0,2 \times 0,866$$

$$= \mathbf{0,06 \text{ m}} (\leq 0,15 \text{ m})$$

$$\text{Tinggi air setelah melalui screen (h')} = t - \Delta H = 0,2 \text{ m} - 0,06 \text{ m}$$

$$= 0,14 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bar screen yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.37 Spesifikasi Unit Bar Screen**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bar Screen (efisiensi removal 20% TSS)	Dinding bak	Tebal 0,05 m	Terbuat dari beton
	Tinggi (H)	0,3 m	-
	Panjang (p)	0,5 m	-
	Lebar (l)	0,5 m	-
	Luas penampang (Ac)	0,1 m <sup>2</sup>	-
	Tinggi muka air (t)	0,2 m	-
	Freeboard	0,06 m	30% dari (t)
	Bar	5 batang	Terbuat dari baja
	Panjang Batang (t')	0,12 m	-
	l' efektif	0,4 m	
	Ac' efektif	0,1 m	-
	Kecepatan (Vh')	2 m/dtk	( Sesuai kriteria $\geq 0,6 \text{ m/dtk}$ )
	Penurunan (Hv)	0,2 m	Penurunan air ketika melewati bar
	Headloos	0,06 m	( Sesuai kriteria $\leq 0,15 \text{ m}$ )
Diameter pipa (d)	0,1 m	Pipa inlet dan outlet	

## B. Bak Equalisasi

Bangunan ini berfungsi untuk mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh debit yang bervariasi dan berfungsi untuk menetralisasi, pendingin, dan memperkecil kandungan beban limbah sebelum masuk ke pengolahan biologis.

Kriteria desain bak equalisasi dapat dilihat pada Tabel 5.22 sebagai berikut :

**Tabel 5.22 Kriteria Desain Bangunan Bak Equalisasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Td (Waktu tinggal)	3-5	jam
Surface loading	20-50	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
P : L	2 : 1 - 6 : 1	-
P : H	3 : 1 - 5 : 1	-
Kedalaman (H)	1.5 - 3	m

(Sumber : Pedoman Teknis IPAL, 2011)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 4 jam (efisiensi removal 65% TSS)
- tinggi bak (h) : 3 m

Perhitungan :

a. Dimensi bak equalisasi

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{SL} \\ &= \frac{0,0477}{(80/86400)} \\ &= 51,52 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \left( A \times \frac{1}{2} \right)^{0,5} \\ &= \left( 51,52 \times \frac{1}{2} \right)^{0,5} \\ &= 5,1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 2 \times L \\ &= 2 \times 5,1 \text{ m} \\ &= 10,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{Td} \\ &= \frac{0,0477}{(4/3600)} = 42,93 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$H = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{51,52}{42,93} = 1,2 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak equalisasi yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.38 Spesifikasi Unit Bak Equalisasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bar Equalisasi (efisiensi removal 65% TSS)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	4 jam	-
	Tinggi (H)	1 m	-
	Freeboard	0,3 m	
	Panjang (p)	10 m	-
	Lebar (l)	5 m	-
	Luas (A)	52 m <sup>2</sup>	-
	Volume	43 m <sup>3</sup>	-
	Diameter pipa (d)	0,2 m	Pipa inlet dan outlet

### C. Bak Sedimentasi

Bangunan ini berfungsi untuk tempat terjadinya proses pengendapan partikel-partikel flokulen yang terbentuk dari proses pengendapan secara gravitasi. Kriteria desain bak sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut :

**Tabel 5.24 Kriteria Desain Bangunan Bak Sedimentasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Surface Loading	20 – 80	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Td	0.5 – 3	Jam
P : L	4 : 1 - 6 : 1	
P : H	5 : 1 - 20 : 1	
Nfr	< 10-5	
Nre	< 2000	
Kedalaman (H)	1.5 - 2.5	M
V inlet	0.2 - 0.5	m/detik
Tinggi air di V notch	0.03 - 0.05	M
Viskositas	0.9 - 10.6	
Weir loading	0.002 - 0.003	
Kadar lumpur	5 – 8	%
Slope bak lumpur	1 – 2	%
Tinggi Freeboard	> 0.3	M
V (suhu air 27c)	0,864*10 <sup>-6</sup>	

(sumber : Christopher dan Okun, 1991)

a. Direncanakan

- waktu detensi (td) : 90 menit (efisiensi removal 80% TSS, 30% BOD dan COD)

b. Dimensi bak sedimentasi

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{SL} \\ &= \frac{0,0477}{(80/86400)} \\ &= 51,52 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \left( A \times \frac{1}{6} \right)^{0,5} \\ &= \left( 51,52 \times \frac{1}{6} \right)^{0,5} \\ &= 2,93 \text{ m} \approx 2,9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 6 \times L \\ &= 6 \times 3,362 \\ &= 17,58 \text{ m} \approx 17,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek A desain} &= P \times L \\ &= 17,58 \times 2,93 \\ &= 51,52 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{T_d} \\ &= \frac{0,0477}{(1,5/3600)} \\ &= 144,48 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{V}{A} \\ &= \frac{144,48}{51,52} = 2,2 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Dimensi tube

$$\begin{aligned} \text{Tinggi ruang tube} &= P \text{ tube} \times \text{Sin}45^\circ \\ &= 1 \times \text{Sin}45^\circ \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{AB sebenarnya} &= \frac{w}{\sin 45^\circ} \\ &= \frac{0,025}{\sin 45^\circ} = 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal tube sebenarnya} &= \frac{\text{tebal tube}}{\sin 45^\circ} \\ &= \frac{0,0025}{\sin 45^\circ} \\ &= 0,0029 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_p &= \frac{[P - \cos 45 \times \text{panjang tube}]}{(2 \times \text{tebal tube}) + w} \\ &= \frac{[18 - \cos 45 \times 1]}{(2 \times 0,0025) + 0,025} \\ &= 576 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} nL &= \frac{L}{2 \times w} \\ &= \frac{2,9}{2 \times 0,025} \\ &= 58 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= n_p \times nL \\ &= 576 \times 59 = 33984 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{Q}{n \times (0,25 \times \pi \times w^2)} \\ &= \frac{0,0477}{33984 \times (0,25 \times 3,14 \times 0,025^2)} \\ &= 0,003 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{(0,25 \times 3,14 \times w^2) / (3,14 \times w)}{n} \\ &= \frac{(0,25 \times 3,14 \times 0,025^2) / (3,14 \times 0,025)}{33984} \\ &= 1,839 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{re} &= \frac{V_o \times R}{\nu} \\ &= \frac{0,003 \times 1,839 \times 10^{-7}}{0,000008039} \\ &= 0,00007 \text{ (laminer)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{fr} &= \frac{V_o^2}{g R} \\ &= \frac{0,003^2}{9,81 \times 1,839 \times 10^{-7}} = 6,52 \times 10^{-5} \text{ (stabil)} \end{aligned}$$

d. Zona lumpur

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis lumpur} &= \text{SS} \times 1000,035 \text{ gr/L} \\ &= 1,004 \times 1000,035 \text{ gr/L} \\ &= 1004,035 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

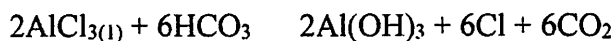
Lumpur yang dihasilkan :

$$\begin{aligned}\text{Presentase removal} &= 80\% \\ \text{Konsentrasi endapan} &= 80\% \times 56 \text{ mg/L} \\ &= 44,8 \text{ mg/L} \\ &= 0,0448 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat lumpur} &= Q_{\text{bak}} \times \text{konsentrasi endapan} \\ &= 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 0,0448 \text{ kg/m}^3 \times 86400 \text{ dtk/hari} \\ &= 184,63 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah PAC yang diperlukan untuk mengolah } 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= (0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 86400 \text{ dtk/hari} \times 40 \text{ mg/L} \times 1000) / 10^6 \\ &= 164,85 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Dengan reaksi :



$$\% \text{ Al}_2\text{O}_3 \text{ dalam PAC} = 10\%$$

$$\text{BM PAC} = 645 \text{ gr/mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Al dalam PAC} &= \frac{10\% \times 164,85 \text{ kg/hari} \times 1000 \text{ gr/kg}}{645 \text{ gr/mol}} \\ &= 25,56 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\text{Mol Al (OH)}_3 \text{ yang terbentuk} = 2 \times 25,56 \text{ mol} = 51,12 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat lumpur Al(OH)}_3 \text{ yang terbentuk} &= \text{mol} \times \text{BM Al(OH)}_3 \\ &= \frac{(51,12 \times 78)}{1000} = 3,9 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total lumpur} &= \text{berat lumpur} + \text{berat lumpur Al(OH)}_3 \\ &= 184,85 \text{ kg/hari} + 3,9 \text{ kg/hari} \\ &= 188,75 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur tiap bak} &= \frac{\text{berat lumpur}}{\% \text{lumpur} \times \text{bj lumpur}} \\ &= \frac{188,75}{2\% \times 1004,035} \\ &= 9,3 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dimensi ruang lumpur menggunakan limas terpancung

$$\begin{aligned} \text{Luas Atas (A1)} &= P_{\text{bak}} \times L_{\text{bak}} \\ &= 17,58 \times 2,93 \\ &= 51,52 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bawah (A2)} &= 75\% \times A1 \\ &= 75\% \times 51,52 \text{ m}^2 \\ &= 38,64 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang bak lumpur} = \frac{38,64}{2,93} = 13,2 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = P \times L \times H$$

$$9,3 \text{ m}^3 = 17,5 \times 2,92 \times H$$

$$H = 0,182 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang lumpur} &= \frac{1}{3} \times \text{tinggi} \times (A_1 + A_2 + ((A_1 + A_2)^{0,5})) \\ &= \frac{1}{3} \times 0,182 \times [51,1 + 38,325 + ((51,1 + 38,325)^{0,5})] \\ &= 5,99 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

e. Pengurasan zona lumpur

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur per hari}}{\text{volume ruang lumpur}} \\ &= \frac{9,3}{5,99} \\ &= 1,5 \text{ (Pengurasan dilakukan 1 kali sehari)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tekanan tersedia} &= \text{tinggi sedimentasi} + \text{tinggi penampang lumpur} \\ &= 2,2 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 2,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah pipa pengurasan adalah 2 buah, dengan jenis carbon steel

$$\text{Diameter} = 150 \text{ mm}$$

$$Cd = 0,14$$

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 0,15^2 = 0,018 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{\text{pipa}} &= C_d \times \sqrt{2xgxm} \\
 &= 0,14 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 2,44} \\
 &= 0,96 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{pipa}} &= A_{\text{pipa}} \times v_{\text{pipa}} \\
 &= 0,018 \text{ m}^2 \times 0,96 \text{ m/dtk} \\
 &= 0,02 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur tiap pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur}}{1} \\
 &= \frac{8,4}{1} \\
 &= 8,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lama pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur tiap pengurasan}}{Q} \\
 &= \frac{8,4}{0,02} \\
 &= 420 \text{ detik} = 7 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

f. Zona outlet

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{di outlet}} &= 0,0477 - \frac{8,4}{86400} \\
 &= 0,0476 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi air di v-notch} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran pelimpah} = 17,5 \text{ m}$$

Desain v-notch :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{1 gutter}} &= \frac{Q_{\text{outlet}}}{\Sigma_{\text{gutter}}} \\
 &= \frac{0,0476}{1} = 0,0476 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\text{Hair pada v-notch (ho)} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{T free board} = \frac{1}{2} \text{ ho} = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar muka air pada v-notch} &= 2 \times \text{ho} \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 2 \times 0,05 \text{ m} \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 0,16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar pintu v-notch} &= 2 \times (\text{ho} + \text{T freeboard}) \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 2 \times (0,05 \text{ m} + 0,025 \text{ m}) \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 0,24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ tiap v-notch} &= 1,38 \times (h_o)^{5/2} \\
 &= 1,38 \times (0,05 \text{ m})^{5/2} \\
 &= 0,00077 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah v-notch tiap gutter} &= \frac{Q_{\text{gutter}}}{Q \text{ tiap v notch}} \\
 &= \frac{0,0476}{0,00077} \\
 &= 62 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah v-notch di dua sisi gutter} &= \frac{62}{2} \\
 &= 31 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar v-notch} &= \frac{P - (\text{Lebar v-notch} \times \text{jumlah v-notch})}{\text{Jumlah v notch} - 1} \\
 &= \frac{17,5 - (0,24 \times 61)}{61 - 1} \\
 &= 0,048 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang gutter} &= (\Sigma \text{ v notch} \times L \text{ v notch}) + ((\Sigma \text{ v notch}-1) \times \text{jarak tiap v notch}) \\
 &= (61 \times 0,24 \text{ m}) + [(61-1) \times 0,048 \text{ m}] \\
 &= 17,52 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$B_p \text{ (lebar) asumsi} = 0,5 \text{ m}$$

$$Q_{\text{gutter}} = 2,49 \times B_p \times h_o^{3/2}$$

$$0,0476 = 2,49 \times 0,5 \times h_o^{3/2}$$

$$H_o = 0,1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi gutter (Hp)} &= H_o + 15\% H_o + \text{Tinggi air dalam v-notch} + \text{freeboard} \\
 &= 0,1 + (0,15 \times 0,1) + 0,05 + 0,025 \\
 &= 0,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$A = L \times H_{air} = 0,5 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 0,05 \text{ m}^2$$

$$v = Q / A = 0,0477 / 0,025 = 1,9 \text{ m/dtk}$$

kehilangan tekanan pada zona outlet :

$$n = 0,013$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(B_p \times H_p)}{(2H_p + B_p)} \\
 &= \frac{(0,5 \times 0,1187)}{(2 \times 0,1187) + 0,5)} \\
 &= 0,08 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$v = \frac{Q_{\text{gutter}}}{A_{\text{gutter}}}$$

$$= \frac{0,0476}{(0,5 \times 0,2)}$$

$$= 0,5 \text{ m/dtk}$$

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,5 = 1/0,013 \times (0,11 \text{ m})^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0,001$$

$$\text{Hl saluran} = S \times \text{panjang pipa}$$

$$= 0,001 \times 17,5 \text{ m}$$

$$= 0,018 \text{ m}$$

Saluran pengumpul :

Jumlah saluran pengumpul tiap bak adalah 1 buah

$$Q \text{ saluran pengumpul} = 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{Lebar saluran} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran} = L \text{ bak} = 2,9 \text{ m}$$

$$T_d = 10 \text{ dtk}$$

$$\text{Volume saluran} = Q \times t_d$$

$$= 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 10 \text{ dtk}$$

$$= 0,477 \text{ m}^3$$

$$\text{Tair pada saluran} = \frac{V_{\text{saluran}}}{A_{\text{saluran}}}$$

$$= \frac{0,477}{(0,5 \times 2,9)}$$

$$= 0,3 \text{ m}$$

Kehilangan tekanan pada zona outlet (Hl) :

$$n = 0,013$$

$$R = \frac{(T_{\text{air}} \times H)}{(2H + T_{\text{air}})}$$

$$= \frac{(0,3 \times 0,5)}{(2 \times 0,5 + 0,3)}$$

$$= 0,12$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,0477}{(0,3 \times 0,5)}$$

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

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,3 = 1/0,013 \times (0,187 \text{ m})^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0,0004$$

$$\text{Hl saluran} = S \times \text{panjang pipa}$$

$$= 0,0004 \times 2,9 \text{ m}$$

$$= 0,0001 \text{ m}$$

Pipa Outlet

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 0,21 \text{ m/dtk}$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = 0,5 \text{ m}$$

$$F = 0,02$$

$$\text{Luas pipa (A)} = Q/V = 0,0477/0,21 = 0,23 \text{ m}^2$$

$$A = 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$0,23 = 0,25 \times 3,14 \times d^2$$

$$d = 0,54 \text{ m}$$

$$A \text{ desain} = 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,5^2$$

$$= 0,2 \text{ m}^2$$

Cek kondisi aktual :

$$v \text{ actual} = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,0477}{(0,2)} = 0,24 \text{ m/detik}$$

$$F = 0,02$$

$$\text{Hl pipa outlet} = f \times (L/d) \times (v^2/2 \times g)$$

$$= 0,02 \times (0,5 / 0,54) \times [(0,24)^2 / (2 \times 9,81)]$$

$$= 5,44 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak sedimentasi yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.39 Spesifikasi Unit Bak Sedimentasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Sedimentasi (efisiensi removal 80% TSS, 30% BOD dan COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	1,5 jam	-
	Tinggi (H)	2 m	-
	Panjang (p)	18 m	-
	Lebar (l)	3 m	-
	Freeboard	0,5 m	-
	Luas (A)	52 m <sup>2</sup>	-
	Volume	145 m <sup>3</sup>	-
Dimensi Tube	Tinggi ruang tube	1 m	-
	Np	576 buah	-
	nL	59 buah	-
	n	33984 buah	-
	Vo	0,003 m/detik	-
	R	$1,839 \times 10^{-7}$	-
	Nre	0,00007	(laminer <2000)
Zona Lumpur	Nfr	$6,52 \times 10^{-5}$	(stabil > $10^{-5}$ )
	V	9,3 m <sup>3</sup> /hari	Tiap bak
	L Atas	52 m <sup>2</sup>	Bentuk Trapesium
	p	18 m	-
	l	3 m	-
	L Bawah	39 m <sup>2</sup>	Bentuk Trapesium
	p	13 m	-
	l	3 m	-
Zona Outlet	H	0,2 m	-
	Tinggi air	0,05 m	-
	Freeboard	0,03 m	-
	V	0,5 m <sup>3</sup>	-
	p	3 m	-
l	0,5 m	-	



#### D. Unit *Waste Water Garden*

Bangunan ini berfungsi untuk proses pereduksi polutan dengan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Tumbuhan akan menyerap nutrisi dalam air limbah tersebut, bersamaan dengan oksigen dan mikroorganisme yang terdapat dalam sistem WWG melenyapkan bakteri berbahaya / penyakit dalam air limbah yang tidak diolah. Kriteria desain bak Waste Waster Garden dapat dilihat pada Tabel 5.26 sebagai berikut:

**Tabel 5.26 Kriteria Desain Bangunan Bak *Waste Water Garden***

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Hydrolic Loading Rate	150–500	m <sup>3</sup> /ha/hri
Td	2–7	hari
P : L	3:1–5:1	m
Kedalaman Air	0,1–1	m
Frekuensi pemanenan	3–5	tahun
Kontrol nyamuk	-	Tidak perlu
Area	2,1–6,9	ha

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2001)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 2 hari (efisiensi removal 90% BOD dan 80% COD)

b. Volume bak WWG

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{T_d} \\ &= \frac{0,0477}{(2/86400)} \\ &= 2060,64 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Luas Permukaan bak WWG

$$\begin{aligned} A &= \frac{V}{H} \\ &= \frac{2060,64 \text{ m}^3}{3} \\ &= 686,88 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

d. Dimensi bak WWG

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 3 : 1$$

$$686,88 = 3L \times L$$

$$686,88 = (3L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{686,88}{3}}$$

$$L = 15,1 \text{ m} \quad P = 3L = 3(15,1) = 45,3 \text{ m}$$

e. Penggunaan Tanaman

1. Cattail

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 50 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 250 cm (Ria Merlita, 2014).

a. Perhitungan luas lahan

Luas lahan persegi panjang = panjang x lebar

$$= 15,1 \text{ m} \times 5 \text{ m}$$

$$= 75,9 \text{ m}$$

b. Perhitungan tanaman

$$= \frac{75,9 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} = 30 \text{ kg tanaman cattail}$$

2. Kala Lili

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 100 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 1000 cm (Ria Merlita, 2014).

a. Perhitungan luas lahan

Luas lahan persegi panjang = panjang x lebar

$$= 15,1 \text{ m} \times 5 \text{ m}$$

$$= 75,9 \text{ m}$$

b. Perhitungan tanaman

$$= \frac{75,9 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 8 \text{ kg tanaman kala lili}$$

### 3. Lotus

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 75 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 375 cm (Ria Merlita, 2014).

#### a. Perhitungan luas lahan

$$\begin{aligned}\text{Luas lahan persegi panjang} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= 15,1 \text{ m} \times 5 \text{ m} \\ &= 75,9 \text{ m}\end{aligned}$$

#### b. Perhitungan tanaman

$$= \frac{75,9 \text{ m}}{3,75 \text{ m}} = 20 \text{ kg tanaman lotus}$$

#### - Bak pengontrol

$$Q = 0,0477 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$T_d = 10 \text{ menit} = 600 \text{ detik}$$

$$\text{Kapasitas bak pengontrol} = 15\%$$

$$P : L = 1 : 1$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas bak pengontrol} &= 0,15 \times 0,0477 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,007 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= Q \cdot T_d \\ &= 0,007 \text{ m}^3/\text{det} \times 600 \text{ detik} \\ &= 4,3 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Asumsi Tinggi (H)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = P \times L \times H$$

$$4,3 = L^2 \times 1$$

$$L^2 = 4,3$$

$$L = 2,1 \text{ m}$$

$$P = 2,1 \text{ m}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak *Waste Water Garden* yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.40 Spesifikasi Unit Bak *Waste Water Garden***

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak <i>Waste Water Garden</i> (efisiensi removal 90% BOD dan 85% COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	2 hari	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Kedalaman Air	1 m	-
	Panjang (p)	45 m	-
	Lebar (l)	15 m	-
	Luas (A)	687 m <sup>2</sup>	-
	Volume	2061 m <sup>3</sup>	-
	Tebal media	2,5 m	-
Tanaman WWG	p	15 m	Cattail
	l	5 m	
	Berat	30 kg	
	P	15 m	Kalla Lili
	L	5 m	
	Berat	8 kg	
	P	15 m	Lotus
	L	5 m	
Berat	20 kg		
Bak Pengontrol	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	10 menit	-
	Tinggi (H)	1 m	-
	Lebar (l)	2 m	-
	Panjang (p)	2 m	-
	Luas (A)	4 m <sup>2</sup>	-
	Volume	4 m <sup>3</sup>	-

### E. Bak Filtrasi

Bangunan ini berfungsi untuk proses penyaringan ini zat padat tersuspensi dihilangkan pada waktu air melalui lapisan materi berbentuk butiran yang disebut media filter. Media filter seperti pasir, potongan bata, ijuk, tanah liat, kerikil, cadas, arang dan sebagainya. Kriteria desain bak Filtrasi dapat dilihat pada Tabel 4.28 sebagai berikut :

**Tabel 4.28 Kriteria Desain Bangunan Bak Filtrasi**

<b>Kriteria Desain</b>	
Kecepatan filtrasi ( $V_f$ )	8-12 $m^3/m^2/jam$
Tebal media pasir	60-80 cm
Tebal media penahan	18-30 cm
Td backwash	5-15 menit
Tinggi air di atas media	0,9-1,2 m
Jarak dasar gutter dengan atas media pasir saat ekspansi	20-30 cm
A orifice:A bak	(0,0015-0,005):1
A lateral:A orifice	(2-4):1
A manifold:A lateral	(1,5-3):1
Jarak antar orifice	7,5-30 cm
<b>Kriteria Desain</b>	
D orifice	0,6-2 cm
P:L	(1:2)
Kecepatan backwash ( $V_b$ )	(4-8) x $V_f$

(sumber : Christopher dan Okun, 1991)

a. Direncanakan :

