



TUGAS AKHIR - RE 184804

PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON, BANTUL, YOGYAKARTA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
0321164000026

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Agus Slamet, M. Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
BANTUL, YOGYAKARTA**

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
0321164000026

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Agus Slamet, M. Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT - RE 184804

DESIGN OF SEWON SEWAGE TREATMENT PLANT FOR CAPACITY IMPROVEMENT

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
0321164000026

SUPERVISOR
Dr. Ir. Agus Slamet, M. Sc

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Planning, dan Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

HALAMAN PENGESAHAN

PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON, BANTUL, YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA

NRP. 03211640000026

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Agus Slamet, M. Sc
NIP. 19590811 198701 1 001



KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat melaksanakan aktivitas dalam penyusunan tugas akhir yang berjudul **“Perencanaan Peningkatan Kapasitas Pengolahan IPAL Domestik Sewon, Bantul, Yogyakarta”** dapat terselesaikan.

Penyusun menghaturkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak:

1. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc sebagai dosen pembimbing atas segala arahan, masukan, dan ilmu dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai.
2. Penyusun juga mengucapkan terimakasih tak terhingga kepada orang tua, ayahanda, Hono Suwandi, dan ibunda, Evi Dyah Lestari, atas doa, harapan dan dukungan yang telah diberikan kepada penyusun hingga berdiri pada tahap ini.
3. Bapak dan Ibu dosen pengarah yang telah memberikan ilmu dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak dan Ibu pengelola Balai PIALAM Yogyakarta khususnya Bapak Ir. Ignatius Sudarno, M.T., M.Sc. yang telah memberikan arahan dalam pengambilan data lapangan.
5. Teman-teman Ikatan Mahasiswa Magelang ITS-Unair khususnya Fajar, Azmi, Bayu, Septi dan Amel atas motivasi dan dukungannya.
6. Teman-teman satu dosen pembimbing, Wororeni, Yasin, Dita, dan Arsita atas motivasi dan semangatnya.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan untuk mengisi kekurangan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Mei 2020

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON, BANTUL, YOGYAKARTA

Nama Mahasiswa : Maulana Dyandi Satria Pradana
NRP : 0321164000026
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc

ABSTRAK

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Sewon merupakan IPAL Terpusat yang terletak Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kapasitas pengolahan IPAL Sewon didesain mencapai 15.500 m³/hari dan jangkauan pelayanan mencapai 25.500 SR dengan menggunakan unit *Facultative Aerated Lagoon*. Pesatnya pertumbuhan penduduk Daerah Istimewa Yogyakarta yang diiringi dengan peningkatan produksi air limbah serta keterbatasan pengolahan menyebabkan perlunya perencanaan pengembangan IPAL Sewon. Tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik kualitas dan kuantitas kondisi eksisting serta merencanakan pengembangan IPAL Sewon guna meningkatkan kapasitas pengolahan.

Perencanaan pengembangan IPAL Sewon dimulai dari pengambilan data primer dengan uji karakteristik kualitas air limbah IPAL Sewon, lalu proyeksi kuantitas air limbah melalui pendekatan proyeksi penduduk serta pengambilan data sekunder kepada Balai PIALAM selaku pengelola IPAL Sewon. Tugas akhir ini menggunakan dua jenis variabel perencanaan, yaitu aspek teknis dan aspek finansial. Pendekatan aspek teknis dilakukan melalui perhitungan perencanaan pengembangan IPAL Sewon. Sedangkan pendekatan aspek finansial dilakukan dengan memperhitungan *Bill of Quantity* dan Rencana anggaran biaya (RAB) dalam pembangunan pengembangan IPAL Sewon. Parameter utama air limbah terkait tugas akhir ini meliputi TSS,

COD, BOD, amonia, serta *Total Coliform* sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016.

Hasil yang diperoleh menunjukkan IPAL Sewon dapat ditingkatkan kapasitas pengolahannya menjadi 28.761 m³/hari diluar kapasitas eksisting, yakni 15.500 m³/hari dengan menggunakan skema unit baru, yakni sumur pengumpul, *grit chambers*, bak sedimentasi I, bak anoxic, bak aerasi, bak sedimentasi II, SDB, dan desinfeksi yang menghabiskan anggaran biaya Rp 6.774.000.000,-. Adapun tugas akhir ini dapat menjadi rujukan bagi pihak pengelola IPAL Sewon dalam pengembangan IPAL Sewon mendatang.