Dimensi Bak

$$\begin{aligned} \text{Jumlah filter (n)} &= 12 \times Q^{1/2} \\ &= 12 \times (0,0477 \text{ m}^3/\text{dtik})^{1/2} = 3 \text{ filter} \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi } V_f = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}/\text{dtk}$$

$$\text{A filtrasi total} = \frac{Q}{V_f} = \frac{0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk}}{2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{dtk}} = 17 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek kecepatan filtrasi tiap bak} &= \frac{0,0477 \text{ m}^3 / dt}{17 \text{ m}^2} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} / dt. \\
 &= 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m} / dt \times \frac{3600 \text{ dt}}{\text{jam}} \\
 &= 10,08 \text{ m} / \text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{A tiap filtrasi} = \frac{23,8 \text{ m}^2}{3} = 7,9 \text{ m}^2$$

$$\text{P : L} = 2 : 1$$

$$\text{A} = \text{P} \times \text{L}$$

$$7,9 \text{ m}^2 = 2\text{L}^2$$

$$\text{L}^2 = 3,9$$

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

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

$$\text{P} = 1,9 \times 2 \text{ m} = 3,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{A filtrasi sebenarnya} &= \text{P} \times \text{L} \\
 &= 3,8 \text{ m} \times 1,9 = 7,22 \text{ m}^2 \approx 7,2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi Bak Filtrasi (H)} &= 1,5 \times \text{L desain} \\
 &= 2,85 \text{ m} \approx 2,9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### b. Dimensi Underdrain

Lubang Orifice

$$\text{A orifice : A bak} = 0,0015 : 1$$

$$\phi \text{ orifice} = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$\text{A orifice} = 0,0015 \times 8 \text{ m} = 0,012 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{A tiap orifice} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,02 \text{ m})^2 = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah orifice} &= \frac{\text{A orifice}}{\text{A tiap orifice}} = \frac{0,012 \text{ m}^2}{3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \\
 &= 38,22 \text{ lubang} = 38 \text{ lubang}
 \end{aligned}$$

#### c. Lateral

$$\text{A lateral : A orifice} = 2 : 1$$

$$\text{Jarak antar lateral} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Jarak lateral ke dinding} = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{A lateral total} &= 2 \times \text{A orifice} \\ &= 2 \times 0,012 \text{ m}^2 \\ &= 0,024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang manifold} &= \text{panjang bak} - \text{jarak lateral ke dinding} \\ &= 3,8 \text{ m} - 0,25 \text{ m} \\ &= 3,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lateral} &= \frac{\text{Panjang manifold}}{\text{Jarak antar lateral}} \times 2 \\ &= \frac{3,5 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} \times 2 = 23 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Orifice untuk 1 lateral} = \frac{\text{Jumlah orifice}}{\text{Jumlah Lateral}} = \frac{38}{23} = 1,6 \approx 2 \text{ lubang}$$

$$\text{A tiap lateral} = \frac{\text{A lateral total}}{\text{Jumlah lateral}} = \frac{0,024 \text{ m}^2}{23} = 0,001 \text{ m}^2$$

$$\text{A lateral} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$0,024 \text{ m} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{0,024 \times 4}{3,14}}$$

$$= 0,175 \text{ m} = 175 \text{ mm}$$

#### d. Manifold

$$\text{A manifold : A lateral} = 2 : 1$$

$$\text{A manifold} = 2 \times 0,024 \text{ m}^2 = 0,048 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$D = \sqrt{\frac{0,048 \times 4}{3,14}} = 0,247 \text{ m} = 247 \text{ mm}$$

Panjang lateral tiap sisi (L)

$$= L - (2 \times \text{jarak lateral ke dinding}) - \theta \text{ manifold}$$

$$= 1,9 \text{ m} - (2 \times 0,25 \text{ m}) - 0,247 \text{ m}$$

$$= 1,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar orifice} &= \frac{P_{\text{lateral}} (3 \times \theta_{\text{orifice}})}{3} \\ &= \frac{1,2 \text{ m} \times 3 \times 0,02 \text{ m}}{3} = 0,024 \text{ m} \end{aligned}$$

e.  $H_L$  Underdrain

$$Q \text{ tiap bak} = \frac{0,0477 \text{ m}^3 / \text{dtk}}{3} = 0,0159 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

- Orifice

$$Q \text{ orifice} = \frac{Q \text{ tiap bak}}{n \text{ orifice}} = \frac{0,0159}{38} = 0,0004 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

$$V \text{ orifice} = \frac{Q_{\text{orifice}}}{A_{\text{orifice}}} = \frac{0,0004 \text{ m}^3 / \text{dtk}}{0,012 \text{ m}^2} = 0,03 \text{ m} / \text{dtk}$$

$$H_L \text{ orifice} = \frac{1,7 \times V^2}{2 \cdot g} = \frac{1,7 \times (0,03)^2 \text{ m} / \text{dtk}}{2 \times 9,81} = 0,00008 \text{ m}$$

- Lateral

$$\text{Kekasaran pipa (f)} = 0,025$$

$$Q \text{ lateral} = \frac{Q \text{ tiap bak}}{n \text{ lateral}} = \frac{0,0159}{23} = 0,0007 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

$$V \text{ lateral} = \frac{Q \text{ tiap lateral}}{A \text{ lateral}} = \frac{0,0007 \text{ m}^3 / \text{dtk}}{0,024 \text{ m}^2} = 0,03 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ lateral} &= \frac{1}{3} \times \frac{L}{D} \times f \times \frac{V^2}{29} \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{1,2}{0,175} \times 0,025 \times \frac{(0,03)^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,000003 \text{ m} \end{aligned}$$

- Manifold

$$Q \text{ manifold} = \frac{Q \text{ tiap bak}}{n \text{ manifold}} = \frac{0,0159}{1} = 0,0159 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

$$V \text{ manifold} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0159}{0,048} = 0,3 \text{ m} / \text{dtk}$$



$$\begin{aligned}
 H_L \text{ manifold} &= \frac{1}{3} x \frac{L}{D} x f x \frac{V^2}{2g} \\
 &= \frac{1}{3} x \frac{3,5}{0,247} x 0,025 x \frac{(0,3)^2}{2 x 9,81} \\
 &= 0,0008 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_L \text{ underdrain} &= H_L \text{ Orifice} + H_L \text{ lateral} + H_L \text{ manifold} \\
 &= 0,00008 \text{ m} + 0,000003 \text{ m} + 0,0008 \text{ m} \\
 &= 0,002 \text{ m}
 \end{aligned}$$

f. Penyaringan

Terdapat 2 jenis media penyaring (pasir dan arang bambu) dan 1 jenis media penyangga (kerikil atau *gravel*).

- Media Pasir

Pasir  $N_{re} < 5$

$$\text{Porositas awal } (f) = 0,4$$

$$\text{Tebal pasir} = 70 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter } (d) = 0,8 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas } (v) = 0,000008039 \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$\text{Kecepatan Filtasi } (V_f) = 0,00278 \text{ m/dtk}$$

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= \frac{1}{(1-f)} x \frac{V_f x d}{w} \\
 &= \frac{1}{(1-0,4)} x \frac{(2,78 x 10^{-3}) x (0,8 \cdot 10^{-3})}{0,000008039} = 0,16
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_L &= 180 x \frac{w}{g} x \frac{(1-f)^2}{f^3} x \frac{V_s}{D^2} x L \\
 &= 180 x \frac{0,000008039}{9,81} x \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} x \frac{2,78 x 10^{-3}}{(0,8 \cdot 10^{-3})^2} x 0,7 \\
 &= 0,212 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Media Arang Bambu

Arang bambu  $N_{re} < 5$

Porositas awal ( $f$ ) = 0,4

Tebal pasir = 70 cm

Diameter ( $d$ ) = 0,001 m

Viskositas ( $\nu$ ) = 0,000008039 m<sup>2</sup>/detik

Kecepatan Filtasi ( $V_f$ ) = 0,00278 m/dtk

$$N_{re} = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{V_f \times d}{\nu}$$

$$= \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{(2,78 \times 10^{-3}) \times (1 \times 10^{-3})}{0,000008039} = 0,207$$

$$H_L = 180 \times \frac{\nu}{g} \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \frac{V_s}{D^2} \times L$$

$$= 180 \times \frac{0,000008039}{9,81} \times \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} \times \frac{2,78 \times 10^{-3}}{(1 \times 10^{-3})^2} \times 0,7 = 0,136 \text{ m}$$

- Media Penyangga Kerikil

Kerikil  $N_{re} < 5$

Porositas awal ( $f$ ) = 0,4

Tebal pasir = 30 cm

Diameter ( $d$ ) = 0,003 m

Viskositas ( $\nu$ ) = 0,000008039 m<sup>2</sup>/detik

Kecepatan Filtasi ( $V_f$ ) = 0,00278 m/dtk

$$N_{re} = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{V_f \times d}{\nu}$$

$$= \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{(2,78 \times 10^{-3}) \times (3 \times 10^{-3})}{0,000008039} = 1,7 \text{ m}$$

$$H_L = 180 \times \frac{\nu}{g} \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \frac{V_s}{D^2} \times L$$

$$= 180 \times \frac{0,000008039}{9,81} \times \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} \times \frac{2,78 \times 10^{-3}}{(3 \times 10^{-3})^2} \times 0,3 = 0,0064 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_L \text{ media} &= H_L \text{ pasir} + H_L \text{ arang bambu} + H_L \text{ kerikil} \\
 &= 0,21 \text{ m} + 0,136 \text{ m} + 0,0064 \text{ m} \\
 &= 0,355 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi muka air >  $H_L$  total

$$\begin{aligned}
 H_L \text{ total} &= H_L \text{ media} + H_L \text{ under drain} \\
 &= 0,355 \text{ m} + 0,124 \text{ m} \\
 &= 0,479 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka tinggi air = 1 m

$$\begin{aligned}
 H_{\max} &= \text{Tinggi muka air} + H_L \text{ total} \\
 &= 1 \text{ m} + 0,479 \text{ m} \\
 &= 1,479 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Back Wash

$$\begin{aligned}
 V \text{ back wash} &= 4 \times V_s \\
 &= 4 \times 0,00278 \text{ m/dtk} \\
 &= 0,112 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

- Media Pasir

Tebal pasir = 70 cm

$$\rho_w = 995 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

Porositas akhir filtrasi ( $f^l$ ) artinya kedalaman di mana penyaringan mulai tersumbat.

$$\begin{aligned}
 f^l &= 2,95 \times \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} \times \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} \times \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\
 &= 2,95 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,2)}} \times \frac{995 \text{ kg/m}^3}{2650 - 995 \text{ kg/m}^3} \times \frac{2,8 \cdot 10^{-3(1/3)}}{8 \times 10^{-4(1/2)}} \\
 &= 0,90 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,7 \text{ m}}{0,7 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,7 \text{ m} = 0,14$$

$$L_e = 0,14 + 0,7$$

$$L_e = 0,84 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e)_2 L_e = (1 - f_e) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) 0,84 \text{ m} = (1 - 0,90 \text{ m}) \cdot 0,7 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,08 \text{ m}$$

$$f_e = 0,91 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ pasir} &= 130 \times \frac{w^{0,8}}{9,81} \times \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} \times \frac{f_{bw}^{1,2}}{d^{1,8}} \times L_e \\ &= 130 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(0,8)}}{9,81} \times \frac{(1 - 0,91)^2}{0,91^3} \times \frac{0,01^{(1,2)}}{0,8 \times 10^{-3(1,8)}} \times 0,84 \\ &= 0,084 \text{ m} \end{aligned}$$

- Media Arang Bambu

$\theta$  arang bambu = 1 mm

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_w = 995 \text{ kg/m}^3$$

Tebal arang bambu = 70 cm

Porositas akhir ( $f^l$ )

$$\begin{aligned} f^l &= 2,95 \times \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} \times \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} \times \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\ &= 2,95 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,6)}} \times \frac{995}{2650 - 995} \times \frac{2,78 \times 10^{-3(1/3)}}{1,10^{-3(1/2)}} \\ &= 0,806 \text{ m} \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,7 \text{ m}}{0,7 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,7 \text{ m} = 0,14$$

$$L_e = 0,14 + 0,7$$

$$L_e = 0,84 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e)_2 L_e = (1 - f^1) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) 0,84 \text{ m} = (1 - 0,806 \text{ m}) \cdot 0,7 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,16 \text{ m}$$

$$f_e = 0,838 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ arang bambu} &= 130 \times \frac{w^{0,8}}{9} \times \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} \times \frac{f_{bw}^{1,2}}{D^{1,8}} \times L_e \\ &= 130 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(0,8)}}{9,81} \times \frac{(1 - 0,838)^2}{0,838^3} \times \frac{0,01^{(1,2)}}{1 \times 10^{-3(1,8)}} \times 0,84 \\ &= 0,016 \text{ m} \end{aligned}$$

- Media Penyangga Kerikil

$$\theta \text{ kerikil} = 3 \text{ mm}$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Tebal kerikil} = 30 \text{ cm}$$

Porositas akhir ( $f^1$ )

$$\begin{aligned} f^1 &= 2,95 \times \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} \times \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} \times \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\ &= 2,95 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,6)}} \times \frac{995}{2650 - 995} \times \frac{0,00278^{(1/3)}}{3 \times 10^{-3(1/2)}} \\ &= 0,46 \text{ m} \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,3 \text{ m}}{0,3 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,3 \text{ m} = 0,15$$

$$L_e = 0,15 + 0,3$$

$$L_e = 0,36 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1-f_e)_2 L_e = (1-f^e) \cdot L_o$$

$$(1-f_e) 0,36 \text{ m} = (1-0,46 \text{ m}) \cdot 0,3 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,45 \text{ m}$$

$$f_e = 0,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ kerikil} &= 130x \frac{w^{0,8}}{9} x \frac{(1-f_e)^2}{f_e^3} x \frac{f_{bw}^{1,2}}{D^{1,8}} x L_e \\ &= 130x \frac{0,995x10^{-6(0,8)}}{9,81} x \frac{(1-0,55)^2}{0,55^3} x \frac{0,01^{(1,2)}}{3x10^{-3(1,8)}} x 0,3 \\ &= 0,002 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ Total Backwash} &= H_L \text{ pasir} + H_L \text{ arang bambu} + H_L \text{ kerikil} \\ &= 0,008 \text{ m} + 0,016 \text{ m} + 0,002 \text{ m} \\ &= 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

h. Saluran Outlet

$$\text{Kecepatan Filtrasi Tiap Bak (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0159}{7,9} = 0,002 \text{ m/dtk}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Outlet} &= \text{Diameter Manifold} \\ &= 0,247 \text{ m} = 247 \text{ mm} \end{aligned}$$

i. Volume *backwash*

Waktu pencucian filter (*backwash*) 15 menit

$$\text{Volume } backwash = Q \times t = 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 900 \text{ dtk} = 42,9 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

j. Perencanaan gutter

Gutter merupakan saluran yang digunakan untuk membawa aliran saat terjadi backwash dan filtrasi. Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 2 bak filtrasi, namun tidak digunakan secara bersamaan.

a. Gutter untuk backwash

Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi, namun tidak digunakan secara bersamaan.

$$\text{Volume air backwash (V)} = 42,9 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{V}{H} \\ &= \frac{42,9 \text{ m}^3}{1} \\ &= 42,9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$42,9 = 2L \times L$$

$$42,9 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{42,9}{2}}$$

$$L = 4,6 \text{ m} \quad P = 2L = 2(4,6) = 9,2 \text{ m}$$

b. Gutter untuk filtrasi

Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi.

$$Q_{\text{filtrasi}} = 0,0477 \text{ m}^3/\text{dt} \times 2 = 0,1 \text{ m}^3/\text{dt}.$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = 5 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ detik}}{\text{menit}} = 300 \text{ detik}.$$

$$V_{\text{gutter}} = Q_{\text{filtrasi}} \times \text{td} = 0,1 \text{ m}^3/\text{dt} \times 300 \text{ detik} = 30 \text{ m}^3.$$

$$v_{\text{manifold}} = 1,2 \text{ m}/\text{dt} \times 2 = 2,4 \text{ m}/\text{dt}.$$

$$A_{\text{gutter}} = \frac{Q_{\text{filtrasi}}}{v_{\text{manifold}}} = \frac{0,1 \text{ m}^3 / \text{dt}}{2,4 \text{ m} / \text{dt}} = 0,04 \text{ m}^2$$

Direncanakan  $H_{\text{gutter}} = 0,2 \text{ m}$ .

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$0,04 = 2L \times L$$

$$0,4 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{0,4}{2}}$$

$$L = 0,1 \text{ m} \quad P = 2L = 2(0,1) = 0,2 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak desinfektan yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.41 Spesifikasi Unit Bak Filtrasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Filtrasi (efisiensi removal 80% TSS, 50% BOD dan COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Panjang (p)	4 m	-
	Lebar (l)	2 m	-
	Tinggi (h)	3 m	-
	Debit (Q)	0,0477 m <sup>3</sup> /dtk	-
	Volume (V)	10,08 m <sup>3</sup> /jam	-
Media Pasir	Tebal	70 cm	-
	Diameter	0,8 mm	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	0,16	-
	Ekspansi pasir	0,91 m	-
	Headloss	0,21 m	-
Media Arang Bambu	Tebal	70 cm	-
	Diameter	0,001 m	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	0,21	-
	Ekspansi arang bambu	0,84 m	-
	Headloss	0,14 m	-
Media Penyangga (Kerikil)	Tebal	30 cm	-
	Diameter	0,003 m	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	1,7	-



	Ekspansi penyangga kerikil	0,6 m	-
	Headloss	0,0064 m	
Lubang Orifice	Diameter	0,02 m	-
	A tiap orifice	$3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	-
	Jumlah lubang	38 lubang	-
Pipa Manifold	A manifold	0,048 m <sup>2</sup>	-
	Diameter	247 mm	-
	Panjang	4 m	-
	Jarak	0,023 m	-
Pipa Lateral	Jumlah total pipa lateral	23 buah	-
	Jarak antar pipa lateral	0,3 m	-
	Panjang	1 m	-
	Diameter	175 mm	-
	Orifice untuk 1 lateral	2 lubang	-
	A tiap lateral	0,0001 m <sup>2</sup>	-
Gutter Backwash	Panjang (p)	9 m	Digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi
	Lebar (l)	5 m	
	Tinggi (h)	1 m	
Gutter Filtrasi	Panjang (p)	0,2 m	Digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi
	Lebar (l)	0,1 m	
	Tinggi (h)	0,2 m	

#### E. Bak Khlorinasi

Bangunan ini berfungsi untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah. Kriteria desain bak khlorinasi dapat dilihat pada Tabel 5.30 sebagai berikut :

**Tabel 5.30 Kriteria desain Bangunan Bak Khlorinasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
P : L	2 : 1 – 6 : 1	m
P : H	3 : 1 – 5 : 1	m
Kedalaman (H)	1.5 – 3	m
Gas Klor (Cl <sub>2</sub> )	>99	%
Sodium Hipoklorit (NaOCl)	>15	%
Kaporit mengandung Klor	60-70	%

(Sumber : SNI 6774:2008)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 15 menit (efisiensi removal 100% *E.Coli*)

- Tinggi (h) : 3 m

b. Volume Bak

$$V \text{ bak} = Q \times t_d$$

$$= 0,0477 \text{ m}^3/\text{det} \times 15 \text{ mnt} \times 60 \text{ dtk/mnt}$$

$$= 42,93 \text{ m}^3 \text{ (direncanakan } h = 3 \text{ m)}$$

$$\text{Luas} = \frac{V}{h}$$

$$= \frac{42,93}{3} = 14,31 \text{ m}^2$$

c. Dimensi bak

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$14,31 = 2L \times L$$

$$14,31 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{14,31}{2}}$$

$$L = 2,8 \text{ m} \quad P = 2L = 2(2,8) = 5,6 \text{ m}$$

Dibutuhkan :

Kaporit yang mengandung klor = 60%

Konsentrasi yang diinginkan = 5%

Dosis klor = 1,3 mg/L

Berat jenis = 1,2 kg/L

Q = 47,7 L/detik

- Kebutuhan klor = 47,7 L/detik  $\times$  1,3 mg/L

$$= 62,01 \text{ mg/detik} = 5,4 \text{ kg/hari}$$

- Kebutuhan klor per bulan = 30 hari  $\times$  5,4 kg/hari = 162 kg/bulan

- Volume klor =  $\frac{\text{kebutuhan klor 1 hari}}{\text{berat jenis klor}}$

$$= \frac{5,4 \text{ kg/hari}}{1,2 \text{ kg/L}} = 4,5 \text{ L/hari} = 0,0045 \text{ m}^3/\text{hari}$$

d. Bak pengaduk chlor

$$V_{\text{Ca (OCl)}_2} = \frac{\text{kebutuhan Ca (OCl)}_2}{\rho \cdot \text{Ca (OCl)}_2} = \frac{8,04 \text{ kg/hari}}{1,2 \text{ kg/L}}$$
$$= 4,5 \text{ L/hari} = 0,0045 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Bila pelarut setiap satu hari, maka volume bak pengaduk khlor 0,0045 m<sup>3</sup>/hari.

Volume pelarut (air) untuk chlorine 10 %

$$V_p = \frac{0,9}{0,1} \times 0,0045 \text{ m}^3$$
$$= 0,04 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume pengaduk Klorinasi = 0,04 + 0,0045 = 0,04 m<sup>3</sup>/hari

e. Dimensi bak pengaduk Klorin, berbentuk Persegi panjang (direncanakan h = 0,2 m)

Mencari luasan bak

$$A = \frac{V}{H} = \frac{0,04 \text{ m}^3}{0,2 \text{ m}} = 0,2 \text{ m}^2$$

$$A = P \times L \longrightarrow P = 2L$$
$$= 2L \times L$$

$$0,2 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L = 0,3 \text{ m} \longrightarrow P = 2 \times 0,3 \text{ m} = 0,6 \text{ m}$$

Direncanakan, bak Pengaduk menggunakan *baffle perforated*, dengan diameter lubang sebesar 0,05 m

Luas Permukaan baffle

$$A_{\text{baffle}} = 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$$
$$= 0,04 \text{ m}^2$$

Luas Tiap Lubang

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$
$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,05^2$$
$$= 0,002 \text{ m}^2$$

Luas Total Lubang

$$\begin{aligned} A &= 50\% \times 0,04 \text{ m}^2 \\ &= 0,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Lubang (n)

$$n = \frac{A_{tot}}{A_{lub}} = \frac{0,02 \text{ m}^2}{0,002 \text{ m}^2} = 10 \text{ lubang}$$

Jarak Antar Lubang

- Horizontal

Direncanakan terdapat 3 baris, dengan  $H = 1 \text{ m}$

$$d_{lubang} \times n = 0,05 \text{ m} \times 10 = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar lubang} = \frac{1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}}{10 + 1} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

- Vertikal

$$n = 3$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$d_{lubang} \times n = 0,05 \text{ m} \times 3 = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar lubang} = \frac{0,5 \text{ m} - 0,15 \text{ m}}{3 + 1} = 0,09 \text{ m} = 9 \text{ cm}$$

Debit Tiap Lubang

$$Q_{lubang} = \frac{0,0477 \text{ m}^3 / \text{dtk}}{3} = 0,02 \text{ m}^3 / \text{dtk}$$

Berikut tabel desain unit bak desinfektan yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.42 Spesifikasi Unit Bak Klorinasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Klorinasi (efisiensi removal 100% <i>E.Coli</i> )	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Td	15 menit	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	6 m	-
	Lebar (l)	3 m	-
	Luas (A)	14 m <sup>2</sup>	-
	Volume	43 m <sup>3</sup>	-
Bak Pengaduk Klor	Dinding bak	Tebal 0,1 m	Terbuat dari beton
	Tinggi (H)	0,2 m	-
	Panjang (p)	1 m	-
	Lebar (l)	0,3 m	-
	Luas (A)	0,2 m <sup>2</sup>	-
	Volume	0,04 m <sup>3</sup> /hari	-
	Kebutuhan Klor	5,4 kg/hari	-
	A baffle	0,2 m × 0,2 m	-
	Jumlah lubang	10	buah
	Q lubang	0,02 m <sup>3</sup> /dtk	-

#### F. Kolam Indikator

Ikan digunakan sebagai bioindikator terhadap tingkat pemulihan kualitas air melalui proses pengolahan. Jenis ikan yang digunakan sebagai indikator adalah ikan emas, nila dan gurame. Jika ikan yang dijadikan indikator mati, maka hal itu menunjukkan bahwa kualitas air limbah masih kurang baik. Kriteria desain kolam indikator dapat dilihat pada Tabel 5.32 sebagai berikut :

**Tabel 5.32 Kriteria Desain Bangunan Kolam Indikator**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Td (Waktu tinggal)	0,5-3	jam
P : L	2 : 1 - 6 : 1	-
P : H	3 : 1 - 5 : 1	-
Kedalaman (H)	1.5 - 3	m
freeboard	<0,3	m

(Sumber : Pedoman Teknis IPAL, 2011)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 30 menit

- tinggi bak (h) : 3 m

Perhitungan :

b. Volume bak pengumpul

$$V = Q \cdot td$$

$$= 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 30 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ dtk}}{1 \text{ menit}}$$

$$= 85,86 \text{ m}^3$$

c. Luas bak pengumpul

$$A = \frac{\text{volume}}{h} = \frac{85,86 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$

$$= 28,62 \text{ m}^2$$

d. Dimensi bak

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$28,62 = 2L \times L$$

$$28,62 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{28,62}{2}}$$

$$L = 3,8 \text{ m} \quad P = 2L = 2(3,8) = 7,6 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit kolam indikator yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.43 Spesifikasi Unit Kolam Indikator**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Kolam Indikator	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	30 menit	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	8 m	-
	Lebar (l)	4 m	-
	Luas (A)	29 m <sup>2</sup>	-
	Volume	86 m <sup>3</sup>	-

### G. Sludge Drying Bed

Sludge drying bed berfungsi untuk menampung lumpur pengolahan baik dari proses kimia maupun proses biologi. dan memisahkan lumpur yang bercampur dengan air dengan cara proses penguapan menggunakan energi penyinaran matahari. Kriteria desain sludge drying bed dapat dilihat pada Tabel 5.34 sebagai berikut :

**Tabel 5.34 Kriteria Desain Bangunan Sludge Drying Bed**

No	Parameter	Satuan	Besaran
1	Tebal lapisan lumpur	mm	200 – 300
2	P : L	m	2 : 1 – 6 : 1
3	Tebal lapisan media pasir	mm	230 – 300
4	Tebal lapisan gravel	mm	150 – 300
5	Uniformity Coefficien		$\leq 4$
6	Effective Size	mm	0,3 – 0,75
7	Slope lateral drainage line	%	$> 1\%$
8	Jarak antar lateral line	mm	2,5 – 6
9	Kecepatan dalam pipa	m/s	$\leq 0,75$
10	Waktu pengeringan	hari	5 – 15
11	Kelembaban/moisture lumpur	%	$\pm 60$
12	Sludge loading rate	kg/m <sup>2</sup> .th	58,5 – 97,6

(Sumber : Qosim, Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, 1985)

Direncanakan :

- Tebal lapisan media = 450 mm
- Tebal cake di bed = 0,5
- Waktu pengeringan = 5 hari

Kondisi lumpur yang keluar dari unit pengolahan Bak sedimentasi :

- Kadar air = 90%
- Kadar solid = 10%
- Volume Lumpur Total = 9,3 m<sup>3</sup>/hari

- Media :    Lapisan pasir            fine sand            =150 mm  
    coarse sand            =75 mm  
                                  Lapisan kerikil           fine gravel            =75 mm  
    medium gravel        =75 mm  
    coarse gravel        = 75 mm  
                                  ketebalan total media            = 450 mm

- Kadar air pada cake sludge = 75 %
- Tebal (kedalaman) cake sludge = 0,3 m
- Menggunakan 1 unit sludge drying bed yang tiap unit terdiri dari 2 cell

- Volume cake dari solid (  $V_i$  ) =  $\frac{V_{Total}(1-P)}{1-P_i}$   
 $= \frac{9,3 (1-0,9)}{1-0,75}$   
 $= 3,7 \text{ m}^3/\text{hari}$

- Volume cake kering cell                            = 3,7 m<sup>3</sup>
- Volume cake kering bed (2 cell)                = 2 x 3,7 m<sup>3</sup> = 7,4 m<sup>3</sup>
- Luas permukaan cell =  $\frac{7,4 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}} = 24,8 \text{ m}^2$

Maka :

- Perbandingan p : l = 1,5 : 1
- A = 1,5 l x l  
 $24,8 \text{ m}^2 = 1,5 l^2$   
 $l = 4,1$
- Lebar = 4,1 m
- Panjang = 1,5 x 4,1 = 6,2 m

- Volume bed = 9,3 m<sup>3</sup>/hr x 5 hari = 46,5 m<sup>3</sup>
- Kedalaman air =  $\frac{(46,5 - 0,3) \text{ m}^3}{(5 \times 6,2 \text{ m}) \times (2 \times 4,1 \text{ m})} = 0,2 \text{ m}$

Sehingga :

Dimensi cell :    P = 6,2 m            Kedalaman = 0,2 m  
    L = 4,1 m



Dimensi bed :  $P = 5 \times 6,2 \text{ m} = 31 \text{ m}$   
 $L = 2 \times 4,1 \text{ m} = 8,2 \text{ m}$   
 Kedalaman =  $0,45 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 1 \text{ m}$   
 Free board =  $30\% \times 1 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$

- Underdrain

Berfungsi untuk menampung dan mengeluarkan air dari lumpur.

- Terletak di bawah lapisan kerikil (media).
- Underdrain berupa pipa dengan lubang perforasi
- Vol.air/hari =  $V.\text{sludge} \times 90\% - V.\text{Lumpur kering} \times 60\%$   
 $= 9,3 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,9 - 7,4 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,6$   
 $= 3,9 \text{ m}^3/\text{hr}$

- Direncanakan Kecepatan air dalam pipa =  $0,3 \text{ m/dt}$

- Luas Pipa  $= \frac{3,9 \text{ m}^3 / \text{hr}}{0,3 \text{ m} / \text{dt} \times 86400 \text{ dt} / \text{hr}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

- Diameter Pipa  $= \sqrt{\frac{4 \times 1,5 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 0,013 \text{ m} \sim 13 \text{ mm}$

- Pipa Inlet

Direncanakan kecepatan pada pipa =  $0,6 \text{ m/dt}$

Luas Pipa  $= \frac{3,9 \text{ m}^3 / \text{hr}}{0,6 \text{ m} / \text{dt} \times 86400 \text{ dt} / \text{hr}} = 7,52 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$

Diameter Pipa  $= \sqrt{\frac{4 \times 7,52 \cdot 10^{-5}}{3,14}} = 0,01 \text{ m} \sim 10 \text{ mm}$

Berikut tabel desain unit sludge drying bed yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.44 Spesifikasi Unit Sludge Drying Bed**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak sludge drying bed	Dinding bak	Tebal 0,3 m	Terbuat dari beton
	Waktu pengeringan	5 hari	-
	Kedalaman	1m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	31 m	-
	Lebar (l)	8 m	-
	Volume	47 m <sup>3</sup>	-
Media	<i>fine sand</i>	155 mm	-
	<i>coarse sand</i>	150 mm	-
	<i>fine gravel</i>	75 mm	-
	<i>medium gravel</i>	75 mm	-
	<i>coarse gravel</i>	75 mm	-
Dimensi Cell	Panjang (p)	6 m	
	Lebar (l)	4 m	
	Kedalaman	1 m	
Underdrain	Volume air	3,9 m <sup>3</sup> /hr	-
	Luas pipa	1,5.10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>	-
	Diameter pipa	13 mm	-
	Kecepatan air dalam pipa	0,3 m/dt	-
Pipa inlet	Kecepatan air dalam pipa	0,6 m/dt	-
	Luas pipa	7,52.10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup>	-
	Diameter pipa	10 mm	-

Lumpur yang terdapat di sludge drying bed ini akan dimanfaatkan sebagai kompos. Pembuatan kompos dilakukan yaitu dengan cara pengeringan lumpur dikeringkan terlebih dahulu di bawah matahari terik untuk menghilangkan kandungan air pada lumpur. Proses pengeringan lumpur dapat membutuhkan waktu yang cukup lama hingga mengering. Setelah lumpur mengering kemudian dilakukan penambahan serbuk gergaji atau sekam pada limbah lumpur sisa pengolahan untuk menjadi kompos. Banyaknya sekam atau serbuk gergaji yang dibutuhkan tergantung dari banyaknya lumpur yang akan dijadikan kompos. Pencampuran ini berfungsi agar lumpur lebih padat serta menambah unsur hara pada kompos. Kemudian kompos dapat digunakan sebagai pupuk tanaman di sekitar area IPAL.

## 5.6. Profil Hidrolis

### 5.6.2. Profil Hidrolis Zona 2

#### a. *Bar screen* menuju bak equalisasi

$$Q = 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 1 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0477}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,5 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned} - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\ &= 0,026 \times \frac{1}{0,2} \times \frac{1,5^2}{(2 \times 9,81)} \\ &= 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

#### b. Bak equalisasi menuju bak sedimentasi

$$Q = 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0477}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,5 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned} - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\ &= 0,026 \times \frac{2}{0,2} \times \frac{1,5^2}{(2 \times 9,81)} \\ &= 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

#### c. Bak Sedimentasi menuju bak *waste water garden*

$$Q = 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

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

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0477}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,5 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{1,5}{0,2} \times \frac{1,5^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**d. Bak waste water garden menuju bak filtrasi**

$$Q = 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

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

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0477}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,5 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{2,5}{0,2} \times \frac{1,5^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,04 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**e. Bak filtrasi menuju bak klorinasi**

$$Q = 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 1 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0477}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,5 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{1}{0,2} \times \frac{1,5^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**f. Bak klorinasi menuju kolam indikator**

$$Q = 0,0477 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 3 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0477}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,5 \text{ m / dtk}$$

$$- H_L = f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g$$

$$= 0,026 \times \frac{3}{0,2} \times \frac{1,5^2}{(2 \times 9,81)}$$

$$= 0,05 \text{ m}$$

**Tabel 5.45 Kehilangan Tekanan**

No	Arah aliran	HL (m)
1	<i>Bar screen</i> – Bak equalisasi	0,02
2	Bak equalisasi – Bak sedimentasi	0,03
3	Bak sedimentasi – Bak <i>waste water garden</i>	0,02
4	Bak <i>waste water garden</i> – Bak filtrasi	0,04
5	Bak filtrasi – Bak klorinasi	0,02
6	Bak klorinasi – Kolam indikator	0,05

## 5.6. Profil Hidrolis

### 5.6.3. Profil Hidrolis Zona 3

#### a. *Bar screen* menuju bak equalisasi

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 1 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned} - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\ &= 0,026 \times \frac{1}{0,2} \times \frac{1,4^2}{(2 \times 9,81)} \\ &= 0,013 \text{ m} \end{aligned}$$

#### b. Bak equalisasi menuju bak sedimentasi

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned} - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\ &= 0,026 \times \frac{2}{0,2} \times \frac{1,4^2}{(2 \times 9,81)} \\ &= 0,026 \text{ m} \end{aligned}$$

#### c. Bak Sedimentasi menuju bak *waste water garden*

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

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

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{1,5}{0,2} \times \frac{1,4^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**d. Bak waste water garden menuju bak filtrasi**

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

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

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{2,5}{0,2} \times \frac{1,5^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**e. Bak filtrasi menuju bak klorinasi**

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 1 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{1}{0,2} \times \frac{1,4^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,013 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**f. Bak klorinasi menuju kolam indikator**

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 3 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$- H_L = f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g$$

$$= 0,026 \times \frac{3}{0,2} \times \frac{1,4^2}{(2 \times 9,81)}$$

$$= 0,04 \text{ m}$$

**Tabel 5.54 Kehilangan Tekanan**

No	Arah aliran	HL (m)
1	<i>Bar screen</i> – Bak equalisasi	0,02
2	Bak equalisasi – Bak sedimentasi	0,03
3	Bak sedimentasi – Bak <i>waste water garden</i>	0,02
4	Bak <i>waste water garden</i> – Bak filtrasi	0,04
5	Bak filtrasi – Bak klorinasi	0,02
6	Bak klorinasi – Kolam indikator	0,05



### 5.7.3. Wilayah Pelayanan Zona 3

#### A. Bar screen

Bangunan ini berfungsi untuk menyaring benda-benda padat dan kasar agar tidak mengganggu pengaliran limbah cair, mencegah timbulnya kerusakan dan penyumbatan dalam saluran. Kriteria desain Bar screen dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut :

**Tabel 5.20 Kriteria desain dan Kriteria Terpilih Bar Screen :**

Kriteria Bar Screen	Kriteria Terpilih
Lebar batang (w) = $(\frac{1}{2} - \frac{3}{4})$ inchi	(w) yang direncanakan $\frac{3}{4}$ inch x 0,025 = 0,01875 m
Lebar bukaan (b) = (2 – 3) inchi	(b) yang direncanakan 2,5” = 2,5 x 0,025 = 0,0625 m
Kecepatan horizontal (Vh) $\geq 0,6$ m/dtk	(Vh) yang direncanakan = 1 m/dtk
Sudut bar screen terhadap horizontal ( $\theta$ ) = $60^0$	( $\theta$ ) Sudut bar screen terhadap horizontal terpilih = $60^0$
Faktor bentuk batang screen ( $\beta$ ) = 1,79 (bentuk lingkaran)	( $\beta$ ) Faktor bentuk batang screen terpilih = 1,79 (bentuk lingkaran)
Headloss $\leq 0,15$ m	Headloss $\leq 0,15$ m
	Lebar bar sreen (L) = 0,5 m
	Panjang Saluran (P) = 0,5 m

(Sumber : Susumu Kawamura, 1990)

a. Direncanakan :

$$\text{Luas penampang saluran bar screen (Ac)} = \frac{Q}{vh} = \frac{0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}}{1} = 0,0437 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi muka air (t)} = \frac{Ac}{L} = \frac{0,0437}{0,5} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Free board (W)} = 30\% \times t = 0,3 \times 0,1 = 0,03 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bar screen (H)} = t + W = 0,2 + 0,03 = 0,23 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah bar yang diperlukan } L = n w + (n + 1)b$$

$$0,5 = 0,01875n + (n + 1) \times 0,0625$$

$$0,5 = 0,01875n + 0,0625n + 0,0625$$

$$0,5 = 0,08125n + 0,0625$$

$$0,5 - 0,0625 = 0,08125n$$

$$0,4375 = 0,08125n$$

$$n = 5,3 \approx 5 \text{ batang}$$

$$\text{Lebar efektif (L')} = (n + 1) \times b = (5 + 1) \times 0,0625 = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang batang terendah (t')} = \frac{t}{\sin 60} = \frac{0,1}{0,866} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Ac efektif (Ac')} = t' \times L' = 0,2 \times 0,4 \text{ m} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan melalui bar (Vh')} = \frac{Ac \times Vh}{Ac'} = \frac{0,1 \times 1}{0,1} = 1 \text{ m/dtk } (\geq 0,6 \text{ m/dtk})$$

$$\text{Penurunan muka air melewati bar } hv = \frac{(Vh')^2}{2g} = \frac{(1)^2}{2 \times 9,81} = 0,1 \text{ m}$$

$$\Delta H = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} \times hv \times \sin 60^0 = 1,79 \times \left(\frac{0,01875}{0,0625}\right)^{4/3} \times 0,1 \times 0,866 = 0,03 \text{ m } (\leq 0,15 \text{ m})$$

$$\text{Tinggi air setelah melalui screen (h')} = t - \Delta H = 0,1 \text{ m} - 0,03 \text{ m} = 0,07 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bar screen yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.46 Spesifikasi Unit Bar Screen**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bar Screen (efisiensi removal 20% TSS)	Dinding bak	Tebal 0,05 m	Terbuat dari beton
	Tinggi (H)	0,2 m	-
	Panjang (p)	0,5 m	-
	Lebar (l)	0,5 m	-
	Luas penampang (Ac)	0,05 m <sup>2</sup>	-
	Tinggi muka air (t)	0,1 m	-
	Freeboard	0,03 m	30% dari (t)
	Bar	5 batang	Terbuat dari baja
	Panjang Batang (t')	0,2 m	-
	l' efektif	0,4 m	
	Ac' efektif	0,1 m	-
	Kecepatan (Vh')	1 m/dtk	( Sesuai kriteria $\geq 0,6$ m/dtk)
	Penurunan (Hv)	0,1 m	Penurunan air ketika melewati bar
	Headloos	0,03 m	( Sesuai kriteria $\leq 0,15$ m)
	Diameter pipa (d)	0,1 m	Pipa inlet dan outlet

## B. Bak Equalisasi

Bangunan ini berfungsi untuk mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh debit yang bervariasi dan berfungsi untuk menetralisasi, pendingin, dan memperkecil kandungan beban limbah sebelum masuk ke pengolahan biologis. Kriteria desain bak equalisasi dapat dilihat pada Tabel 5.22 sebagai berikut :

**Tabel 5.22 Kriteria Desain Bangunan Bak Equalisasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Td (Waktu tinggal)	3-5	jam
Surface loading	20-50	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
P : L	2 : 1 - 6 : 1	-
P : H	3 : 1 - 5 : 1	-
Kedalaman (H)	1.5 - 3	m

(Sumber : Pedoman Teknis IPAL, 2011)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 4 jam (efisiensi removal 65% TSS)
- tinggi bak (h) : 3 m

Perhitungan :

a. Dimensi bak equalisasi

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{SL} \\ &= \frac{0,0437}{\left(\frac{80}{86400}\right)} \\ &= 47,196 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \left(A \times \frac{1}{2}\right)^{0,5} \\ &= \left(47,196 \times \frac{1}{2}\right)^{0,5} \\ &= 4,86 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 2 \times L \\ &= 2 \times 4,86 \text{ m} \\ &= 9,72 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V = \frac{Q}{T_d} = \frac{0,0437}{\left(\frac{4}{3600}\right)} = 39,33 \text{ m}^3$$

$$H = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{39,33}{47,196} = 0,8 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak equalisasi yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.47 Spesifikasi Unit Bak Equalisasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bar Equalisasi (efisiensi removal 65% TSS)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	4 jam	-
	Tinggi (H)	1 m	-
	Freeboard	0,3 m	
	Panjang (p)	10 m	-
	Lebar (l)	5 m	-
	Luas (A)	47 m <sup>2</sup>	-
	Volume	39 m <sup>3</sup>	-
	Diameter pipa (d)	0,2 m	Pipa inlet dan outlet

### C. Bak Sedimentasi

Bangunan ini berfungsi untuk tempat terjadinya proses pengendapan partikel-partikel flokulen yang terbentuk dari proses pengendapan secara gravitasi. Kriteria desain bak sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut:

**Tabel 5.24 Kriteria Desain Bangunan Bak Sedimentasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Surface Loading	20 – 80	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Td	0.5 – 3	Jam
P : L	4 : 1 - 6 : 1	
P : H	5 : 1 - 20 : 1	
Nfr	< 10-5	
Nre	< 2000	
Kedalaman (H)	1.5 - 2.5	M
V inlet	0.2 - 0.5	m/detik
Tinggi air di V notch	0.03 - 0.05	M
Viskositas	0.9 - 10.6	
Weir loading	0.002 - 0.003	
Kadar lumpur	5 – 8	%
Slope bak lumpur	1 – 2	%
Tinggi Freeboard	> 0.3	M
V (suhu air 27c)	0,864*10 <sup>-6</sup>	

(sumber : Christopher dan Okun, 1991)

a. Direncanakan

- waktu detensi (td) : 90 menit (efisiensi removal 80% TSS, 30% BOD dan COD)

b. Dimensi bak sedimentasi

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{SL} \\ &= \frac{0,0437}{(80/86400)} \\ &= 47,196 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \left( A \times \frac{1}{6} \right)^{0,5} \\ &= \left( 47,196 \times \frac{1}{6} \right)^{0,5} \\ &= 2,80 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 6 \times L \\ &= 6 \times 2,80 \\ &= 16,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek A desain} &= P \times L \\ &= 16,8 \times 2,8 \\ &= 47,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{Td} \\ &= \frac{0,0437}{(1,5/3600)} \\ &= 104,88 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{V}{A} \\ &= \frac{104,88}{47,196} = 2,2 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Dimensi tube

$$\begin{aligned} \text{Tinggi ruang tube} &= P \text{ tube} \times \text{Sin}45^\circ \\ &= 1 \times \text{Sin}45^\circ \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AB sebenarnya} &= \frac{w}{\text{sin } 45^\circ} \\ &= \frac{0,025}{\text{sin } 45^\circ} = 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal tube sebenarnya} &= \frac{\text{tebal tube}}{\sin 45^\circ} \\
 &= \frac{0,0025}{\sin 45^\circ} \\
 &= 0,0029 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_p &= \frac{[P - \cos 45 \times \text{panjang tube}]}{(2 \times \text{tebal tube}) + w} \\
 &= \frac{[17 - \cos 45 \times 1]}{(2 \times 0,0025) + 0,025} \\
 &= 543 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 nL &= \frac{L}{2 \times w} \\
 &= \frac{2,8}{2 \times 0,025} \\
 &= 56 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= n_p \times nL \\
 &= 543 \times 56 = 30408 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_o &= \frac{Q}{n \times (0,25 \times \pi \times w^2)} \\
 &= \frac{0,0437}{30408 \times (0,25 \times 3,14 \times 0,025^2)} \\
 &= 0,003 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(0,25 \times 3,14 \times w^2) / (3,14 \times w)}{n} \\
 &= \frac{(0,25 \times 3,14 \times 0,025^2) / (3,14 \times 0,025)}{30408} \\
 &= 2,055 \times 10^{-7}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= \frac{V_o \times R}{\nu} \\
 &= \frac{0,003 \times 2,055 \times 10^{-7}}{0,000008039} \\
 &= 0,00008 \text{ (laminer)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{fr} &= \frac{V_o^2}{gR} \\
 &= \frac{0,003^2}{9,81 \times 2,055 \times 10^{-7}} = 4,46 \text{ (stabil)}
 \end{aligned}$$

d. Zona lumpur

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis lumpur} &= \text{SS} \times 1000,035 \text{ gr/L} \\ &= 1,004 \times 1000,035 \text{ gr/L} \\ &= 1004,035 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