Kata kunci : air limbah domestik, IPAL Sewon, pengembangan, perencanaan

DESIGN OF SEWON SEWAGE TREATMENT PLANT FOR CAPACITY IMPROVEMENT

Name : Maulana Dyandi Satria Pradana
NRP : 03211640000026
Departement : Environmental Engineering
Supervisor : Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc

ABSTRACT

Sewon Sewage Treatment Plant (STP) is a centralized STP located in Sewon District, Bantul Regency, Special Province of Yogyakarta. The treatment capacity of Sewon STP designed up to 15.500 m³/day and the service range reaches 25.500 SR using Facultative Aerated Lagoon unit. The rapid population growth of the Yogyakarta Special Region, accompanied by an increase in wastewater production and processing limitations led to the need to plan the improvement of Sewon STP. This final project aims to analyze the quality and quantity characteristics of existing conditions and plan the improvement of Sewon STP to increase capacity.

Planning for the improvement of Sewon STP starts from primary data collection by laboratory test of wastewater characteristics, then the projected quantity of wastewater through the population projection approach and secondary data collection to Balai PIALAM as the manager of Sewon STP. This final project uses to types of variables, technical aspects and financial aspects. Technical aspects approach through the calculation of improvement planning of Sewon STP. While the financial aspects approach through the calculating the bill of quantity (BOQ) and budget plan for improvement design of Sewon STP. The main parameters of wastewater used in this final project are TSS, COD, BOD, Amonia, and Total Coliform under Minister of Environment and Forestry Regulation No. 69 of 2016.

The results obtained show that the Sewon STP treatment capacity can be increased to 28.761 m³/day beyond the existing

capacity, 15.500 m³/day by using a new scheme, sump well, grit chambers, sedimentation tanks I, anoxic tank, aeration tank, sedimentation II, SDB, and disinfection which cost Rp 6.774.000.000,-. This final project also can be a reference for management of Sewon STP in improving Sewon STP upcoming years later.

Key words : improvement, planning, Sewon STP, wastewater

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Limbah Domestik.....	5
2.2 Kondisi Eksisting Air Limbah Provinsi.....	5
2.3 Parameter Air Limbah Dometik.....	6
2.3.1 Parameter Fisik	6
2.3.2 Parameter Biologis.....	7
2.3.3 Parameter Kimia.....	7
2.4 Debit Air Limbah Domestik	8
2.4.1 Metode Proyeksi Penduduk	10
2.5 Baku Mutu Air Limbah Domestik	12
2.6 Pengolahan Air Limbah Domestik	12
2.6.1 Pengolahan Fisik.....	12
2.6.2 Pengolahan Biologis	24
2.6.3 Pengolahan Lumpur.....	27
2.7 <i>Activated Sludge</i>	29
2.8 Perhitungan Teknologi <i>Activated Sludge</i>	31
2.9 Profil Balai PIALAM.....	35
2.9.1 Umum.....	35
2.9.2 Pelayanan Balai PIALAM	35

2.10	Gambaran Umum Wilayah Perencanaan	36
BAB III	METODE	41
3.1	Umum	41
3.2	Kerangka Perencanaan	41
3.3	Rangkaian Kegiatan Perencanaan	43
3.3.1	Ide Studi	43
3.3.2	Studi Literatur	43
3.3.3	Tahap Pelaksanaan	43
3.3.4	Tahap Analisis dan Pembahasan	46
3.3.5	Kesimpulan dan Saran	48
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1	Kondisi Eksisting IPAL Sewon	49
4.2	Kualitas Air Limbah	54
4.2.1	Parameter	60
4.2.2	Efisiensi Penyisihan	64
4.3	Debit Air Limbah	66
4.3.1	Tren Debit IPAL Sewon	66
4.3.2	Daerah Perencanaan	67
4.3.3	Proyeksi Penduduk Daerah Perencanaan	67
4.3.4	Kebutuhan Air Bersih	77
4.3.5	Perencanaan Tingkat Pelayanan	79
4.3.6	Proyeksi Pelayanan	80
4.3.6	Debit Air Limbah Daerah Pelayanan	83
4.4	Pemilihan Alternatif Pengolahan	84
4.5	Rencana Lokasi IPAL Pengembangan	92
4.6	Perencanaan Unit Pengembangan IPAL	95
4.6.1	Perencanaan Sumur Pengumpul	95
4.6.2	Perencanaan Bar Screen	97
4.6.3	Perencanaan Pompa	97
4.6.4	Perencanaan <i>Grit Chambers</i>	105
4.6.5	Perencanaan Bak Sedimentasi I	108
4.6.6	Perencanaan Proses Aerasi	113
4.6.7	Perencanaan Bak Sedimentasi II	124
4.6.8	Perencanaan <i>Sludge Drying Bed</i> (SDB)	128