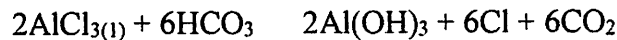
Lumpur yang dihasilkan :

$$\begin{aligned}\text{Presentase removal} &= 80\% \\ \text{Konsentrasi endapan} &= 80\% \times 56 \text{ mg/L} \\ &= 44,8 \text{ mg/L} \\ &= 0,0448 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat lumpur} &= Q_{\text{bak}} \times \text{konsentrasi endapan} \\ &= 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 0,0448 \text{ kg/m}^3 \times 86400 \text{ dtk/hari} \\ &= 169,15 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah PAC yang diperlukan untuk mengolah } 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= ( 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 86400 \text{ dtk/hari} \times 40 \text{ mg/L} \times 1000 ) / 10^6 \\ &= 151,03 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Dengan reaksi :



$$\% \text{ Al}_2\text{O}_3 \text{ dalam PAC} = 10\%$$

$$\text{BM PAC} = 645 \text{ gr/mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Al dalam PAC} &= \frac{10\% \times 163,47 \text{ kg/hari} \times 1000 \text{ gr/kg}}{645 \text{ gr/mol}} \\ &= 25,34 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\text{Mol Al}(\text{OH})_3 \text{ yang terbentuk} = 2 \times 25,34 \text{ mol} = 50,68 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat lumpur Al}(\text{OH})_3 \text{ yang terbentuk} &= \text{mol} \times \text{BM Al}(\text{OH})_3 \\ &= \frac{(50,68 \times 78)}{1000} = 3,95 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total lumpur} &= \text{berat lumpur} + \text{berat lumpur Al}(\text{OH})_3 \\ &= 183,08 \text{ kg/hari} + 3,95 \text{ kg/hari} \\ &= 187,03 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur tiap bak} &= \frac{\text{berat lumpur}}{\% \text{lumpur} \times \text{bj lumpur}} \\ &= \frac{187,03}{2\% \times 1004,035} \\ &= 9,3 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dimensi ruang lumpur menggunakan limas terpancung

$$\begin{aligned} \text{Luas Atas (A1)} &= P_{\text{bak}} \times L_{\text{bak}} \\ &= 16,8 \times 2,8 \\ &= 47,04 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bawah (A2)} &= 75\% \times A1 \\ &= 75\% \times 47,04 \text{ m}^2 \\ &= 35,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang bak lumpur} = \frac{35,28}{2,8} = 12,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= P \times L \times H \\ 9,3 \text{ m}^3 &= 16,8 \times 2,8 \times H \\ H &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang lumpur} &= \frac{1}{3} \times \text{tinggi} \times (A_1 + A_2 + ((A_1 + A_2)^{0,5})) \\ &= \frac{1}{3} \times 0,2 \times [47,04 + 35,28 + ((47,04 + 35,28)^{0,5})] \\ &= 6,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

e. Pengurasan zona lumpur

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur per hari}}{\text{volume ruang lumpur}} \\ &= \frac{9,3}{6,1} \\ &= 1,5 \text{ (Pengurasan dilakukan 1 kali sehari)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tekanan tersedia} &= \text{tinggi sedimentasi} + \text{tinggi penampang lumpur} \\ &= 2,2 \text{ m} + 0,24 \text{ m} = 2,44 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah pipa pengurasan adalah 2 buah, dengan jenis carbon steel

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= 150 \text{ mm} \\ \text{Cd} &= 0,14 \\ \text{A} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 0,15^2 = 0,018 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 v_{\text{pipa}} &= C_d \times \sqrt{2xg \times h} \\
 &= 0,14 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 2,44} \\
 &= 0,96 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{pipa}} &= A_{\text{pipa}} \times v_{\text{pipa}} \\
 &= 0,018 \text{ m}^2 \times 0,96 \text{ m/dtk} \\
 &= 0,02 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur tiap pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur}}{1} \\
 &= \frac{9,3}{1} \\
 &= 9,3 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lama pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur tiap pengurasan}}{Q} \\
 &= \frac{9,3}{0,02} \\
 &= 465 \text{ detik} = 7,45 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

f. Zona outlet

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{di outlet}} &= 0,0437 - \frac{9,4}{86400} \\
 &= 0,0436 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi air di v-notch} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran pelimpah} = 16,8 \text{ m}$$

Desain v-notch :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{1 gutter}} &= \frac{Q_{\text{outlet}}}{\Sigma \text{ gutter}} \\
 &= \frac{0,0436}{1} = 0,0436 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\text{Hair pada v-notch (ho)} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{T free board} = \frac{1}{2} \text{ ho} = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar muka air pada v-notch} &= 2 \times \text{ho} \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 2 \times 0,05 \text{ m} \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 0,16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar pintu v-notch} &= 2 \times (\text{ho} + \text{T freeboard}) \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 2 \times (0,05 \text{ m} + 0,025 \text{ m}) \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 0,24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ tiap v-notch} &= 1,38 \times (h_o)^{5/2} \\
 &= 1,38 \times (0,05 \text{ m})^{5/2} \\
 &= 0,00077 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah v-notch tiap gutter} &= \frac{Q \text{ gutter}}{Q \text{ tiap v notch}} \\
 &= \frac{0,0436}{0,00077} \\
 &= 57 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah v-notch di dua sisi gutter} &= \frac{57}{2} \\
 &= 29 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar v-notch} &= \frac{P - (\text{Lebar v-notch} \times \text{jumlah v-notch})}{\text{Jumlah v notch} - 1} \\
 &= \frac{16,8 - (0,24 \times 57)}{61 - 1} \\
 &= 0,056 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang gutter} &= (\Sigma \text{ v notch} \times L \text{ v notch}) + ((\Sigma \text{ v notch}-1) \times \text{jarak tiap v notch}) \\
 &= (57 \times 0,24 \text{ m}) + [(57-1) \times 0,048 \text{ m}] \\
 &= 16,37 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$B_p \text{ (lebar) asumsi} = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ gutter} &= 2,49 \times B_p \times h_o^{3/2} \\
 0,0436 &= 2,49 \times 0,5 \times h_o^{3/2}
 \end{aligned}$$

$$H_o = 0,04 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi gutter (Hp)} &= H_o + 15\% H_o + \text{Tinggi air dalam v-notch} + \text{freeboard} \\
 &= 0,04 + (0,15 \times 0,04) + 0,05 + 0,025 \\
 &= 0,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$A = L \times H_{air} = 0,5 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 0,05 \text{ m}^2$$

$$v = Q / A = 0,0436 / 0,07 = 0,6 \text{ m/dtk}$$

kehilangan tekanan pada zona outlet :

$$n = 0,013$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(B_p \times H_p)}{(2H_p + B_p)} \\
 &= \frac{(0,5 \times 0,2)}{(2 \times 0,2) + 0,5} \\
 &= 0,11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$v = \frac{Q_{\text{gutter}}}{A_{\text{gutter}}}$$

$$= \frac{0,0436}{(0,5 \times 0,2)}$$

$$= 0,5 \text{ m/dtk}$$

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,5 = 1/0,013 \times (0,11 \text{ m})^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0,001$$

$$\text{Hl saluran} = S \times \text{panjang pipa}$$

$$= 0,001 \times 16,8 \text{ m}$$

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

Saluran pengumpul :

Jumlah saluran pengumpul tiap bak adalah 1 buah

$$Q \text{ saluran pengumpul} = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{Lebar saluran} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran} = L \text{ bak} = 2,1 \text{ m}$$

$$T_d = 10 \text{ dtk}$$

$$\text{Volume saluran} = Q \times t_d$$

$$= 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 10 \text{ dtk}$$

$$= 0,437 \text{ m}^3$$

$$\text{Tair pada saluran} = \frac{V \text{ saluran}}{A \text{ saluran}}$$

$$= \frac{0,437}{(0,5 \times 2,1)}$$

$$= 0,04 \text{ m}^2$$

Kehilangan tekanan pada zona outlet (HI) :

$$n = 0,013$$

$$R = \frac{(T_{\text{air}} \times H)}{(2H + T_{\text{air}})}$$

$$= \frac{(0,04 \times 0,5)}{(2 \times 0,5 + 0,04)}$$

$$= 0,02$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,0437}{(0,5 \times 0,04)}$$

$$= 2,2 \text{ m/detik}$$

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$2,2 = 1/0,013 \times (0,187 \text{ m})^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0,01$$

$$\text{Hl saluran} = S \times \text{panjang pipa}$$

$$= 0,01 \times 2,1 \text{ m}$$

$$= 0,021 \text{ m}$$

Pipa Outlet

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 2.2 \text{ m/dtk}$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = 0,5 \text{ m}$$

$$F = 0,02$$

$$\text{Luas pipa (A)} = Q/V = 0,0437 / 2.2 = 0,02 \text{ m}^2$$

$$A = 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$0,02 = 0,25 \times 3,14 \times d^2$$

$$d = 0,03 \text{ m}$$

$$A \text{ desain} = 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,03^2$$

$$= 0,007 \text{ m}^2$$

Cek kondisi aktual :

$$v \text{ actual} = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,0437}{(0,007)} = 61,85 \text{ m/detik}$$

$$F = 0,02$$

$$\text{Hl pipa outlet} = f \times (L/d) \times (v^2/2xg)$$

$$= 0,02 \times (0,5 / 0,03) \times [(61,85)^2 / (2 \times 9,81)]$$

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

Berikut tabel desain unit bak sedimentasi yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.48 Spesifikasi Unit Bak Sedimentasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Sedimentasi (efisiensi removal 80% TSS, 30% BOD dan COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	1,5 jam	-
	Tinggi (H)	2 m	-
	Panjang (p)	17 m	-
	Lebar (l)	3 m	-
	Freeboard	0,5 m	-
	Luas (A)	47 m <sup>2</sup>	-
	Volume	105 m <sup>3</sup>	-
Dimensi Tube	Tinggi ruang tube	1 m	-
	Np	543 buah	-
	nL	56 buah	-
	n	30408 buah	-
	Vo	0,003 m/detik	-
	R	$2,055 \times 10^{-7}$	-
	Nre	0,00008	(laminer <2000)
Zona Lumpur	Nfr	$4,46 \times 10^{-5}$	(stabil > $10^{-5}$ )
	V	9,3 m <sup>3</sup> /hari	Tiap bak
	L Atas	47 m <sup>2</sup>	Bentuk Trapesium
	p	17 m	-
	l	3 m	-
	L Bawah	35 m <sup>2</sup>	Bentuk Trapesium
	p	13 m	-
	l	3 m	-
Zona Outlet	H	0,2 m	-
	Tinggi air	0,05 m	-
	Freeboard	0,03 m	-
	V	0,4 m <sup>3</sup>	-
	p	2,1 m	-
l	0,5 m	-	

#### D. Unit *Waste Water Garden*

Bangunan ini berfungsi untuk proses pereduksi polutan dengan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Tumbuhan akan menyerap nutrisi dalam air limbah tersebut, bersamaan dengan oksigen dan mikroorganisme yang terdapat dalam sistem WWG melenyapkan bakteri berbahaya / penyakit dalam air limbah yang tidak diolah. Kriteria desain bak *Waste Water Garden* dapat dilihat pada Tabel 5.26 sebagai berikut:

**Tabel 5.26 Kriteria Desain Bangunan Bak *Waste Water Garden***

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Hydrolic Loading Rate	150–500	m <sup>3</sup> /ha/hri
Td	2–7	hari
P : L	3:1–5:1	m
Kedalaman Air	0,1–1	m
Frekuensi pemanenan	3–5	tahun
Kontrol nyamuk	-	Tidak perlu
Area	2,1–6,9	ha

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2001)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 2 hari (efisiensi removal 90% BOD dan 80% COD)

b. Volume bak WWG

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{T_d} \\ &= \frac{0,0437}{(2/86400)} \\ &= 1887,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Luas Permukaan bak WWG

$$\begin{aligned} A &= \frac{V}{H} \\ &= \frac{1887,8 \text{ m}^3}{3} \\ &= 629,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

d. Dimensi bak WWG

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 3 : 1$$

$$629,3 = 3L \times L$$

$$629,3 = (3L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{629,3}{3}}$$

$$L = 14,5 \text{ m} \quad P = 3L = 3(14,5) = 43,5 \text{ m}$$

e. Penggunaan Tanaman

1. Cattail

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 50 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 250 cm (Ria Merlita, 2014).

a. Perhitungan luas lahan

Luas lahan persegi panjang = panjang x lebar

$$= 14,5 \text{ m} \times 4,8 \text{ m}$$

$$= 69,6 \text{ m}$$

b. Perhitungan tanaman

$$= \frac{69,6 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} = 28 \text{ kg tanaman cattail}$$

2. Kala Lili

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 100 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 1000 cm (Ria Merlita, 2014).

a. Perhitungan luas lahan

Luas lahan persegi panjang = panjang x lebar

$$= 14,5 \text{ m} \times 4,8 \text{ m}$$

$$= 69,6 \text{ m}$$

$$= \frac{69,6 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 7 \text{ kg tanaman kala lili}$$

### 3. Lotus

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 75 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 375 cm (Ria Merlita, 2014).

#### a. Perhitungan luas lahan

Luas lahan persegi panjang = panjang x lebar

$$= 14,5 \text{ m} \times 4,8 \text{ m}$$

$$= 69,6 \text{ m} \text{ b. Perhitungan tanaman}$$

$$= \frac{69,6 \text{ m}}{3,75 \text{ m}} = 19 \text{ kg tanaman lotus}$$

#### - Bak pengontrol

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$T_d = 10 \text{ menit} = 600 \text{ detik}$$

$$\text{Kapasitas bak pengontrol} = 15\%$$

$$P : L = 1 : 1$$

$$\text{Kapasitas bak pengontrol} = 0,15 \times 0,0437 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 0,007 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V_d = Q \cdot T_d$$

$$= 0,007 \text{ m}^3/\text{det} \times 600 \text{ detik}$$

$$= 4,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Asumsi Tinggi (H)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = P \times L \times H$$

$$4,2 = L^2 \times 1$$

$$L^2 = 4,2$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$P = 2 \text{ m}$$

$$H = 1 \text{ m}$$



Berikut tabel desain unit bak *Waste Water Garden* yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.49 Spesifikasi Unit Bak *Waste Water Garden***

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak <i>Waste Water Garden</i> (efisiensi removal 90% BOD dan 85% COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	2 hari	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Kedalaman Air	1 m	-
	Panjang (p)	44 m	-
	Lebar (l)	15 m	-
	Luas (A)	629 m <sup>2</sup>	-
	Volume	1888 m <sup>3</sup>	-
	Tebal media	2,5 m	-
Tanaman WWG	P	15 m	Cattail
	L	5 m	
	Berat	28 kg	
	P	15 m	Kalla Lili
	L	5 m	
	Berat	7 kg	
	P	15 m	Lotus
	L	5 m	
	Berat	19 kg	
Bak Pengontrol	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	10 menit	-
	Tinggi (H)	1 m	-
	Lebar (l)	2 m	-
	Panjang (p)	2 m	-
	Luas (A)	4 m <sup>2</sup>	-
	Volume	4 m <sup>3</sup>	-

### E. Bak Filtrasi

Bangunan ini berfungsi untuk proses penyaringan ini zat padat tersuspensi dihilangkan pada waktu air melalui lapisan materi berbentuk butiran yang disebut media filter. Media filter seperti pasir, potongan bata, ijuk, tanah liat, kerikil, cadas, arang dan sebagainya. Kriteria desain bak Filtrasi dapat dilihat pada Tabel 4.28 sebagai berikut :

**Tabel 4.28 Kriteria Desain Bangunan Bak Filtrasi**

<b>Kriteria Desain</b>	
Kecepatan filtrasi (Vf)	8-12 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam
Tebal media pasir	60-80 cm
Tebal media penahan	18-30 cm
Td backwash	5-15 menit
Tinggi air di atas media	0,9-1,2 m
Jarak dasar gutter dengan atas media pasir saat ekspansi	20-30 cm
A orifice:A bak	(0,0015-0,005):1
A lateral:A orifice	(2-4):1
A manifold:A lateral	(1,5-3):1
Jarak antar orifice	7,5-30 cm
<b>Kriteria Desain</b>	
D orifice	0,6-2 cm
P:L	(1:2)
Kecepatan backwash (Vb)	(4-8) x Vf

(sumber : Christopher dan Okun, 1991)

a. Direncanakan :

Dimensi Bak

$$\begin{aligned} \text{Jumlah filter (n)} &= 12 \times Q^{1/2} \\ &= 12 \times (0,0437 \text{ m}^3/\text{dtik})^{1/2} = 3 \text{ filter} \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi } V_f = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/dtk}$$

$$\text{A filtrasi total} = \frac{Q}{V_f} = \frac{0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}}{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{dtk}} = 17,5 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek kecepatan filtrasi tiap bak} &= \frac{0,0437 \text{ m}^3 / dt}{17,5 \text{ m}^2} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} / dt. \\
 &= 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/dt} \times \frac{3600 \text{ dt}}{\text{jam}} \\
 &= 9 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{A tiap filtrasi} = \frac{17,5 \text{ m}^2}{3} = 5,8 \text{ m}^2$$

$$P : L = 2 : 1$$

$$A = P \times L$$

$$5,8 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L^2 = 2,8$$

$$L = 1,7 \text{ m}$$

$$P = 1,7 \times 2 \text{ m} = 3,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{A filtrasi sebenarnya} &= P \times L \\
 &= 3,4 \text{ m} \times 1,7 = 5,78 \text{ m}^2 \approx 5,8 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi Bak Filtrasi (H)} &= 1,5 \times L \text{ desain} \\
 &= 2,55 \text{ m} \approx 2,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### b. Dimensi Underdrain

Lubang Orifice

$$\text{A orifice : A bak} = 0,0015 : 1$$

$$\phi \text{ orifice} = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$\text{A orifice} = 0,0015 \times 8 \text{ m} = 0,012 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{A tiap orifice} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,02 \text{ m})^2 = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah orifice} &= \frac{\text{A orifice}}{\text{A tiap orifice}} = \frac{0,012 \text{ m}^2}{3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \\
 &= 38,22 \text{ lubang} = 38 \text{ lubang}
 \end{aligned}$$

#### c. Lateral

$$\text{A lateral : A orifice} = 2 : 1$$

$$\text{Jarak antar lateral} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Jarak lateral ke dinding} = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
\text{A lateral total} &= 2 \times \text{A orifice} \\
&= 2 \times 0,012 \text{ m}^2 \\
&= 0,024 \text{ m}^2 \\
\text{Panjang manifold} &= \text{panjang bak} - \text{jarak lateral ke dinding} \\
&= 3,4 \text{ m} - 0,25 \text{ m} \\
&= 3,2 \text{ m} \\
\text{Jumlah lateral} &= \frac{\text{Panjang manifold}}{\text{Jarak antar lateral}} \times 2 \\
&= \frac{3,2 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} \times 2 = 21 \text{ buah} \\
\text{Orifice untuk 1 lateral} &= \frac{\text{Jumlah orifice}}{\text{Jumlah Lateral}} = \frac{38}{21} = 1,8 \approx 2 \text{ lubang} \\
\text{A tiap lateral} &= \frac{\text{A lateral total}}{\text{Jumlah lateral}} = \frac{0,024 \text{ m}^2}{21} = 0,001 \text{ m}^2 \\
\text{A lateral} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
0,024 \text{ m} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
D &= \sqrt{\frac{0,024 \times 4}{3,14}} \\
&= 0,175 \text{ m} = 175 \text{ mm}
\end{aligned}$$

d. Manifold

$$\begin{aligned}
\text{A manifold : A lateral} &= 2 : 1 \\
\text{A manifold} &= 2 \times 0,024 \text{ m}^2 = 0,048 \text{ m}^2 \\
\text{A} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
D &= \sqrt{\frac{0,048 \times 4}{3,14}} = 0,247 \text{ m} = 247 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Panjang lateral tiap sisi (L)

$$\begin{aligned}
&= L - (2 \times \text{jarak lateral ke dinding}) - \theta \text{ manifold} \\
&= 1,7 \text{ m} - (2 \times 0,25 \text{ m}) - 0,247 \text{ m} \\
&= 1 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar orifice} &= \frac{P \text{ lateral } (3 \times \theta \text{ orifice})}{3} \\ &= \frac{1 \text{ m} \times 3 \times 0,02 \text{ m}}{3} = 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

e.  $H_L$  Underdrain

$$Q \text{ tiap bak} = \frac{0,0437 \text{ m}^3 / \text{ dtk}}{3} = 0,015 \text{ m}^3 / \text{ dtk}$$

- Orifice

$$Q \text{ orifice} = \frac{Q \text{ tiapbak}}{n \text{ orifice}} = \frac{0,015}{38} = 0,0004 \text{ m}^3 / \text{ dtk}$$

$$V \text{ orifice} = \frac{Q \text{ orifice}}{A \text{ orifice}} = \frac{0,0004 \text{ m}^3 / \text{ dtk}}{0,012 \text{ m}^2} = 0,032 \text{ m} / \text{ dtk}$$

$$H_L \text{ orifice} = \frac{1,7 \times V^2}{2 \cdot g} = \frac{1,7 \times (0,032)^2 \text{ m} / \text{ dtk}}{2 \times 9,81} = 0,0009 \text{ m}$$

- Lateral

$$\text{Kekasaran pipa (f)} = 0,025$$

$$Q \text{ lateral} = \frac{Q \text{ tiapbak}}{n \text{ lateral}} = \frac{0,015}{21} = 0,0008 \text{ m}^3 / \text{ dtk}$$

$$V \text{ lateral} = \frac{Q \text{ tiap lateral}}{A \text{ lateral}} = \frac{0,0008 \text{ m}^3 / \text{ dtk}}{0,024 \text{ m}^2} = 0,03 \text{ m}^3 / \text{ dtk}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ lateral} &= \frac{1}{3} \times \frac{L}{D} \times f \times \frac{V^2}{29} \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{1}{0,175} \times 0,025 \times \frac{(0,03)^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,000002 \text{ m} \end{aligned}$$

- Manifold

$$Q \text{ manifold} = \frac{Q \text{ tiapbak}}{n \text{ manifold}} = \frac{0,015}{1} = 0,015 \text{ m}^3 / \text{ dtk}$$

$$V \text{ manifold} = \frac{Q}{A} = \frac{0,015}{0,048} = 0,3 \text{ m} / \text{ dtk}$$

$$\begin{aligned}
 H_L \text{ manifold} &= \frac{1}{3} x \frac{L}{D} x f x \frac{V^2}{2g} \\
 &= \frac{1}{3} x \frac{3,2}{0,247} x 0,025 x \frac{(0,3)^2}{2 x 9,81} \\
 &= 0,0007 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_L \text{ underdrain} &= H_L \text{ Orifice} + H_L \text{ lateral} + H_L \text{ manifold} \\
 &= 0,0009 \text{ m} + 0,000002 \text{ m} + 0,0007 \text{ m} \\
 &= 0,002 \text{ m}
 \end{aligned}$$

f. Penyaringan

Terdapat 2 jenis media penyaring (pasir dan arang bambu) dan 1 jenis media penyangga (kerikil atau *gravel*).

- Media Pasir

Pasir  $N_{re} < 5$

$$\text{Porositas awal } (f) = 0,4$$

$$\text{Tebal pasir} = 70 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter } (d) = 0,8 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas } (v) = 0,000008039 \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$\text{Kecepatan Filtasi } (V_f) = 0,00278 \text{ m/dtk}$$

$$\begin{aligned}
 N_{re} &= \frac{1}{(1-f)} x \frac{V_f x d}{w} \\
 &= \frac{1}{(1-0,4)} x \frac{(2,78 x 10^{-3}) x (0,8 \cdot 10^{-3})}{0,000008039} = 0,16
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_L &= 180 x \frac{w}{g} x \frac{(1-f)^2}{f^3} x \frac{V_s}{D^2} x L \\
 &= 180 x \frac{0,000008039}{9,81} x \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} x \frac{2,78 x 10^{-3}}{(0,8 \cdot 10^{-3})^2} x 0,7 \\
 &= 0,212 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Media Arang Bambu

Arang bambu  $N_{re} < 5$

Porositas awal ( $f$ ) = 0,4

Tebal pasir = 70 cm

Diameter ( $d$ ) = 0,001 m

Viskositas ( $\nu$ ) = 0,000008039 m<sup>2</sup>/detik

Kecepatan Filtasi ( $V_f$ ) = 0,00278 m/dtk

$$N_{re} = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{V_f \times d}{\nu}$$

$$= \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{(2,78 \times 10^{-3}) \times (1 \times 10^{-3})}{0,000008039} = 0,207$$

$$H_L = 180 \times \frac{w}{g} \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \frac{V_s}{D^2} \times L$$

$$= 180 \times \frac{0,000008039}{9,81} \times \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} \times \frac{2,78 \times 10^{-3}}{(1 \times 10^{-3})^2} \times 0,7 = 0,136 \text{ m}$$

- Media Penyangga Kerikil

Kerikil  $N_{re} < 5$

Porositas awal ( $f$ ) = 0,4

Tebal pasir = 30 cm

Diameter ( $d$ ) = 0,003 m

Viskositas ( $\nu$ ) = 0,000008039 m<sup>2</sup>/detik

Kecepatan Filtasi ( $V_f$ ) = 0,00278 m/dtk

$$N_{re} = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{V_f \times d}{\nu}$$

$$= \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{(2,78 \times 10^{-3}) \times (3 \times 10^{-3})}{0,000008039} = 1,7 \text{ m}$$

$$H_L = 180 \times \frac{w}{g} \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \frac{V_s}{D^2} \times L$$

$$= 180 \times \frac{0,000008039}{9,81} \times \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} \times \frac{2,78 \times 10^{-3}}{(3 \times 10^{-3})^2} \times 0,3 = 0,0064 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_L \text{ media} &= H_L \text{ pasir} + H_L \text{ arang bambu} + H_L \text{ kerikil} \\
 &= 0,21 \text{ m} + 0,136 \text{ m} + 0,0064 \text{ m} \\
 &= 0,355 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi muka air >  $H_L$  total

$$\begin{aligned}
 H_L \text{ total} &= H_L \text{ media} + H_L \text{ under drain} \\
 &= 0,355 \text{ m} + 0,124 \text{ m} \\
 &= 0,479 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka tinggi air = 1 m

$$\begin{aligned}
 H_{\max} &= \text{Tinggi muka air} + H_L \text{ total} \\
 &= 1 \text{ m} + 0,479 \text{ m} \\
 &= 1,479 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Back Wash

$$\begin{aligned}
 V \text{ back wash} &= 4 \times V_s \\
 &= 4 \times 0,00278 \text{ m/dtk} \\
 &= 0,112 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

- Media Pasir

Tebal pasir = 70 cm

$$\rho_w = 995 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

Porositas akhir filtrasi ( $f^l$ ) artinya kedalaman di mana penyaringan mulai tersumbat.

$$\begin{aligned}
 f^l &= 2,95 \times \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} \times \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} \times \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\
 &= 2,95 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,2)}} \times \frac{995 \text{ kg/m}^3}{2650 - 995 \text{ kg/m}^3} \times \frac{2,8 \cdot 10^{-3(1/3)}}{8 \times 10^{-4(1/2)}} \\
 &= 0,90 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,7 \text{ m}}{0,7 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,7 \text{ m} = 0,14$$

$$L_e = 0,14 + 0,7$$

$$L_e = 0,84 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e) L_e = (1 - f_e) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) 0,84 \text{ m} = (1 - 0,90 \text{ m}) \cdot 0,7 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,08 \text{ m}$$

$$f_e = 0,91 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ pasir} &= 130 \times \frac{w^{0,8}}{9,81} \times \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} \times \frac{f_{bw}^{1,2}}{d^{1,8}} \times L_e \\ &= 130 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(0,8)}}{9,81} \times \frac{(1 - 0,91)^2}{0,91^3} \times \frac{0,01^{(1,2)}}{0,8 \times 10^{-3(1,8)}} \times 0,84 \\ &= 0,084 \text{ m} \end{aligned}$$

- Media Arang Bambu

$\theta$  arang bambu = 1 mm

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_w = 995 \text{ kg/m}^3$$

Tebal arang bambu = 70 cm

Porositas akhir ( $f^1$ )

$$\begin{aligned} f^1 &= 2,95 \times \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} \times \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} \times \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\ &= 2,95 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,6)}} \times \frac{995}{2650 - 995} \times \frac{2,78 \times 10^{-3(1/3)}}{1,10^{-3(1/2)}} \\ &= 0,806 \text{ m} \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,7 \text{ m}}{0,7 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,7 \text{ m} = 0,14$$

$$L_e = 0,14 + 0,7$$

$$L_e = 0,84 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e) L_e = (1 - f^l) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) 0,84 \text{ m} = (1 - 0,806 \text{ m}) \cdot 0,7 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,16 \text{ m}$$

$$f_e = 0,838 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ arang bambu} &= 130x \frac{w^{0,8}}{9} x \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} x \frac{f_{bw}^{1,2}}{D^{1,8}} x L_e \\ &= 130x \frac{0,995x10^{-6(0,8)}}{9,81} x \frac{(1 - 0,838)^2}{0,838^3} x \frac{0,01^{(1,2)}}{1x10^{-3(1,8)}} x 0,84 \\ &= 0,016 \text{ m} \end{aligned}$$

- Media Penyangga Kerikil

$$\theta \text{ kerikil} = 3 \text{ mm}$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

Tebal kerikil = 30 cm

Porositas akhir ( $f^l$ )

$$\begin{aligned} f^l &= 2,95x \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} x \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} x \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\ &= 2,95x \frac{0,995x10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,6)}} x \frac{995}{2650 - 995} x \frac{0,00278^{(1/3)}}{3x10^{-3(1/2)}} \\ &= 0,46 \text{ m} \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,3 \text{ m}}{0,3 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,3 \text{ m} = 0,15$$

$$L_e = 0,15 + 0,3$$

$$L_e = 0,36 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e)_2 L_e = (1 - f_e) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) 0,36 \text{ m} = (1 - 0,46 \text{ m}) \cdot 0,3 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,45 \text{ m}$$

$$f_e = 0,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ kerikil} &= 130 \times \frac{w^{0,8}}{9} \times \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} \times \frac{f_{bw}^{1,2}}{D^{1,8}} \times L_e \\ &= 130 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(0,8)}}{9,81} \times \frac{(1 - 0,55)^2}{0,55^3} \times \frac{0,01^{(1,2)}}{3 \times 10^{-3(1,8)}} \times 0,3 \\ &= 0,002 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ Total Backwash} &= H_L \text{ pasir} + H_L \text{ arang bambu} + H_L \text{ kerikil} \\ &= 0,008 \text{ m} + 0,016 \text{ m} + 0,002 \text{ m} \\ &= 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

h. Saluran Outlet

$$\text{Kecepatan Filtrasi Tiap Bak (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{7,48} = 0,005 \text{ m/dtk}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Outlet} &= \text{Diameter Manifold} \\ &= 0,247 \text{ m} = 247 \text{ mm} \end{aligned}$$

i. Volume *backwash*

Waktu pencucian filter (*backwash*) 15 menit

$$\text{Volume } backwash = Q \times t = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 900 \text{ dtk} = 39,33 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

j. Perencanaan gutter

Gutter merupakan saluran yang digunakan untuk membawa aliran saat terjadi backwash dan filtrasi. Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi, namun tidak digunakan secara bersamaan.

a. Gutter untuk backwash

Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi, namun tidak digunakan secara bersamaan.

$$\text{Volume air backwash (V)} = 39,33 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{V}{H} \\ &= \frac{39,333 \text{ m}^3}{1} \\ &= 39,33 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$39,33 = 2L \times L$$

$$39,33 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{39,33}{2}}$$

$$L = 4,46 \text{ m} \quad P = 2L = 2(4,4) = 8,8 \text{ m}$$

b. Gutter untuk filtrasi

Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi.

$$Q_{\text{filtrasi}} = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dt} \times 2 = 0,09 \text{ m}^3/\text{dt}.$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = 5 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ detik}}{\text{menit}} = 300 \text{ detik}.$$

$$V_{\text{gutter}} = Q_{\text{filtrasi}} \times \text{td} = 0,09 \text{ m}^3/\text{dt} \times 300 \text{ detik} = 27 \text{ m}^3.$$

$$v_{\text{manifold}} = 1,2 \text{ m}/\text{dt} \times 2 = 2,4 \text{ m}/\text{dt}.$$

$$A_{\text{gutter}} = \frac{Q_{\text{filtrasi}}}{v_{\text{manifold}}} = \frac{0,09 \text{ m}^3 / \text{dt}}{2,4 \text{ m} / \text{dt}} = 0,04 \text{ m}^2$$

Direncanakan  $H_{gutter} = 0,2$  m.

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$0,04 = 2L \times L$$

$$0,04 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{0,04}{2}}$$

$$L = 0,1 \text{ m} \quad P = 2L = 2(0,1) = 0,2 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak desinfektan yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.50 Spesifikasi Unit Bak Filtrasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Filtrasi (efisiensi removal 80% TSS, 50% BOD dan COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Panjang (p)	3 m	-
	Lebar (l)	2 m	-
	Tinggi (h)	3 m	-
	Debit (Q)	0,0473 m <sup>3</sup> /dtk	-
	Volume (V)	9 m <sup>3</sup> /jam	-
Media Pasir	Tebal	70 cm	-
	Diameter	0,8 mm	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	0,16	-
	Ekspansi pasir	0,91 m	-
	Headloss	0,21 m	-
Media Arang Bambu	Tebal	70 cm	-
	Diameter	0,001 m	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	0,21	-
	Ekspansi arang bambu	0,84 m	-
	Headloss	0,14 m	-
Media Penyangga (Kerikil)	Tebal	30 cm	-
	Diameter	0,003 m	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	1,7	-
	Ekspansi	0,6 m	-

	penyangga kerikil		
	Headloss	0,0064 m	
Lubang Orifice	Diameter	0,02 m	-
	A tiap orifice	$3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	-
	Jumlah lubang	38 lubang	-
Pipa Manifold	A manifold	$0,048 \text{ m}^2$	-
	Diameter	247 mm	-
	Panjang	3 m	-
	Jarak	0,02 m	-
Pipa Lateral	Jumlah total pipa lateral	21 buah	-
	Jarak antar pipa lateral	0,3 m	-
	Panjang	1 m	-
	Diameter	175 mm	-
	Orifice untuk 1 lateral	2 lubang	-
	A tiap lateral	$0,001 \text{ m}^2$	-
Gutter Backwash	Panjang (p)	9 m	Digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi
	Lebar (l)	5 m	
	Tinggi (h)	1 m	
Gutter Filtrasi	Panjang (p)	0,2 m	Digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi
	Lebar (l)	0,1 m	
	Tinggi (h)	0,2 m	

### E. Bak Khlorinasi

Bangunan ini berfungsi untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah. Kriteria desain bak khlorinasi dapat dilihat pada Tabel 5.30 sebagai berikut :

**Tabel 5.30 Kriteria desain Bangunan Bak Khlorinasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
P : L	2 : 1 – 6 : 1	m
P : H	3 : 1 – 5 : 1	m
Kedalaman (H)	1.5 – 3	m
Gas Klor ( $\text{Cl}_2$ )	>99	%
Sodium Hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ )	>15	%
Kaporit mengandung Klor	60-70	%

(Sumber : SNI 6774:2008)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 15 menit (efisiensi removal 100% *E.Coli*)

- Tinggi (h) : 3 m

b. Volume Bak

$$V_{\text{bak}} = Q \times t_d$$

$$= 0,0437 \text{ m}^3/\text{det} \times 15 \text{ mnt} \times 60 \text{ dtk/mnt}$$

$$= 39,33 \text{ m}^3 \text{ (direncanakan } h = 3 \text{ m)}$$

$$\text{Luas} = \frac{V}{h}$$

$$= \frac{39,33}{3} = 13,11 \text{ m}^2$$

c. Dimensi bak

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$13,11 = 2L \times L$$

$$13,11 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{13,11}{2}}$$

$$L = 2,56 \text{ m} \quad P = 2L = 2(2,56) = 5,12 \text{ m}$$

Dibutuhkan :

Kaporit yang mengandung klor = 60%

Konsentrasi yang diinginkan = 5%

Dosis klor = 1,3 mg/L

Berat jenis = 1,2 kg/L

Q = 43,7 L/detik

- Kebutuhan klor = 43,7 L/detik  $\times$  1,3 mg/L

$$= 56,81 \text{ mg/detik} = 4,9 \text{ kg/hari}$$

- Kebutuhan klor per bulan = 30 hari  $\times$  4,9 kg/hari = 147 kg/bulan

- Volume klor =  $\frac{\text{kebutuhan klor 1 hari}}{\text{berat jenis klor}}$

$$= \frac{4,9 \text{ kg/hari}}{1,2 \text{ kg/L}} = 4,1 \text{ L/hari} = 0,0041 \text{ m}^3/\text{hari}$$

d. Bak pengaduk chlor

$$V_{\text{Ca (OCl)}_2} = \frac{\text{kebutuhan Ca (OCl)}_2}{\rho \cdot \text{Ca (OCl)}_2} = \frac{4,9 \text{ kg/hari}}{1,2 \text{ kg/L}}$$
$$= 4,1 \text{ L/hari} = 0,0041 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Bila pelarut setiap satu hari, maka volume bak pengaduk khlor 0,0041 m<sup>3</sup>/hari.

Volume pelarut (air) untuk chlorine 10 %

$$V_p = \frac{0,9}{0,1} \times 0,0041 \text{ m}^3$$
$$= 0,04 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume pengaduk Klorinasi = 0,04+ 0,0041 = 0,0441 m<sup>3</sup>/hari ≈ 0,04 m<sup>3</sup>/hari

e. Dimensi bak pengaduk Klorin, berbentuk Persegi panjang (direncanakan h = 0,2 m)

Mencari luasan bak

$$A = \frac{V}{H} = \frac{0,02 \text{ m}^3}{0,2 \text{ m}} = 0,2 \text{ m}^2$$

$$A = P \times L \quad \longrightarrow \quad P = 2L$$
$$= 2L \times L$$

$$0,2 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L = 0,3 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad P = 2 \times 0,2 \text{ m} = 0,6 \text{ m}$$

Direncanakan, bak Pengaduk menggunakan *baffle perforated*, dengan diameter lubang sebesar 0,05 m

Luas Permukaan baffle

$$A_{\text{baffle}} = 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$$
$$= 0,04 \text{ m}^2$$

Luas Tiap Lubang

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$
$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,05^2$$
$$= 0,002 \text{ m}^2$$



Luas Total Lubang

$$A = 50\% \times 0,04 \text{ m}^2 \\ = 0,02 \text{ m}^2$$

Jumlah Lubang (n)

$$n = \frac{A_{tot}}{A_{lub}} = \frac{0,02 \text{ m}^2}{0,002 \text{ m}^2} = 10 \text{ lubang}$$

Jarak Antar Lubang

- Horizontal

Direncanakan terdapat 3 baris, dengan  $H = 1 \text{ m}$

$$d_{lubang} \times n = 0,05 \text{ m} \times 10 = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar lubang} = \frac{1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}}{10 + 1} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

- Vertikal

$$n = 3$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$d_{lubang} \times n = 0,05 \text{ m} \times 3 = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar lubang} = \frac{0,5 \text{ m} - 0,15 \text{ m}}{3 + 1} = 0,09 \text{ m} = 9 \text{ cm}$$

Debit Tiap Lubang

$$Q_{lubang} = \frac{0,0437 \text{ m}^3 / \text{dk}}{3} = 0,015 \text{ m}^3 / \text{dk}$$

Berikut tabel desain unit bak desinfektan yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.51 Spesifikasi Unit Bak Khlorinasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Khlorinasi (efisiensi removal 100% <i>E.Coli</i> )	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Td	15 menit	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	5 m	-
	Lebar (l)	3 m	-
	Luas (A)	13 m <sup>2</sup>	-
	Volume	39 m <sup>3</sup>	-
Bak Pengaduk Khlor	Dinding bak	Tebal 0,1 m	Terbuat dari beton
	Tinggi (H)	0,2 m	-
	Panjang (p)	1 m	-
	Lebar (l)	0,3 m	-
	Luas (A)	0,2 m <sup>2</sup>	-
	Volume	0,04 m <sup>3</sup> /hari	-
	Kebutuhan Khlor	4,9 kg/hari	-
	A baffle	0,2 m × 0,2 m	-
	Jumlah lubang	10	buah
Q lubang	0,02 m <sup>3</sup> /dtk	-	

#### F. Kolam Indikator

Ikan digunakan sebagai bioindikator terhadap tingkat pemulihan kualitas air melalui proses pengolahan. Jenis ikan yang digunakan sebagai indikator adalah ikan emas, nila dan gurame. Jika ikan yang dijadikan indikator mati, maka hal itu menunjukkan bahwa kualitas air limbah masih kurang baik. Kriteria desain kolam indikator dapat dilihat pada Tabel 5.32 sebagai berikut :

**Tabel 5.32 Kriteria Desain Bangunan Kolam Indikator**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Td (Waktu tinggal)	0,5-3	jam
P : L	2 : 1 - 6 : 1	-
P : H	3 : 1 - 5 : 1	-
Kedalaman (H)	1.5 - 3	m
Freeboard	<0,3	m

(Sumber : Pedoman Teknis IPAL, 2011)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 30 menit

- tinggi bak (h) : 3 m

Perhitungan :

b. Volume bak pengumpul

$$V = Q \cdot td$$

$$= 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 30 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ dtk}}{1 \text{ menit}}$$

$$= 78,66 \text{ m}^3$$

c. Luas bak pengumpul

$$A = \frac{\text{volume}}{h} = \frac{78,66 \text{ m}^3}{3 \text{ m}}$$

$$= 26,22 \text{ m}^2$$

d. Dimensi bak

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$26,22 = 2L \times L$$

$$26,22 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{26,22}{2}}$$

$$L = 3,6 \text{ m} \quad P = 2L = 2(3,6) = 7,2 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit kolam indikator yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.52 Spesifikasi Unit Kolam Indikator**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Kolam Indikator	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	30 menit	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	7 m	-
	Lebar (l)	4 m	-
	Luas (A)	26 m <sup>2</sup>	-
	Volume	79 m <sup>3</sup>	-

### G. Sludge Drying Bed

Sludge drying bed berfungsi untuk menampung lumpur pengolahan baik dari proses kimia maupun proses biologi. dan memisahkan lumpur yang bercampur dengan air dengan cara proses penguapan menggunakan energi penyinaran matahari. Kriteria desain sludge drying bed dapat dilihat pada Tabel 5.34 sebagai berikut :

**Tabel 5.34 Kriteria Desain Bangunan Sludge Drying Bed**

No	Parameter	Satuan	Besaran
1	Tebal lapisan lumpur	mm	200 – 300
2	P : L	m	2 : 1 – 6 : 1
3	Tebal lapisan media pasir	mm	230 – 300
4	Tebal lapisan gravel	mm	150 – 300
5	Uniformity Coefficien		$\leq 4$
6	Effective Size	mm	0,3 – 0,75
7	Slope lateral drainage line	%	$> 1\%$
8	Jarak antar lateral line	mm	2,5 – 6
9	Kecepatan dalam pipa	m/s	$\leq 0,75$
10	Waktu pengeringan	hari	5 – 15
11	Kelembaban/moisture lumpur	%	$\pm 60$
12	Sludge loading rate	kg/m <sup>2</sup> .th	58,5 – 97,6

(Sumber : Qosim, Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, 1985)

Direncanakan :

- Tebal lapisan media = 450 mm
- Tebal cake di bed = 0,5
- Waktu pengeringan = 5 hari

Kondisi lumpur yang keluar dari unit pengolahan Bak sedimentasi :

- Kadar air = 90%
- Kadar solid = 10%
- Volume Lumpur Total = 9,3 m<sup>3</sup>/hari



Dimensi bed :  $P = 5 \times 6,2 \text{ m} = 31 \text{ m}$   
 $L = 2 \times 4,1 \text{ m} = 8,2 \text{ m}$   
 Kedalaman =  $0,45 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 1 \text{ m}$   
 Free board =  $30\% \times 1 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$

- Underdrain

Berfungsi untuk menampung dan mengeluarkan air dari lumpur.

- Terletak di bawah lapisan kerikil (media).
- Underdrain berupa pipa dengan lubang perforasi
- Vol.air/hari = V.sludge x 90% - V.Lumpur kering x 60%

$$= 9,3 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,9 - 7,4 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,6$$

$$= 3,9 \text{ m}^3/\text{hr}$$

- Direncanakan Kecepatan air dalam pipa =  $0,3 \text{ m/dt}$

- Luas Pipa  $= \frac{3,9 \text{ m}^3 / \text{hr}}{0,3 \text{ m} / \text{dt} \times 86400 \text{ dt} / \text{hr}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

- Diameter Pipa  $= \sqrt{\frac{4 \times 1,5 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 0,013 \text{ m} \sim 13 \text{ mm}$

- Pipa Inlet

Direncanakan kecepatan pada pipa =  $0,6 \text{ m/dt}$

Luas Pipa  $= \frac{3,9 \text{ m}^3 / \text{hr}}{0,6 \text{ m} / \text{dt} \times 86400 \text{ dt} / \text{hr}} = 7,52 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$

Diameter Pipa  $= \sqrt{\frac{4 \times 7,52 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 0,01 \text{ m} \sim 10 \text{ mm}$

Berikut tabel desain unit sludge drying bed yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.53 Spesifikasi Unit Sludge Drying Bed**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak sludge drying bed	Dinding bak	Tebal 0,3 m	Terbuat dari beton
	Waktu pengeringan	5 hari	-
	Kedalaman	1 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	31 m	-
	Lebar (l)	8 m	-
	Volume	47 m <sup>3</sup>	-
Media	<i>fine sand</i>	155 mm	-
	<i>coarse sand</i>	150 mm	-
	<i>fine gravel</i>	75 mm	-
	<i>medium gravel</i>	75 mm	-
	<i>coarse gravel</i>	75 mm	-
Dimensi Cell	Panjang (p)	6 m	
	Lebar (l)	4 m	
	Kedalaman	1 m	
Underdrain	Volume air	3,9 m <sup>3</sup> /hr	-
	Luas pipa	1,5.10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>	-
	Diameter pipa	13 mm	-
	Kecepatan air dalam pipa	0,3 m/dt	-
Pipa inlet	Kecepatan air dalam pipa	0,6 m/dt	-
	Luas pipa	7,52.10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup>	-
	Diameter pipa	10 mm	-

Lumpur yang terdapat di sludge drying bed ini akan dimanfaatkan sebagai kompos. Pembuatan kompos dilakukan yaitu dengan cara pengeringan lumpur dikeringkan terlebih dahulu di bawah matahari terik untuk menghilangkan kandungan air pada lumpur. Proses pengeringan lumpur dapat membutuhkan waktu yang cukup lama hingga mengering. Setelah lumpur mengering kemudian dilakukan penambahan serbuk gergaji atau sekam pada limbah lumpur sisa pengolahan untuk menjadi kompos. Banyaknya sekam atau serbuk gergaji yang dibutuhkan tergantung dari banyaknya lumpur yang akan dijadikan kompos. Pencampuran ini berfungsi agar lumpur lebih padat serta menambah unsur hara pada kompos. Kemudian kompos dapat digunakan sebagai pupuk tanaman di sekitar area IPAL.