4.6.9 Perencanaan Unit Desinfeksi.....	133
4.6.10 Profil Hidrolis	135
4.7 Perhitungan BOQ.....	138
4.8 Perhitungan RAB	143
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	145
5.1 Kesimpulan	145
5.2 Saran.....	145
DAFTAR PUSTAKA	147
LAMPIRAN	148

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pemakaian Air Minum Domestik Rumah Tangga	9
Tabel 2.2 Pemakaian Air Minum Domestik Non Rumah Tangga..	9
Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik	12
Tabel 2.4 Kriteria Desain <i>Bar Screen</i>	16
Tabel 2.5 Kriteria Desain Grit Chambers	18
Tabel 2.6 Kriteria Desain Bak Sedimentasi I	20
Tabel 2.7 Kriteria Desain Bak Sedimentasi II	23
Tabel 2.8 Karakteristik Lumpur.....	28
Tabel 2.9 Luas Daerah Kota/Kabupaten di Provinsi D.I. Yogyakarta	37
Tabel 3.1 Metode Uji Kualitas Air Limbah	45
Tabel 3.2 Kebutuhan Data Sekunder	45
Tabel 4.1 Kualitas Air Limbah pada Sumur Pengumpul	55
Tabel 4.2 Kualitas Air Limbah pada Inlet Grit Chambers	55
Tabel 4.3 Kualitas Air Limbah pada Outlet Grit Chambers	55
Tabel 4.4 Kualitas Air Limbah pada Outlet FAL 1A.....	55
Tabel 4.5 Kualitas Air Limbah pada Outlet FAL 1B.....	56
Tabel 4.6 Kualitas Air Limbah pada Outlet FAL 2A.....	56
Tabel 4.7 Kualitas Air Limbah pada Outlet FAL 2B.....	56
Tabel 4.8 Kualitas Air Limbah pada Outlet Kolam Maturasi.....	56
Tabel 4.9 Kualitas Air Limbah pada Outlet Desinfeksi	57
Tabel 4.10 Analisis Unit Sumur Pengumpul.....	57
Tabel 4.11 Analisis Unit Inlet Grit Chambers	57
Tabel 4.12 Analisis Unit Outlet Grit Chambers.....	58
Tabel 4.13 Analisis Unit Outlet FAL 1A	58
Tabel 4.14 Analisis Unit Outlet FAL 1B	58
Tabel 4.15 Analisis Unit Outlet FAL 2A	59
Tabel 4.16 Analisis Unit Outlet FAL 2B	59
Tabel 4.17 Analisis Unit Outlet Kolam Maturasi	59
Tabel 4.18 Analisis Unit Outlet Desinfeksi	60
Tabel 4.19 Efisiensi Penyisihan Grit Chambers	65
Tabel 4.20 Efisiensi Penyisihan Kolam FAL Segmen A.....	65
Tabel 4.21 Efisiensi Penyisihan Kolam FAL Segmen 1B.....	65
Tabel 4.22 Analisis Penyisihan Grit Chambers	65
Tabel 4.23 Analisis Penyisihan Kolam FAL Segmen A.....	66
Tabel 4.24 Analisis Penyisihan Kolam FAL Segmen B.....	66
Tabel 4.25 Debit Air Limbah IPAL Sewon	67