## 5.6. Profil Hidrolis

### 5.6.3. Profil Hidrolis Zona 3

#### a. *Bar screen* menuju bak equalisasi

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 1 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned} - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\ &= 0,026 \times \frac{1}{0,2} \times \frac{1,4^2}{(2 \times 9,81)} \\ &= 0,013 \text{ m} \end{aligned}$$

#### b. Bak equalisasi menuju bak sedimentasi

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 2 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned} - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\ &= 0,026 \times \frac{2}{0,2} \times \frac{1,4^2}{(2 \times 9,81)} \\ &= 0,026 \text{ m} \end{aligned}$$

#### c. Bak Sedimentasi menuju bak *waste water garden*

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

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

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$



$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{1,5}{0,2} \times \frac{1,4^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**d. Bak waste water garden menuju bak filtrasi**

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

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

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{2,5}{0,2} \times \frac{1,5^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**e. Bak filtrasi menuju bak klorinasi**

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 1 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$\begin{aligned}
 - H_L &= f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g \\
 &= 0,026 \times \frac{1}{0,2} \times \frac{1,4^2}{(2 \times 9,81)} \\
 &= 0,013 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**f. Bak klorinasi menuju kolam indikator**

$$Q = 0,0437 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\theta \text{ pipa} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa} = 3 \text{ m}$$

$$- V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0437}{1/4 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2} = 1,4 \text{ m / dtk}$$

$$- H_L = f \cdot L/D \cdot V^2/2 \cdot g$$

$$= 0,026 \times \frac{3}{0,2} \times \frac{1,4^2}{(2 \times 9,81)}$$

$$= 0,04 \text{ m}$$

**Tabel 5.54 Kehilangan Tekanan**

No	Arah aliran	HL (m)
1	<i>Bar screen</i> – Bak equalisasi	0,02
2	Bak equalisasi – Bak sedimentasi	0,03
3	Bak sedimentasi – Bak <i>waste water garden</i>	0,02
4	Bak <i>waste water garden</i> – Bak filtrasi	0,04
5	Bak filtrasi – Bak klorinasi	0,02
6	Bak klorinasi – Kolam indikator	0,05

#### 5.7.4. Wilayah Pelayanan Zona 4

##### A. Bar screen

Bangunan ini berfungsi untuk menyaring benda-benda padat dan kasar agar tidak mengganggu pengaliran limbah cair, mencegah timbulnya kerusakan dan penyumbatan dalam saluran. Kriteria desain Bar screen dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut :

**Tabel 5.20 Kriteria desain dan Kriteria Terpilih Bar Screen :**

Kriteria Bar Screen	Kriteria Terpilih
Lebar batang (w) = $(\frac{1}{2} - \frac{3}{4})$ inchi	(w) yang direncanakan $\frac{3}{4}$ inch x 0,025 = 0,01875 m
Lebar bukaan (b) = (2 – 3) inchi	(b) yang direncanakan 2,5” = 2,5 x 0,025 = 0,0625 m
Kecepatan horizontal (Vh) $\geq 0,6$ m/dtk	(Vh) yang direncanakan = 1 m/dtk
Sudut bar screen terhadap horizontal ( $\theta$ ) = $60^0$	( $\theta$ ) Sudut bar screen terhadap horizontal terpilih = $60^0$
Faktor bentuk batang screen ( $\beta$ ) = 1,79 (bentuk lingkaran)	( $\beta$ ) Faktor bentuk batang screen terpilih = 1,79 (bentuk lingkaran)
Headloss $\leq 0,15$ m	Headloss $\leq 0,15$ m
	Lebar bar sreen (L) = 1 m
	Panjang Saluran (P) = 1 m

(Sumber : Susumu Kawamura, 1990)

##### a. Direncanakan :

$$\text{Luas penampang saluran bar screen (Ac)} = \frac{Q}{v_h} = \frac{0,0592 \text{ m}^3/\text{dtk}}{1} = 0,1 \text{ m}^2$$

$$\text{Tinggi muka air (t)} = \frac{Ac}{L} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Free board (W)} = 30\% \times t = 0,3 \times 0,2 = 0,06 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bar screen (H)} = t + W = 0,2 + 0,06 = 0,26 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah bar yang diperlukan } L = n w + (n + 1)b$$

$$0,5 = 0,01875n + (n + 1) \times 0,0625$$

$$0,5 = 0,01875n + 0,0625n + 0,0625$$

$$0,5 = 0,08125n + 0,0625$$

$$0,5 - 0,0625 = 0,08125n$$

$$0,4375 = 0,08125n$$

$$n = 5,3 \approx \mathbf{5 \text{ batang}}$$

$$\text{Lebar efektif (L')} = (n + 1) \times b = (5 + 1) \times 0,0625 = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang batang terendah (t')} = \frac{t}{\sin 60} = \frac{0,2}{0,866} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Ac efektif (Ac')} = t' \times L' = 0,2 \times 0,4 \text{ m} = 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan melalui bar (Vh')} = \frac{Ac \times Vh}{Ac'} = \frac{0,2 \times 1}{0,1} = \mathbf{2 \text{ m/dtk}} (\geq 0,6 \text{ m/dtk})$$

$$\text{Penurunan muka air melewati bar (hv)} = \frac{(Vh')^2}{2g} = \frac{(2)^2}{2 \times 9,81} = 0,2 \text{ m}$$

$$\Delta H = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} \times hv \times \sin 60^0 = 1,79 \times \left(\frac{0,01875}{0,0625}\right)^{4/3} \times 0,2 \times 0,866$$

$$= \mathbf{0,06 \text{ m}} (\leq 0,15 \text{ m})$$

$$\text{Tinggi air setelah melalui screen (h')} = t - \Delta H = 0,2 \text{ m} - 0,06 \text{ m}$$

$$= 0,14 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bar screen yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.55 Spesifikasi Unit Bar Screen**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bar Screen (efisiensi removal 20% TSS)	Dinding bak	Tebal 0,05 m	Terbuat dari beton
	Tinggi (H)	0,3 m	-
	Panjang (p)	0,5 m	-
	Lebar (l)	0,5 m	-
	Luas penampang (Ac)	0,1 m <sup>2</sup>	-
	Tinggi muka air (t)	0,2 m	-
	Freeboard	0,06 m	30% dari (t)
	Bar	5 batang	Terbuat dari baja
	Panjang Batang (t')	0,12 m	-
	l' efektif	0,4 m	-
	Ac' efektif	0,1 m	-
	Kecepatan (Vh')	2 m/dtk	( Sesuai kriteria $\geq 0,6 \text{ m/dtk}$ )
	Penurunan (Hv)	0,2 m	Penurunan air ketika melewati bar
	Headloos	0,06 m	( Sesuai kriteria $\leq 0,15 \text{ m}$ )
Diameter pipa (d)	0,1 m	Pipa inlet dan outlet	

## B. Bak Equalisasi

Bangunan ini berfungsi untuk mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh debit yang bervariasi dan berfungsi untuk menetralisasi, pendingin, dan memperkecil kandungan beban limbah sebelum masuk ke pengolahan biologis. Kriteria desain bak equalisasi dapat dilihat pada Tabel 5.22 sebagai berikut :

**Tabel 5.22 Kriteria Desain Bangunan Bak Equalisasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Td (Waktu tinggal)	3-5	jam
Surface loading	20-50	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
P : L	2 : 1 - 6 : 1	-
P : H	3 : 1 - 5 : 1	-
Kedalaman (H)	1.5 - 3	m

(Sumber : Pedoman Teknis IPAL, 2011)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 4 jam (efisiensi removal 65% TSS)
- tinggi bak (h) : 3 m

Perhitungan :

a. Dimensi bak equalisasi

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{SL} \\ &= \frac{0,0592}{(80/86400)} \\ &= 63,94 \text{ m}^2 \\ L &= \left( A \times \frac{1}{2} \right)^{0,5} \\ &= \left( 63,94 \times \frac{1}{2} \right)^{0,5} \\ &= 5,65 \text{ m} \\ P &= 2 \times L \\ &= 2 \times 5,65 \text{ m} \\ &= 11,3 \text{ m} \\ V &= \frac{Q}{Td} = \frac{0,0592}{(4/3600)} = 53,28 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$H = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{53,28}{63,94} = 0,8 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak equalisasi yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.56 Spesifikasi Unit Bak Equalisasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bar Equalisasi (efisiensi removal 65% TSS)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	4 jam	-
	Tinggi (H)	1 m	-
	Freeboard	0,3 m	
	Panjang (p)	11 m	-
	Lebar (l)	6 m	-
	Luas (A)	64 m <sup>2</sup>	-
	Volume	53 m <sup>3</sup>	-
	Diameter pipa (d)	0,2 m	Pipa inlet dan outlet

### C. Bak Sedimentasi

Bangunan ini berfungsi untuk tempat terjadinya proses pengendapan partikel-partikel flokulen yang terbentuk dari proses pengendapan secara gravitasi. Kriteria desain bak sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut:

**Tabel 5.24 Kriteria Desain Bangunan Bak Sedimentasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Surface Loading	20 – 80	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h
Td	0.5 – 3	Jam
P : L	4 : 1 - 6 : 1	
P : H	5 : 1 - 20 : 1	
Nfr	< 10-5	
Nre	< 2000	
Kedalaman (H)	1.5 - 2.5	M
V inlet	0.2 - 0.5	m/detik
Tinggi air di V notch	0.03 - 0.05	M
Viskositas	0.9 - 10.6	
Weir loading	0.002 - 0.003	
Kadar lumpur	5 – 8	%
Slope bak lumpur	1 – 2	%
Tinggi Freeboard	> 0.3	M
V (suhu air 27c)	0,864*10 <sup>-6</sup>	

(sumber : Christopher dan Okun, 1991)

a. Direncanakan

- waktu detensi (td) : 90 menit (efisiensi removal 80% TSS, 30% BOD dan COD)

b. Dimensi bak sedimentasi

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{SL} \\ &= \frac{0,0592}{(80/86400)} \\ &= 63,94 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \left( A \times \frac{1}{6} \right)^{0,5} \\ &= \left( 63,94 \times \frac{1}{6} \right)^{0,5} \\ &= 3,26 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 6 \times L \\ &= 6 \times 3,26 \\ &= 19,56 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek A desain} &= P \times L \\ &= 19,56 \times 3,26 \\ &= 63,94 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{T_d} \\ &= \frac{0,0592}{(1,5/3600)} \\ &= 142,08 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{V}{A} \\ &= \frac{142,08}{63,94} = 2,2 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Dimensi tube

$$\begin{aligned} \text{Tinggi ruang tube} &= P \text{ tube} \times \sin 45^\circ \\ &= 1 \times \sin 45^\circ \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AB sebenarnya} &= \frac{w}{\sin 45^\circ} \\ &= \frac{0,025}{\sin 45^\circ} = 0,03 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal tube sebenarnya} &= \frac{\text{tebal tube}}{\sin 45^\circ} \\
 &= \frac{0,0025}{\sin 45^\circ} \\
 &= 0,0029 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Np &= \frac{[P - \cos 45 \times \text{panjang tube}]}{(2 \times \text{tebal tube}) + w} \\
 &= \frac{[20 - \cos 45 \times 1]}{(2 \times 0,0025) + 0,025} \\
 &= 643 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 nL &= \frac{L}{2 \times w} \\
 &= \frac{3,4}{2 \times 0,025} \\
 &= 68 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= np \times nL \\
 &= 643 \times 68 = 43724 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_0 &= \frac{Q}{n \times (0,25 \times \pi \times w^2)} \\
 &= \frac{0,0592}{43724 \times (0,25 \times 3,14 \times 0,025^2)} \\
 &= 0,003 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(0,25 \times 3,14 \times w^2) / (3,14 \times w)}{n} \\
 &= \frac{(0,25 \times 3,14 \times 0,025^2) / (3,14 \times 0,025)}{43729} \\
 &= 1,429 \times 10^{-7}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Nre &= \frac{V_0 \times R}{v} \\
 &= \frac{0,003 \times 1,429 \times 10^{-7}}{0,000008039} \\
 &= 0,00005 \text{ (laminar)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Nfr &= \frac{V_0^2}{g R} \\
 &= \frac{0,003^2}{9,81 \times 1,429 \times 10^{-7}} = 1,12 \times 10^{-5} \text{ (stabil)}
 \end{aligned}$$



d. Zona lumpur

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis lumpur} &= \text{SS} \times 1000,035 \text{ gr/L} \\ &= 1,004 \times 1000,035 \text{ gr/L} \\ &= 1004,035 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

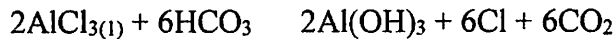
Lumpur yang dihasilkan :

$$\begin{aligned}\text{Presentase removal} &= 80\% \\ \text{Konsentrasi endapan} &= 80\% \times 56 \text{ mg/L} \\ &= 44,8 \text{ mg/L} \\ &= 0,0448 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat lumpur} &= Q \text{ bak} \times \text{konsentrasi endapan} \\ &= 0,0592 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 0,0448 \text{ kg/m}^3 \times 86400 \text{ dtk/hari} \\ &= 229,15 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah PAC yang diperlukan untuk mengolah } 0,0592 \text{ m}^3/\text{dtk} \\ &= (0,0592 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 86400 \text{ dtk/hari} \times 40 \text{ mg/L} \times 1000) / 10^6 \\ &= 204,60 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Dengan reaksi :



$$\% \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ dalam PAC} = 10\%$$

$$\text{BM PAC} = 645 \text{ gr/mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Mol Al dalam PAC} &= \frac{10\% \times 204,60 \text{ kg/hari} \times 1000 \text{ gr/kg}}{645 \text{ gr/mol}} \\ &= 31,72 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\text{Mol Al}(\text{OH})_3 \text{ yang terbentuk} = 2 \times 31,72 \text{ mol} = 63,44 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat lumpur Al}(\text{OH})_3 \text{ yang terbentuk} &= \text{mol} \times \text{BM Al}(\text{OH})_3 \\ &= \frac{(63,44 \times 78)}{1000} = 4,95 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat total lumpur} &= \text{berat lumpur} + \text{berat lumpur Al}(\text{OH})_3 \\ &= 229,15 \text{ kg/hari} + 4,95 \text{ kg/hari} \\ &= 234,1 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur tiap bak} &= \frac{\text{berat lumpur}}{\% \text{lumpur} \times \text{bj lumpur}} \\ &= \frac{229,15}{2\% \times 1004,035} \\ &= 11,4 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dimensi ruang lumpur menggunakan limas terpancung

$$\begin{aligned} \text{Luas Atas (A1)} &= P_{\text{bak}} \times L_{\text{bak}} \\ &= 19,8 \times 3,3 \\ &= 65,34 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bawah (A2)} &= 75\% \times A1 \\ &= 75\% \times 65,34 \text{ m}^2 \\ &= 49,01 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang bak lumpur} = \frac{49,01}{3,3} = 14,85 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = P \times L \times H$$

$$11,4 \text{ m}^3 = 14,85 \times 3,3 \times H$$

$$H = 0,23 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang lumpur} &= \frac{1}{3} \times \text{tinggi} \times (A_1 + A_2 + ((A_1 + A_2)^{0,5})) \\ &= \frac{1}{3} \times 0,23 \times [65,34 + 49,01 + ((65,34 + 49,01)^{0,5})] \\ &= 9,59 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

e. Pengurasan zona lumpur

$$\begin{aligned} \text{Frekuensi pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur per hari}}{\text{volume ruang lumpur}} \\ &= \frac{11,4}{9,59} \\ &= 1,19 = 1,2 \text{ (Pengurasan dilakukan 1 kali sehari)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tekanan tersedia} &= \text{tinggi sedimentasi} + \text{tinggi penampang lumpur} \\ &= 2,2 \text{ m} + 0,24 \text{ m} = 2,44 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah pipa pengurasan adalah 2 buah, dengan jenis carbon steel

$$\text{Diameter} = 150 \text{ mm}$$

$$Cd = 0,14$$

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \times \pi \times d^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 0,15^2 = 0,018 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{\text{pipa}} &= C_d \times \sqrt{2xg_xh} \\
 &= 0,14 \times \sqrt{2x9,81x2,44} \\
 &= 0,96 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{pipa}} &= A_{\text{pipa}} \times v_{\text{pipa}} \\
 &= 0,018 \text{ m}^2 \times 0,96 \text{ m/dtk} \\
 &= 0,02 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur tiap pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur}}{1} \\
 &= \frac{11,4}{1} \\
 &= 11,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lama pengurasan} &= \frac{\text{volume lumpur tiap pengurasan}}{Q} \\
 &= \frac{11,4}{0,02} \\
 &= 570 \text{ detik} = 9,5 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

f. Zona outlet

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{di outlet}} &= 0,0592 - \frac{11,4}{86400} \\
 &= 0,0591 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi air di v-notch} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran pelimpah} = 19,8 \text{ m}$$

Desain v-notch :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{1 gutter}} &= \frac{Q_{\text{outlet}}}{\Sigma \text{ gutter}} \\
 &= \frac{0,0591}{1} = 0,0591 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\text{Hair pada v-notch (ho)} = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{T free board} = \frac{1}{2} \text{ ho} = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar muka air pada v-notch} &= 2 \times \text{ho} \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 2 \times 0,05 \text{ m} \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 0,16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar pintu v-notch} &= 2 \times (\text{ho} + \text{T freeboard}) \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 2 \times (0,05\text{m} + 0,025 \text{ m}) \times \text{tg } 45^\circ \\
 &= 0,24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ tiap v-notch} &= 1,38 \times (h_o)^{5/2} \\
 &= 1,38 \times (0,05 \text{ m})^{5/2} \\
 &= 0,00077 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah v-notch tiap gutter} &= \frac{Q_{\text{gutter}}}{Q \text{ tiap v notch}} \\
 &= \frac{0,0592}{0,00077} \\
 &= 77 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah v-notch di dua sisi gutter} &= \frac{77}{2} \\
 &= 39 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar v-notch} &= \frac{P - (\text{Lebar v-notch} \times \text{jumlah v-notch})}{\text{Jumlah v notch} - 1} \\
 &= \frac{19,8 - (0,24 \times 77)}{77 - 1} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang gutter} &= (\Sigma \text{ v notch} \times L \text{ v notch}) + ((\Sigma \text{ v notch}-1) \times \text{jarak tiap v notch}) \\
 &= (77 \times 0,24 \text{ m}) + [(39-1) \times 0,02 \text{ m}] \\
 &= 19,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$B_p \text{ (lebar) asumsi} = 0,5 \text{ m}$$

$$Q_{\text{gutter}} = 2,49 \times B_p \times h_o^{3/2}$$

$$0,0591 = 2,49 \times 0,5 \times h_o^{3/2}$$

$$H_o = 0,13 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi gutter (Hp)} &= H_o + 15\% H_o + \text{Tinggi air dalam v-notch} + \text{freeboard} \\
 &= 0,13 + (0,15 \times 0,13) + 0,05 + 0,025 \\
 &= 0,23 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$A = L \times H_{air} = 0,5 \text{ m} \times 0,13 \text{ m} = 0,07 \text{ m}^2$$

$$v = Q / A = 0,0592 / 0,07 = 0,8 \text{ m/dtk}$$

kehilangan tekanan pada zona outlet :

$$n = 0,013$$

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{(B_p \times H_p)}{(2H_p + B_p)} \\
 &= \frac{(0,5 \times 0,23)}{(2 \times 0,23) + 0,5} \\
 &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$v = \frac{Q_{\text{gutter}}}{A_{\text{gutter}}}$$

$$= \frac{0,0591}{(0,5 \times 0,23)}$$

$$= 0,5 \text{ m/dtk}$$

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,5 = 1/0,013 \times (0,02 \text{ m})^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0,001$$

$$\text{Hl saluran} = S \times \text{panjang pipa}$$

$$= 0,001 \times 13 \text{ m}$$

$$= 0,013 \text{ m}$$

Saluran pengumpul :

Jumlah saluran pengumpul tiap bak adalah 1 buah

$$Q \text{ saluran pengumpul} = 0,0592 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{Lebar saluran} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang saluran} = L \text{ bak} = 2,1 \text{ m}$$

$$T_d = 10 \text{ dtk}$$

$$\text{Volume saluran} = Q \times t_d$$

$$= 0,0592 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 10 \text{ dtk}$$

$$= 0,592 \text{ m}^3$$

$$\text{Tair pada saluran} = \frac{V_{\text{saluran}}}{A_{\text{saluran}}}$$

$$= \frac{0,592}{(0,5 \times 2,1)}$$

$$= 0,56 \text{ m}^2$$

Kehilangan tekanan pada zona outlet (HI) :

$$n = 0,013$$

$$R = \frac{(T_{\text{air}} \times H)}{(2H + T_{\text{air}})}$$

$$= \frac{(0,56 \times 0,5)}{(2 \times 0,5 + 0,56)}$$

$$= 0,18$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,0592}{(0,5 \times 0,56)}$$

$$= 0,21 \text{ m/detik}$$

$$v = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$0,21 = 1/0,013 \times (0,187 \text{ m})^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0,001$$

$$\text{Hl saluran} = S \times \text{panjang pipa}$$

$$= 0,001 \times 2,1 \text{ m}$$

$$= 0,002 \text{ m}$$

Pipa Outlet

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 0,21 \text{ m/dtk}$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = 0,5 \text{ m}$$

$$F = 0,02$$

$$\text{Luas pipa (A)} = Q/V = 0,0592 / 0,21 = 0,28 \text{ m}^2$$

$$A = 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$0,28 = 0,25 \times 3,14 \times d^2$$

$$d = 0,607 \text{ m} = 0,61 \text{ m}$$

$$A \text{ desain} = 0,25 \times \pi \times d^2$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times 0,7^2$$

$$= 0,28 \text{ m}^2$$

Cek kondisi aktual :

$$v \text{ actual} = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0,0592}{(0,28)} = 0,216 \text{ m/detik}$$

$$F = 0,02$$

$$\text{Hl pipa outlet} = f \times (L/d) \times (v^2/2 \times g)$$

$$= 0,02 \times (0,5 / 0,61) \times [(0,216)^2 / (2 \times 9,81)]$$

$$= 3,98 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak sedimentasi yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.57 Spesifikasi Unit Bak Sedimentasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Sedimentasi (efisiensi removal 80% TSS, 30% BOD dan COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	1,5 jam	-
	Tinggi (H)	2 m	-
	Panjang (p)	20 m	-
	Lebar (l)	3 m	-
	Freeboard	0,5 m	-
	Luas (A)	64 m <sup>2</sup>	-
	Volume	142 m <sup>3</sup>	-
Dimensi Tube	Tinggi ruang tube	0,9 m	-
	Np	643 buah	-
	nL	68 buah	-
	n	43724 buah	-
	Vo	0,003 m/detik	-
	R	$1,429 \times 10^{-7}$	-
	Nre	0,00005	(laminer <2000)
Nfr	$1,12 \times 10^{-5}$	(stabil > $10^{-5}$ )	
Zona Lumpur	V	11,4 m <sup>3</sup> /hari	Tiap bak
	L Atas	65 m <sup>2</sup>	Bentuk Trapesium
	p	20 m	-
	l	3 m	-
	L Bawah	49 m <sup>2</sup>	Bentuk Trapesium
	p	15 m	-
	l	3 m	-
H	0,3 m	-	
Zona Outlet	Tinggi air	0,05 m	-
	Freeboard	0,03 m	-
	V	0,6 m <sup>3</sup>	-
	p	2,1 m	-
	l	0,5 m	-

#### D. Unit Waste Water Garden

Bangunan ini berfungsi untuk proses pereduksi polutan dengan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Tumbuhan akan menyerap nutrisi dalam air limbah tersebut, bersamaan dengan oksigen dan mikroorganisme yang terdapat dalam sistem WWG melenyapkan bakteri berbahaya / penyakit dalam air limbah yang tidak diolah. Kriteria desain bak Waste Waster Garden dapat dilihat pada Tabel 5.26 sebagai berikut:

**Tabel 5.26 Kriteria Desain Bangunan Bak Waste Water Garden**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Hydrolic Loading Rate	150–500	m <sup>3</sup> /ha/hri
Td	2–7	hari
P : L	3:1–5:1	m
Kedalaman Air	0,1–1	m
Frekuensi pemanenan	3–5	tahun
Kontrol nyamuk	-	Tidak perlu
Area	2,1–6,9	ha

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2001)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 2 hari (efisiensi removal 90% BOD dan 80% COD)

b. Volume bak WWG

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{T_d} \\ &= \frac{0,0592}{(2/86400)} \\ &= 2557,44 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Luas Permukaan bak WWG

$$\begin{aligned} A &= \frac{V}{H} \\ &= \frac{2557,44 \text{ m}^3}{3} \\ &= 852,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



d. Dimensi bak WWG

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 3 : 1$$

$$904,3 = 3L \times L$$

$$904,3 = (3L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{852,5}{3}}$$

$$L = 16,8 \text{ m} \quad P = 3L = 3(16,8) = 50,4 \text{ m}$$

e. Penggunaan Tanaman

1. Cattail

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 50 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 250 cm (Ria Merlita, 2014).

a. Perhitungan luas lahan

Luas lahan persegi panjang = panjang x lebar

$$= 16,8 \text{ m} \times 5,6 \text{ m}$$

$$= 94,08 \text{ m}$$

b. Perhitungan tanaman

$$= \frac{94,08 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} = 38 \text{ kg tanaman cattail}$$

2. Kala Lili

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 100 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 1000 cm (Ria Merlita, 2014).

a. Perhitungan luas lahan

Luas lahan persegi panjang = panjang x lebar

$$= 16,8 \text{ m} \times 5,6 \text{ m}$$

$$= 94,08 \text{ m}$$

b. Perhitungan tanaman

$$= \frac{94,08 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 9 \text{ kg tanaman kala lili}$$

### 3. Lotus

Total diameter bunga dan jarak yang digunakan adalah 75 cm. 1 (satu) kg tanaman dapat memuat 5 tangkai tanaman maka, dalam 1 (satu) kg tanaman diameter yang dimiliki adalah 375 cm (Ria Merlita, 2014).

#### a. Perhitungan luas lahan

$$\begin{aligned}\text{Luas lahan persegi panjang} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= 16,8 \text{ m} \times 5,6 \text{ m} \\ &= 94,08 \text{ m}\end{aligned}$$

#### b. Perhitungan tanaman

$$= \frac{94,08 \text{ m}}{3,75 \text{ m}} = 25 \text{ kg tanaman lotus}$$

#### - Bak pengontrol

$$Q = 0,0592 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$T_d = 10 \text{ menit} = 600 \text{ detik}$$

$$\text{Kapasitas bak pengontrol} = 15\%$$

$$P : L = 1 : 1$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas bak pengontrol} &= 0,15 \times 0,0592 \text{ m}^3/\text{detik} \\ &= 0,009 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= Q \cdot T_d \\ &= 0,009 \text{ m}^3/\text{det} \times 600 \text{ detik} \\ &= 5,4 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Asumsi Tinggi (H)} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = P \times L \times H$$

$$5,4 = L^2 \times 1$$

$$L^2 = 5,4$$

$$L = 2,3 \text{ m}$$

$$P = 2,3 \text{ m}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak *Waste Water Garden* yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.58 Spesifikasi Unit Bak *Waste Water Garden***

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak <i>Waste Water Garden</i> (efisiensi removal 90% BOD dan 85% COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	2 hari	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Kedalaman Air	1 m	-
	Panjang (p)	50 m	-
	Lebar (l)	17 m	-
	Luas (A)	853 m <sup>2</sup>	-
	Volume	2557 m <sup>3</sup>	-
	Tebal media	2,5 m	-
Tanaman WWG	p	17 m	Cattail
	l	6 m	
	Berat	38 kg	
	P	17 m	Kalla Lili
	L	6 m	
	Berat	9 kg	
	P	17 m	Lotus
	L	6 m	
	Berat	25 kg	
Bak Pengontrol	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	10 menit	-
	Tinggi (H)	1 m	-
	Lebar (l)	2 m	-
	Panjang (p)	2 m	-
	Luas (A)	4 m <sup>2</sup>	-
	Volume	5 m <sup>3</sup>	-

### E. Bak Filtrasi

Bangunan ini berfungsi untuk proses penyaringan ini zat padat tersuspensi dihilangkan pada waktu air melalui lapisan materi berbentuk butiran yang disebut media filter. Media filter seperti pasir, potongan bata, ijuk, tanah liat, kerikil, cadas, arang dan sebagainya. Kriteria desain bak Filtrasi dapat dilihat pada Tabel 4.28 sebagai berikut :

**Tabel 4.28 Kriteria Desain Bangunan Bak Filtrasi**

Kriteria Desain	
Kecepatan filtrasi (Vf)	8-12 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /jam
Tebal media pasir	60-80 cm
Tebal media penahan	18-30 cm
Td backwash	5-15 menit
Tinggi air di atas media	0,9-1,2 m
Jarak dasar gutter dengan atas media pasir saat ekspansi	20-30 cm
A orifice:A bak	(0,0015-0,005):1
A lateral:A orifice	(2-4):1
A manifold:A lateral	(1,5-3):1
Jarak antar orifice	7,5-30 cm
Kriteria Desain	
D orifice	0,6-2 cm
P:L	(1:2)
Kecepatan backwash (Vb)	(4-8) x Vf

(sumber : Christopher dan Okun, 1991)

a. Direncanakan :

Dimensi Bak

$$\begin{aligned} \text{Jumlah filter (n)} &= 12 \times Q^{1/2} \\ &= 12 \times (0,0592 \text{ m}^3/\text{dtik})^{1/2} = 3 \text{ filter} \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi } V_f = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}/\text{dtk}$$

$$\text{A filtrasi total} = \frac{Q}{V_f} = \frac{0,0592 \text{ m}^3/\text{dtk}}{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{dtk}} = 20,4 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek kecepatan filtrasi tiap bak} &= \frac{0,0592 \text{ m}^3 / dt}{20,4 \text{ m}^2} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} / dt. \\
 &= 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m/dt} \times \frac{3600 \text{ dt}}{\text{jam}} \\
 &= 10,45 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{A tiap filtrasi} = \frac{20,4 \text{ m}^2}{3} = 6,8 \text{ m}^2$$

$$P : L = 2 : 1$$

$$A = P \times L$$

$$6,8 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L^2 = 1,8$$

$$L = 1,8 \text{ m}$$

$$L = 1,8 \text{ m}$$

$$P = 1,8 \times 2 \text{ m} = 3,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{A filtrasi sebenarnya} &= P \times L \\
 &= 3,6 \text{ m} \times 1,8 = 6,48 \text{ m}^2 \approx 6,5 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi Bak Filtrasi (H)} &= 1,5 \times L \text{ desain} \\
 &= 2,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### b. Dimensi Underdrain

Lubang Orifice

$$\text{A orifice : A bak} = 0,0015 : 1$$

$$\phi \text{ orifice} = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$\text{A orifice} = 0,0015 \times 8 \text{ m} = 0,012 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{A tiap orifice} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,02 \text{ m})^2 = 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah orifice} &= \frac{\text{A orifice}}{\text{A tiap orifice}} = \frac{0,012 \text{ m}^2}{3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \\
 &= 38,22 \text{ lubang} = 38 \text{ lubang}
 \end{aligned}$$

#### c. Lateral

$$\text{A lateral : A orifice} = 2 : 1$$

$$\text{Jarak antar lateral} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Jarak lateral ke dinding} = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{A lateral total} &= 2 \times A \text{ orifice} \\ &= 2 \times 0,012 \text{ m}^2 \\ &= 0,024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang manifold} &= \text{panjang bak} - \text{jarak lateral ke dinding} \\ &= 3,6 \text{ m} - 0,25 \text{ m} \\ &= 3,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lateral} &= \frac{\text{Panjang manifold}}{\text{Jarak antar lateral}} \times 2 \\ &= \frac{3,3 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} \times 2 = 22 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Orifice untuk 1 lateral} = \frac{\text{Jumlah orifice}}{\text{Jumlah Lateral}} = \frac{38}{22} = 1,7 \approx 2 \text{ lubang}$$

$$\text{A tiap lateral} = \frac{\text{A lateral total}}{\text{Jumlah lateral}} = \frac{0,024 \text{ m}^2}{22} = 0,001 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{A lateral} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ 0,024 \text{ m} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{0,024 \times 4}{3,14}} \\ &= 0,175 \text{ m} = 175 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### d. Manifold

$$\text{A manifold} : \text{A lateral} = 2 : 1$$

$$\text{A manifold} = 2 \times 0,024 \text{ m}^2 = 0,048 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$D = \sqrt{\frac{0,048 \times 4}{3,14}} = 0,247 \text{ m} = 247 \text{ mm}$$

Panjang lateral tiap sisi (L)

$$\begin{aligned} &= L - (2 \times \text{jarak lateral ke dinding}) - \theta \text{ manifold} \\ &= 1,8 \text{ m} - (2 \times 0,25 \text{ m}) - 0,247 \text{ m} \\ &= 1,1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar orifice} &= \frac{P \text{ lateral } (3 \times \theta \text{ orifice})}{3} \\ &= \frac{1,153m \times 3 \times 0,02m}{3} = 0,023m \end{aligned}$$

e.  $H_L$  Underdrain

$$Q \text{ tiap bak} = \frac{0,0592 \text{ m}^3 / \text{ dtk}}{3} = 0,02m^3 / \text{ dtk}$$

- Orifice

$$Q \text{ orifice} = \frac{Q \text{ tiap bak}}{n \text{ orifice}} = \frac{0,02}{38} = 0,0005m^3 / \text{ dtk}$$

$$V \text{ orifice} = \frac{Q \text{ orifice}}{A \text{ orifice}} = \frac{0,0005m^3 / \text{ dtk}}{0,012m^2} = 0,042m / \text{ dtk}$$

$$H_L \text{ orifice} = \frac{1,7 \times V^2}{2 \cdot g} = \frac{1,7 \times (0,042)^2 m / \text{ dtk}}{2 \times 9,81} = 0,0002m$$

- Lateral

$$\text{Kekasaran pipa (f)} = 0,025$$

$$Q \text{ lateral} = \frac{Q \text{ tiap bak}}{n \text{ lateral}} = \frac{0,02}{22} = 0,0009m^3 / \text{ dtk}$$

$$V \text{ lateral} = \frac{Q \text{ tiap lateral}}{A \text{ lateral}} = \frac{0,0009m^3 / \text{ dtk}}{0,024m^2} = 0,03m^3 / \text{ dtk}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ lateral} &= \frac{1}{3} \times \frac{L}{D} \times f \times \frac{V^2}{29} \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{1,1}{0,175} \times 0,025 \times \frac{(0,03)^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,000002 \text{ m} \end{aligned}$$

- Manifold

$$Q \text{ manifold} = \frac{Q \text{ tiap bak}}{n \text{ manifold}} = \frac{0,02}{1} = 0,02m^3 / \text{ dtk}$$

$$V \text{ manifold} = \frac{Q}{A} = \frac{0,02}{0,048} = 0,42m / \text{ dtk}$$

$$\begin{aligned}
H_L \text{ manifold} &= \frac{1}{3} \times \frac{L}{D} \times f \times \frac{V^2}{2g} \\
&= \frac{1}{3} \times \frac{3,3}{0,247} \times 0,025 \times \frac{(0,42)^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,001 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_L \text{ underdrain} &= H_L \text{ Orifice} + H_L \text{ lateral} + H_L \text{ manifold} \\
&= 0,0002 \text{ m} + 0,000002 \text{ m} + 0,001 \text{ m} \\
&= 0,001 \text{ m}
\end{aligned}$$

f. Penyaringan

Terdapat 2 jenis media penyaring (pasir dan arang bambu) dan 1 jenis media penyangga (kerikil atau *gravel*).

- Media Pasir

Pasir  $N_{re} < 5$

$$\text{Porositas awal } (f) = 0,4$$

$$\text{Tebal pasir} = 70 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter } (d) = 0,8 \text{ mm}$$

$$\text{Viskositas } (v) = 0,000008039 \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$\text{Kecepatan Filtrasi } (V_f) = 0,00278 \text{ m/dtk}$$

$$\begin{aligned}
N_{re} &= \frac{1}{(1-f)} \times \frac{V_f \times d}{w} \\
&= \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{(2,78 \times 10^{-3}) \times (0,8 \cdot 10^{-3})}{0,000008039} = 0,16
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_L &= 180 \times \frac{w}{g} \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \frac{V_s}{D^2} \times L \\
&= 180 \times \frac{0,000008039}{9,81} \times \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} \times \frac{2,78 \times 10^{-3}}{(0,8 \cdot 10^{-3})^2} \times 0,7 \\
&= 0,212 \text{ m}
\end{aligned}$$



- Media Arang Bambu

Arang bambu  $N_{re} < 5$

Porositas awal ( $f$ ) = 0,4

Tebal pasir = 70 cm

Diameter ( $d$ ) = 0,001 m

Viskositas ( $\nu$ ) = 0,000008039 m<sup>2</sup>/detik

Kecepatan Filtasi ( $V_f$ ) = 0,00278 m/dtk

$$N_{re} = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{V_f \times d}{\nu}$$

$$= \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{(2,78 \times 10^{-3}) \times (1 \times 10^{-3})}{0,000008039} = 0,207$$

$$H_L = 180 \times \frac{\nu}{g} \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \frac{V_s}{D^2} \times L$$

$$= 180 \times \frac{0,000008039}{9,81} \times \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} \times \frac{2,78 \times 10^{-3}}{(1 \times 10^{-3})^2} \times 0,7 = 0,136 \text{ m}$$

- Media Penyangga Kerikil

Kerikil  $N_{re} < 5$

Porositas awal ( $f$ ) = 0,4

Tebal pasir = 30 cm

Diameter ( $d$ ) = 0,003 m

Viskositas ( $\nu$ ) = 0,000008039 m<sup>2</sup>/detik

Kecepatan Filtasi ( $V_f$ ) = 0,00278 m/dtk

$$N_{re} = \frac{1}{(1-f)} \times \frac{V_f \times d}{\nu}$$

$$= \frac{1}{(1-0,4)} \times \frac{(2,78 \times 10^{-3}) \times (3 \times 10^{-3})}{0,000008039} = 1,7 \text{ m}$$

$$H_L = 180 \times \frac{\nu}{g} \times \frac{(1-f)^2}{f^3} \times \frac{V_s}{D^2} \times L$$

$$= 180 \times \frac{0,000008039}{9,81} \times \frac{(1-0,4)^2}{0,4^3} \times \frac{2,78 \times 10^{-3}}{(3 \times 10^{-3})^2} \times 0,3 = 0,0064 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_L \text{ media} &= H_L \text{ pasir} + H_L \text{ arang bambu} + H_L \text{ kerikil} \\
 &= 0,21 \text{ m} + 0,136 \text{ m} + 0,0064 \text{ m} \\
 &= 0,355 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi muka air >  $H_L$  total

$$\begin{aligned}
 H_L \text{ total} &= H_L \text{ media} + H_L \text{ under drain} \\
 &= 0,355 \text{ m} + 0,124 \text{ m} \\
 &= 0,479 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka tinggi air = 1 m

$$\begin{aligned}
 H_{\max} &= \text{Tinggi muka air} + H_L \text{ total} \\
 &= 1 \text{ m} + 0,479 \text{ m} \\
 &= 1,479 \text{ m}
 \end{aligned}$$

g. Back Wash

$$\begin{aligned}
 V \text{ back wash} &= 4 \times V_s \\
 &= 4 \times 0,00278 \text{ m/dtk} \\
 &= 0,112 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

- Media Pasir

Tebal pasir = 70 cm

$$\rho_w = 995 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

Porositas akhir filtrasi ( $f^1$ ) artinya kedalaman di mana penyaringan mulai tersumbat.

$$\begin{aligned}
 f^1 &= 2,95 \times \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} \times \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} \times \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\
 &= 2,95 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,2)}} \times \frac{995 \text{ kg/m}^3}{2650 - 995 \text{ kg/m}^3} \times \frac{2,8 \cdot 10^{-3(1/3)}}{8 \times 10^{-4(1/2)}} \\
 &= 0,90 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,7 \text{ m}}{0,7 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,7 \text{ m} = 0,14$$

$$L_e = 0,14 + 0,7$$

$$L_e = 0,84 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e) L_e = (1 - f^e) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) 0,84 \text{ m} = (1 - 0,90 \text{ m}) \cdot 0,7 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,08 \text{ m}$$

$$f_e = 0,91 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{L \text{ pasir}} &= 130x \frac{w^{0,8}}{9,81} x \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} x \frac{f_{bw}^{1,2}}{d^{1,8}} x L_e \\ &= 130x \frac{0,995x10^{-6(0,8)}}{9,81} x \frac{(1 - 0,91)^2}{0,91^3} x \frac{0,01^{(1,2)}}{0,8x10^{-3(1,8)}} x 0,84 \\ &= 0,084 \text{ m} \end{aligned}$$

- Media Arang Bambu

$\theta$  arang bambu = 1 mm

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_w = 995 \text{ kg/m}^3$$

Tebal arang bambu = 70 cm

Porositas akhir ( $f^l$ )

$$\begin{aligned} f^l &= 2,95x \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} x \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} x \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\ &= 2,95x \frac{0,995x10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,6)}} x \frac{995}{2650 - 995} x \frac{2,78x10^{-3(1/3)}}{1.10^{-3(1/2)}} \\ &= 0,806 \text{ m} \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,7 \text{ m}}{0,7 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,7 \text{ m} = 0,14$$

$$L_e = 0,14 + 0,7$$

$$L_e = 0,84 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e) L_e = (1 - f^l) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) 0,84 \text{ m} = (1 - 0,806 \text{ m}) \cdot 0,7 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,16 \text{ m}$$

$$f_e = 0,838 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ arang bambu} &= 130 \times \frac{w^{0,8}}{9} \times \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} \times \frac{f_{bw}^{1,2}}{D^{1,8}} \times L_e \\ &= 130 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(0,8)}}{9,81} \times \frac{(1 - 0,838)^2}{0,838^3} \times \frac{0,01^{(1,2)}}{1 \times 10^{-3(1,8)}} \times 0,84 \\ &= 0,016 \text{ m} \end{aligned}$$

- Media Penyangga Kerikil

$$\theta \text{ kerikil} = 3 \text{ mm}$$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

Tebal kerikil = 30 cm

Porositas akhir ( $f^l$ )

$$\begin{aligned} f^l &= 2,95 \times \frac{w^{(1/4,3)}}{g^{(1/3,2)}} \times \frac{\rho_w}{\rho_s \cdot \rho_w} \times \frac{V_f^{(1/3)}}{D^{(1/2)}} \\ &= 2,95 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(1/4,3)}}{9,81^{(1/3,6)}} \times \frac{995}{2650 - 995} \times \frac{0,00278^{(1/3)}}{3 \times 10^{-3(1/2)}} \\ &= 0,46 \text{ m} \end{aligned}$$

Asumsi % ekspansi = 20% (tidak boleh lebih dari 60%)

$$20\% = \frac{L_e - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$0,2 = \frac{L_e - 0,3 \text{ m}}{0,3 \text{ m}}$$

$$L_e - 0,3 \text{ m} = 0,15$$

$$L_e = 0,15 + 0,3$$

$$L_e = 0,36 \text{ m}$$

Tinggi ekspansi ( $f_e$ )

$$(1 - f_e) L_e = (1 - f_e) \cdot L_o$$

$$(1 - f_e) 0,36 \text{ m} = (1 - 0,46 \text{ m}) \cdot 0,3 \text{ m}$$

$$1 - f_e = 0,45 \text{ m}$$

$$f_e = 0,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ kerikil} &= 130 \times \frac{w^{0,8}}{9} \times \frac{(1 - f_e)^2}{f_e^3} \times \frac{f_{bw}^{1,2}}{D^{1,8}} \times L_e \\ &= 130 \times \frac{0,995 \times 10^{-6(0,8)}}{9,81} \times \frac{(1 - 0,55)^2}{0,55^3} \times \frac{0,01^{(1,2)}}{3 \times 10^{-3(1,8)}} \times 0,3 \\ &= 0,002 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_L \text{ Total Backwash} &= H_L \text{ pasir} + H_L \text{ arang bambu} + H_L \text{ kerikil} \\ &= 0,008 \text{ m} + 0,016 \text{ m} + 0,002 \text{ m} \\ &= 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

h. Saluran Outlet

$$\text{Kecepatan Filtrasi Tiap Bak (V)} = \frac{Q}{A} = \frac{0,0314}{7,48} = 0,0042 \text{ m/dtk}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Outlet} &= \text{Diameter Manifold} \\ &= 0,247 \text{ m} = 247 \text{ mm} \end{aligned}$$

i. Volume *backwash*

Waktu pencucian filter (*backwash*) 15 menit

$$\text{Volume } backwash = Q \times t = 0,0592 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 900 \text{ dtk} = 53,28 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

j. Perencanaan gutter

Gutter merupakan saluran yang digunakan untuk membawa aliran saat terjadi backwash dan filtrasi. Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 2 bak filtrasi, namun tidak digunakan secara bersamaan.

a. Gutter untuk backwash

Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi, namun tidak digunakan secara bersamaan.

$$\text{Volume air backwash (V)} = 53,28 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{V}{H} \\ &= \frac{53,28 \text{ m}^3}{1} \\ &= 53,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$53,28 = 2L \times L$$

$$53,28 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{53,28}{2}}$$

$$L = 5,2 \text{ m} \quad P = 2L = 2(5,2) = 10,4 \text{ m}$$

b. Gutter untuk filtrasi

Gutter direncanakan digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi.

$$Q_{\text{filtrasi}} = 0,0592 \text{ m}^3/\text{dt} \times 2 = 0,12 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = 5 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ det ik}}{\text{menit}} = 300 \text{ det ik}$$

$$V_{\text{gutter}} = Q_{\text{filtrasi}} \times \text{td} = 0,12 \text{ m}^3/\text{dt} \times 300 \text{ detik} = 36 \text{ m}^3$$

$$v_{\text{manifold}} = 1,2 \text{ m/dt} \times 2 = 2,4 \text{ m/dt}$$

$$A_{\text{gutter}} = \frac{Q_{\text{filtrasi}}}{v_{\text{manifold}}} = \frac{0,12 \text{ m}^3 / \text{dt}}{2,4 \text{ m} / \text{dt}} = 0,1 \text{ m}^2$$

Direncanakan  $H_{\text{gutter}} = 0,2 \text{ m}$ .

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$0,1 = 2L \times L$$

$$0,1 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{0,1}{2}}$$

$$L = 0,2 \text{ m} \quad P = 2L = 2(0,2) = 0,4 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit bak desinfektan yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.59 Spesifikasi Unit Bak Filtrasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Filtrasi (efisiensi removal 80% TSS, 50% BOD dan COD)	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Panjang (p)	4 m	-
	Lebar (l)	2 m	-
	Tinggi (h)	3 m	-
	Debit (Q)	0,0628 m <sup>3</sup> /dtk	-
	Volume (V)	10,08 m <sup>3</sup> /jam	-
Media Pasir	Tebal	70 cm	-
	Diameter	0,8 mm	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	0,16	-
	Ekspansi pasir	0,91 m	-
	Headloss	0,21 m	-
Media Arang Bambu	Tebal	70 cm	-
	Diameter	0,001 m	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	0,21	-
	Ekspansi arang bambu	0,84 m	-
	Headloss	0,14 m	-
Media Penyangga (Kerikil)	Tebal	30 cm	-
	Diameter	0,003 m	-
	Kecepatan filtrasi	0,00278 m/dtk	-
	Nre	1,7	-
	Ekspansi	0,6 m	-

	penyangga kerikil		
	Headloss	0,0064 m	
Lubang Orifice	Diameter	0,02 m	-
	A tiap orifice	$3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	-
	Jumlah lubang	38 lubang	-
Pipa Manifold	A manifold	$0,048 \text{ m}^2$	-
	Diameter	247 mm	-
	Panjang	3 m	-
	Jarak	0,023 m	-
Pipa Lateral	Jumlah total pipa lateral	22 buah	-
	Jarak antar pipa lateral	0,3 m	-
	Panjang	1 m	-
	Diameter	175 mm	-
	Orifice untuk 1 lateral	2 lubang	-
	A tiap lateral	$0,001 \text{ m}^2$	-
Gutter Backwash	Panjang (p)	10 m	Digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi
	Lebar (l)	5 m	
	Tinggi (h)	1 m	
Gutter Filtrasi	Panjang (p)	0,4 m	Digunakan 1 unit untuk 3 bak filtrasi
	Lebar (l)	0,2 m	
	Tinggi (h)	0,2 m	

### E. Bak Khlorinasi

Bangunan ini berfungsi untuk mengurangi atau membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah. Kriteria desain bak khlorinasi dapat dilihat pada Tabel 5.30 sebagai berikut :

**Tabel 5.30 Kriteria desain Bangunan Bak Khlorinasi**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
P : L	2 : 1 – 6 : 1	m
P : H	3 : 1 – 5 : 1	m
Kedalaman (H)	1.5 – 3	m
Gas Klor ( $\text{Cl}_2$ )	>99	%
Sodium Hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ )	>15	%
Kaporit mengandung Klor	60-70	%

(Sumber : SNI 6774:2008)



a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 15 menit (efisiensi removal 100% *E.Coli*)
- Tinggi (h) : 3 m

b. Volume Bak

$$\begin{aligned}V_{\text{bak}} &= Q \times t_d \\ &= 0,0592 \text{ m}^3/\text{det} \times 15 \text{ mnt} \times 60 \text{ dtk/mnt} \\ &= 53,28 \text{ m}^3 \text{ (direncanakan } h = 3 \text{ m)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{V}{h} \\ &= \frac{53,28}{3} = 17,76 \text{ m}^2\end{aligned}$$

c. Dimensi bak

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$17,76 = 2L \times L$$

$$17,76 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{18,84}{2}}$$

$$L = 2,98 \text{ m} \quad P = 2L = 2(2,98) = 5,96 \text{ m}$$

Dibutuhkan :

Kaporit yang mengandung klor = 60%

Konsentrasi yang diinginkan = 5%

Dosis klor = 1,3 mg/L

Berat jenis = 1,2 kg/L

Q = 59,2 L/detik

- Kebutuhan klor =  $59,2 \text{ L/detik} \times 1,3 \text{ mg/L}$   
= 76,96 mg/detik = 6,65 kg/hari
- Kebutuhan klor per bulan =  $30 \text{ hari} \times 6,65 \text{ kg/hari} = 199,5 \text{ kg/bulan}$
- Volume klor =  $\frac{\text{kebutuhan klor 1 hari}}{\text{berat jenis klor}}$   
=  $\frac{6,65 \text{ kg/hari}}{1,2 \text{ kg/L}} = 5,5 \text{ L/hari} = 0,0055 \text{ m}^3/\text{hari}$

$$V_{Ca(OCl)_2} = \frac{\text{kebutuhan Ca (OCl)}_2}{\rho \cdot Ca(OCl)_2} = \frac{6,654 \text{ kg/hari}}{1,2 \text{ kg/L}}$$

$$= 5,5 \text{ L/hari} = 0,0055 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Bila pelarut setiap satu hari, maka volume bak pengaduk khlor 0,0055 m<sup>3</sup>/hari.

Volume pelarut (air) untuk chlorine 10 %

$$V_p = \frac{0,9}{0,1} \times 0,0055 \text{ m}^3$$

$$= 0,01 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume pengaduk Klorinasi = 0,01+ 0,0055 = 0,02 m<sup>3</sup>/hari

- d. Dimensi bak pengaduk Klorin, berbentuk Persegi panjang (direncanakan h = 0,2 m)

Mencari luasan bak

$$A = \frac{V}{H} = \frac{0,02 \text{ m}^3}{0,2 \text{ m}} = 0,1 \text{ m}^2$$

$$A = P \times L \quad \longrightarrow \quad P = 2L$$

$$= 2L \times L$$

$$0,1 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L = 0,2 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad P = 2 \times 0,2 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$$

Direncanakan, bak Pengaduk menggunakan *baffle perforated*, dengan diameter lubang sebesar 0,05 m

Luas Permukaan baffle

$$A_{\text{baffle}} = 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$$

$$= 0,04 \text{ m}^2$$

Luas Tiap Lubang

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,05^2$$

$$= 0,002 \text{ m}^2$$

### Luas Total Lubang

$$\begin{aligned} A &= 50\% \times 0,04 \text{ m}^2 \\ &= 0,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### Jumlah Lubang (n)

$$n = \frac{A_{tot}}{A_{lub}} = \frac{0,02 \text{ m}^2}{0,002 \text{ m}^2} = 10 \text{ lubang}$$

### Jarak Antar Lubang

#### - Horizontal

Direncanakan terdapat 3 baris, dengan  $H = 1 \text{ m}$

$$d_{lubang} \times n = 0,05 \text{ m} \times 10 = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar lubang} = \frac{1 \text{ m} - 0,5 \text{ m}}{10 + 1} = 0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

#### - Vertikal

$$n = 3$$

$$L = 0,5 \text{ m}$$

$$d_{lubang} \times n = 0,05 \text{ m} \times 3 = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar lubang} = \frac{0,5 \text{ m} - 0,15 \text{ m}}{3 + 1} = 0,09 \text{ m} = 9 \text{ cm}$$

### Debit Tiap Lubang

$$Q_{lubang} = \frac{0,0592 \text{ m}^3 / \text{dk}}{3} = 0,02 \text{ m}^3 / \text{dk}$$

Berikut tabel desain unit bak desinfektan yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.60 Spesifikasi Unit Bak Klorinasi**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak Klorinasi (efisiensi removal 100% <i>E.Coli</i> )	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Td	15 menit	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	6 m	-
	Lebar (l)	3 m	-
	Luas (A)	18 m <sup>2</sup>	-
	Volume	53 m <sup>3</sup>	-
Bak Pengaduk Klor	Dinding bak	Tebal 0,1 m	Terbuat dari beton
	Tinggi (H)	0,2 m	-
	Panjang (p)	0,4 m	-
	Lebar (l)	0,2 m	-
	Luas (A)	0,2 m <sup>2</sup>	-
	Volume	0,1 m <sup>3</sup> /hari	-
	Kebutuhan Klor	6,7 kg/hari	-
	A baffle	0,2 m × 0,2 m	-
	Jumlah lubang	10	buah
Q lubang	0,02 m <sup>3</sup> /dtk	-	

#### F. Kolam Indikator

Ikan digunakan sebagai bioindikator terhadap tingkat pemulihan kualitas air melalui proses pengolahan. Jenis ikan yang digunakan sebagai indikator adalah ikan emas, nila dan gurame. Jika ikan yang dijadikan indikator mati, maka hal itu menunjukkan bahwa kualitas air limbah masih kurang baik. Kriteria desain kolam indikator dapat dilihat pada Tabel 5.32 sebagai berikut :

**Tabel 5.32 Kriteria Desain Bangunan Kolam Indikator**

Kriteria Desain		
Komponen	Kriteria	Satuan
Td (Waktu tinggal)	0,5-3	jam
P : L	2 : 1 - 6 : 1	-
P : H	3 : 1 - 5 : 1	-
Kedalaman (H)	1.5 - 3	m
freeboard	<0,3	m

(Sumber : Pedoman Teknis IPAL, 2011)

a. Direncanakan :

- waktu detensi (td) : 30 menit
- tinggi bak (h) : 3 m

Perhitungan :

b. Volume bak pengumpul

$$\begin{aligned}
 V &= Q \cdot td \\
 &= 0,0592 \text{ m}^3/\text{ dtk} \times 30 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ dtk}}{1 \text{ menit}} \\
 &= 106,56 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

c. Luas bak pengumpul

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\text{volume}}{h} = \frac{106,56 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} \\
 &= 35,52 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

d. Dimensi bak

Bentuk persegi panjang

$$A = P \times L \rightarrow P : L = 2 : 1$$

$$35,52 = 2L \times L$$

$$35,52 = (2L)^2$$

$$L = \sqrt{\frac{35,52}{2}}$$

$$L = 4,21 \text{ m} \quad P = 2 L = 2 (4,21) = 8,42 \text{ m}$$

Berikut tabel desain unit kolam indikator yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.61 Spesifikasi Unit Kolam Indikator**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Kolam Indikator	Dinding bak	Tebal 0,2 m	Terbuat dari beton
	Waktu tinggal (td)	30 menit	-
	Tinggi (H)	3 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	8 m	-
	Lebar (l)	4 m	-
	Luas (A)	36 m <sup>2</sup>	-
	Volume	107 m <sup>3</sup>	-

### G. Sludge Drying Bed

Sludge drying bed berfungsi untuk menampung lumpur pengolahan baik dari proses kimia maupun proses biologi. dan memisahkan lumpur yang bercampur dengan air dengan cara proses penguapan menggunakan energi penyinaran matahari. Kriteria desain sludge drying bed dapat dilihat pada Tabel 5.34 sebagai berikut :

**Tabel 5.34 Kriteria Desain Bangunan Sludge Drying Bed**

No	Parameter	Satuan	Besaran
1	Tebal lapisan lumpur	mm	200 – 300
2	P : L	m	2 : 1 – 6 : 1
3	Tebal lapisan media pasir	mm	230 – 300
4	Tebal lapisan gravel	mm	150 – 300
5	Uniformity Coefficien		$\leq 4$
6	Effective Size	mm	0,3 – 0,75
7	Slope lateral drainage line	%	$> 1\%$
8	Jarak antar lateral line	mm	2,5 – 6
9	Kecepatan dalam pipa	m/s	$\leq 0,75$
10	Waktu pengeringan	hari	5 – 15
11	Kelembaban/moisture lumpur	%	$\pm 60$
12	Sludge loading rate	kg/m <sup>2</sup> .th	58,5 – 97,6

(Sumber : Qosim, Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation, 1985)

Direncanakan :

- Tebal lapisan media = 450 mm
- Tebal cake di bed = 0,5
- Waktu pengeringan = 5 hari

Kondisi lumpur yang keluar dari unit pengolahan Bak sedimentasi :

- Kadar air = 90%
- Kadar solid = 10%
- Volume Lumpur Total = 11,4 m<sup>3</sup>/hari

- Media : Lapisan pasir      fine sand      =150 mm  
    coarse sand      =75 mm  
                                  Lapisan kerikil      fine gravel      =75 mm  
    medium gravel      =75 mm  
    coarse gravel      = 75 mm  
                                  ketebalan total media      = 450 mm

- Kadar air pada cake sludge = 75 %
- Tebal (kedalaman) cake sludge = 0,3 m
- Menggunakan 1 unit sludge drying bed yang tiap unit terdiri dari 2 cell

- Volume cake dari solid (  $V_i$  ) =  $\frac{V_{Total}(1-P)}{1-P_i}$   
    =  $\frac{11,4 (1-0,9)}{1-0,75}$   
    = 4,6 m<sup>3</sup>/hari

- Volume cake kering cell      = 4,6 m<sup>3</sup>
- Volume cake kering bed (2 cell)      = 2 x 4,6 m<sup>3</sup> = 9 m<sup>3</sup>
- Luas permukaan cell =  $\frac{9 \text{ m}^3}{0,3 \text{ m}} = 30 \text{ m}^2$

- Maka :
- Perbandingan p : l = 1,5 : 1
  - A = 1,5 l x l  
                                  30 m<sup>2</sup> = 1,5 l<sup>2</sup>  
                                  l = 4,5
  - Lebar = 4,5 m
  - Panjang = 1,5 x 4,5 = 6,8 m

- Volume bed = 11,4 m<sup>3</sup>/hr x 5 hari = 57 m<sup>3</sup>

- Kedalaman air =  $\frac{(57 - 0,3) \text{ m}^3}{(5 \times 6,8 \text{ m}) \times (2 \times 4,5 \text{ m})} = 0,2 \text{ m}$

Sehingga :

Dimensi cell :      P = 6,8 m      Kedalaman = 0,2 m  
    L = 4,5 m

Dimensi bed :  $P = 5 \times 6,8 \text{ m} = 34 \text{ m}$

$L = 2 \times 4,5 \text{ m} = 9 \text{ m}$

Kedalaman =  $0,45 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,2 \text{ m} = 1 \text{ m}$

Free board =  $30\% \times 1 \text{ m} = 0,3 \text{ m}$

- Underdrain

Berfungsi untuk menampung dan mengeluarkan air dari lumpur.

- Terletak di bawah lapisan kerikil (media).

- Underdrain berupa pipa dengan lubang perforasi

- Vol.air/hari =  $V.\text{sludge} \times 90\% - V.\text{Lumpur kering} \times 60\%$   
 $= 11,4 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,9 - 9 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0,6$   
 $= 4,9 \text{ m}^3/\text{hr}$

- Direncanakan Kecepatan air dalam pipa =  $0,3 \text{ m/dt}$

- Luas Pipa  $= \frac{4,9 \text{ m}^3 / \text{hr}}{0,3 \text{ m} / \text{dt} \times 86400 \text{ dt} / \text{hr}} = 1,89 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

- Diameter Pipa  $= \sqrt{\frac{4 \times 1,89 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 0,016 \text{ m} \sim 16 \text{ mm}$

- Pipa Inlet

Direncanakan kecepatan pada pipa =  $0,6 \text{ m/dt}$

Luas Pipa  $= \frac{4,9 \text{ m}^3 / \text{hr}}{0,6 \text{ m} / \text{dt} \times 86400 \text{ dt} / \text{hr}} = 9,45 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$

Diameter Pipa  $= \sqrt{\frac{4 \times 9,45 \cdot 10^{-5}}{3,14}} = 0,011 \text{ m} \sim 11 \text{ mm}$



Berikut tabel desain unit sludge drying bed yang direncanakan sebagai berikut :

**Tabel 5.62 Spesifikasi Unit Sludge Drying Bed**

Unit	Item	Ukuran	Keterangan
Bak sludge drying bed	Dinding bak	Tebal 0,3 m	Terbuat dari beton
	Waktu pengeringan	5 hari	-
	Kedalaman	1 m	-
	Freeboard	0,3 m	-
	Panjang (p)	34 m	-
	Lebar (l)	9 m	-
	Volume	57 m <sup>3</sup>	-
Media	<i>fine sand</i>	155 mm	-
	<i>coarse sand</i>	150 mm	-
	<i>fine gravel</i>	75 mm	-
	<i>medium gravel</i>	75 mm	-
	<i>coarse gravel</i>	75 mm	-
Dimensi Cell	Panjang (p)	7 m	
	Lebar (l)	5 m	
	Kedalaman	0,2 m	
Underdrain	Volume air	4,9 m <sup>3</sup> /hr	-
	Luas pipa	1,89.10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>	-
	Diameter pipa	16 mm	-
	Kecepatan air dalam pipa	0,3 m/dt	-
Pipa inlet	Kecepatan air dalam pipa	0,6 m/dt	-
	Luas pipa	9,45.10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup>	-
	Diameter pipa	11 mm	-

Lumpur yang terdapat di sludge drying bed ini akan dimanfaatkan sebagai kompos. Pembuatan kompos dilakukan yaitu dengan cara pengeringan lumpur dikeringkan terlebih dahulu di bawah matahari terik untuk menghilangkan kandungan air pada lumpur. Proses pengeringan lumpur dapat membutuhkan waktu yang cukup lama hingga mengering. Setelah lumpur mengering kemudian dilakukan penambahan serbuk gergaji atau sekam pada limbah lumpur sisa pengolahan untuk menjadi kompos. Banyaknya sekam atau serbuk gergaji yang dibutuhkan tergantung dari banyaknya lumpur yang akan dijadikan kompos. Pencampuran ini berfungsi agar lumpur lebih padat serta menambah unsur hara pada kompos. Kemudian kompos dapat digunakan sebagai pupuk tanaman di sekitar area IPAL.

## BAB VI KESIMPULAN

### 6.1. Kesimpulan

1. Desain dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) ini menggunakan konsep *Waste Water Garden*. Tanaman yang digunakan adalah *Cattail* (*Typha Angustifolia*), Kala Lili, Lotus (*Nelumbo Nucifera*) yang berguna untuk menambah nilai estetika.
2. Konsep ini mampu menurunkan kadar TSS sebesar 98,2%, BOD 96,5%, COD 94,8% dan *E.Coli* 100% dimana karakteristik limbah domestik awal yaitu TSS 96 mg/l, BOD 292 mg/l, COD 340 mg/l, dan *E.Coli*  $21 \times 10^3$  MPN/100ml.

### 6.2. Saran

1. Apabila fasilitas pengolahan air limbah domestik ini dibangun, sebaiknya pemerintah setempat berperan aktif mengadakan sosialisasi akan pentingnya keberadaan IPAL domestik, sehingga diharapkan peran serta masyarakat untuk mendukung keberhasilan dari maksud dan tujuan pembangunan IPAL tersebut.
2. Perlu dilakukan perawatan secara rutin terhadap IPAL sehingga proses dapat berjalan dengan semestinya.
3. Untuk penelitian selanjutnya, apabila pengoperasian IPAL telah berjalan lebih dari 10 tahun kedepan, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja IPAL tersebut dan dapat memodifikasi tumbuhan yang ada dengan tetap memperhatikan dan mempertimbangkan kemampuan meremoval air limbah dan nilai estetika.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azwar, Azrul. *Menjaga Mutu Pelayanan Kesehatan*. Jakarta: Sinar Harapan. 1996.
- Ali Akbar, Muhammad. 2015. “*Evaluasi Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Komunal Berbasis Masyarakat Di Kecamatan Panakukang Kotamadya Makassar*”. Tesis.
- BPS Kota Balikpapan, 2015. Kecamatan Balikpapan Selatan Dalam Angka 2015
- Chandra, Budiman. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. EGC. Jakarta
- Dirjen Cipta Karya PU. 2008. Standar Kebutuhan Air Bersih Domestik dan Non Domestik
- Husaeni, Nurul. 2008. “*Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid Pada Proses Air Bersih Menggunakan Plate Settler*” *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* Vol. 4 No. 1
- Irawanto, Rony. 2010. “*Fitoremediasi Lingkungan Dalam Taman Bali*”. 2 (4) : 29 – 35.
- Karyadi, Lukman. 2010. “*Partisipasi Masyarakat Dalam Program Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Di RT 30 RW 07 Kelurahan Warungboto, Kecamatan Umbulharjo*”. Kota Yogyakarta. Skripsi. Program Studi Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Dan Ekonomi. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J. dan Roestam Sjarief. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset.
- Kusrijadi , Ali Dkk. 2008 “*Peningkatan Kualitas Sanitasi Lingkungan Berbasis Fitoremediasi*” Jurusan Pendidikan Kimia, Fpmipa Upi
- Melita, Ria. 2014. “*Desain Waste Water Garden Untuk Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Domestik Komunal Di Perumahan Nusantara Permai Sukabumi Bandar Lampung*” Tesis.
- Metcalf dan Eddy, (2001), Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, McGrawHill, New York.*

Notoatmodjo, S, (2003). *Pendidikan dan Prilaku Kesehatan*. Jakarta: PT. Rineka Cipta

Pokja AMPL Kota Balikpapan. 2010. "BAB III Profil Sanitasi Kota Balikpapan". Kota Balikpapan

Perda No.2 Tahun 2011 Tentang Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik Kota Balikpapan

PDAM, 2015 Tentang Data Pelayanan Air Bersih Kota Balikpapan

Yusdi, dkk. 2013. "*Pengelolaan Air Limbah Domestik Komunal Berbasis Masyarakat di Kota Probolinggo*" Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013

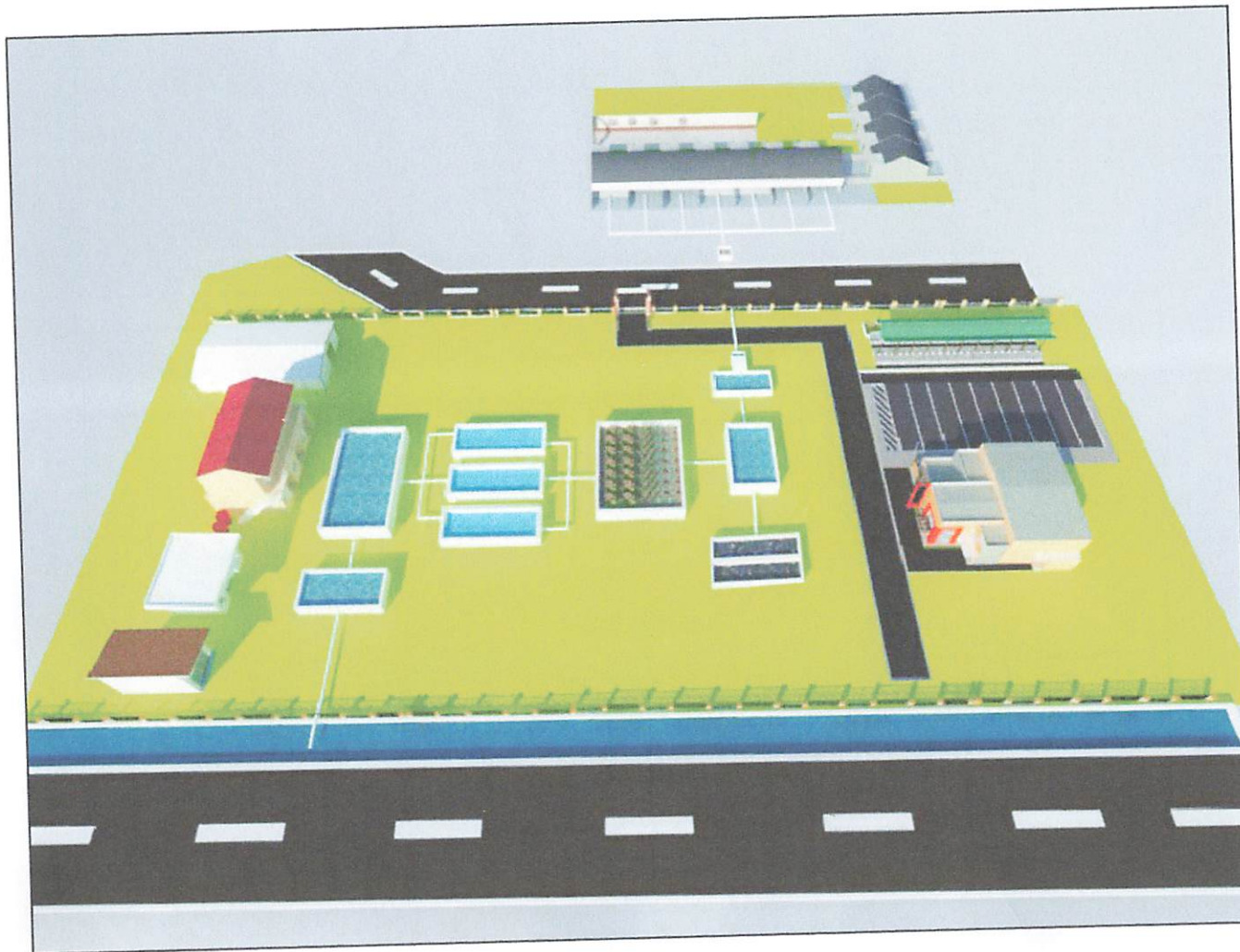
Anonim. 2014. Filtrasi. <http://id.wikipedia.org>. Diakses tanggal 10 Mei 2015

Anonim. 2014. Pasir. <http://id.wikipedia.org>. Diakses tanggal 10 Mei 2015

Anonim, 2011. Pedoman Teknis IPAL. Diakses tanggal 8 Juni 2015

SNI 6774 Tahun 2008 Tentang Tata Cara Pelaksanaan Unit Paket Instalasi Pengolah Air

[www.repository.usu.ac.id](http://www.repository.usu.ac.id) di unduh tanggal 12 Agustus 2015 pukul 10.19 WIB



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PRENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

PERENCANAAN IPAL DOMESTIK  
KOMUNAL DI KECAMATAN  
BALIKPAPAN SELATAN DENGAN  
SISTEM WASTE WATER GARDEN  
(WWG)

SITE PLANE IPAL WILAYAH  
ZONA 1

SKALA 1:100

TAUFIQ ARAFAT  
1226014  
TEKNIK LINGKUNGAN

DIPERIKSA OLEH

CANDRA DWIRATNA, ST.,MT

SUDIRO, ST.,MT