Tabel 4.26 Jumlah Penduduk di Daerah Perencanaan.....	68
Tabel 4.27 Pehitungan Nilai r Metode Aritmatik	69
Tabel 4.28 Perhitungan Nilai r Metode Geometrik	70
Tabel 4.29 Perhitungan Nilai r Metode <i>Least Square</i>	71
Tabel 4.30 Rerata Laju Pertumbuhan Penduduk di Daerah Perencanaan Tahun 2013-2018	73
Tabel 4.31 Perhitungan Proyeksi Penduduk Daerah Pelayanan Tahun 2019-2040	74
Tabel 4.32 Rata-Rata Penggunaan Air Bersih	77
Tabel 4.33 Data Air Bersih Daerah Perencanaan Tahun 2019...78	
Tabel 4.34 Pelayanan Awal Daerah Perencanaan	79
Tabel 4.35 Persentase Tingkat Pelayanan Awal Daerah Perencanaan	80
Tabel 4.36 Proyeksi Tingkat Pelayanan IPAL Sewon	81
Tabel 4.37 Produksi Air Limbah Daerah Perencanaan	83
Tabel 4.39 Nilai Pembobotan	86
Tabel 4.40 Perbandingan Efisiensi Pengolahan Tiap Alternatif ..88	
Tabel 4.41 Pembobotan untuk Pemilihan Alternatif	92
Tabel 4.42 Penjadwalan SDB.....	132
Tabel 4.43 Rekapitulasi Perhitungan Headloss	136
Tabel 4.44 Pembersihan Lahan Ringan	138
Tabel 4.45 Penggalian Tanah Biasa	138
Tabel 4.46 Pekerjaan Dinding Beton Bertulang	138
Tabel 4.47 Pekerjaan Plat Beton Bertulang	139
Tabel 4.48 Pengurugan Tanah Penutup	140
Tabel 4.49 Pekerjaan Kolom Beton Bertulang	140
Tabel 4.50 Pekerjaan Sloof Beton Bertulang	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bar Screen.....	14
Gambar 2.2 Skema Penyisihan Material.....	15
Gambar 2.3 Grit Chambers	20
Gambar 2.4 Bak Sedimentasi II	22
Gambar 2.5 Kolam Maturasi.....	27
Gambar 2.6 SDB	28
Gambar 3.1 Kerangka Perencanaan.....	42
Gambar 3.2 Titik Lokasi Pengambilan Sampel	44
Gambar 3.3 Kerangka Pengambilan Data	46
Gambar 3.4 Kerangka Analisis Kondisi Eksisting	47
Gambar 3.5 Kerangka Analisis Perencanaan Pengembangan...	47
Gambar 4.1 Unit Sumur Pengumpul	50
Gambar 4.2 Unit Grit Chambers.....	51
Gambar 4.3 Unit Kolam FAL	52
Gambar 4.4 Unit Kolam Maturasi	53
Gambar 4.5 Unit SDB.....	54
Gambar 4.6 Nilai COD Unit Pengolahan IPAL Sewon	61
Gambar 4.7 Nilai BOD Unit Pengolahan IPAL Sewon	61
Gambar 4.8 Nilai TSS Unit Pengolahan IPAL Sewon.....	62
Gambar 4.9 Nilai Amonia Unit Pengolahan IPAL Sewon.....	63
Gambar 4.10 Nilai Total Coliform Unit Pengolahan IPAL Sewon	64
Gambar 4.11 Tahapan Pemilihan Proses	84
Gambar 4.12 Penjabaran Tahapan Pemilihan Proses.....	85
Gambar 4.13 Alternatif Pengolahan 1	86
Gambar 4.14 Alternatif Pengolahan 2.....	87
Gambar 4.15 Lokasi IPAL Sewon Eksisting.....	93
Gambar 4.16 Rencana Lokasi IPAL Pengembangan	94
Gambar 4.17 Model Pompa Groundfos	105

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

IPAL Sewon merupakan instalasi pengolahan air limbah terpusat yang terletak Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. IPAL yang dikelola oleh Balai Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum (Balai PIALAM) dibawah naungan Dinas Pekerjaan Umum dan Energi Sumber Daya Mineral (Dinas PU-ESDM) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta ini melakukan pengolahan limbah dengan sistem terpusat yaitu adanya pipa-pipa saluran air limbah yang mengalirkan air limbah dari sambungan rumah (SR) menuju IPAL Sewon. Air limbah yang diolah berasal dari air buangan rumah tangga, hotel, restoran, dan permukiman masyarakat yang tinggal di wilayah Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, dan Kota Yogyakarta. Seiring dengan tugas, pokok, dan fungsinya, keberadaan Balai PIALAM (dalam hal ini IPAL Sewon) memiliki manfaat untuk melindungi perlindungan badan-badan air dari pencemaran air limbah, peningkatan kualitas dan estetika lingkungan (Dokumen IPAL Sewon, 2013).

Pesatnya pertumbuhan penduduk Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) diiringi dengan peningkatan produksi air bersih serta kurangnya kesadaran terkait pengolahan air limbah yang baik menyebabkan kemungkinan masalah pencemaran lingkungan yang timbul menjadi besar. Badan Pusat Statistik Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (2018) mencatat kapasitas produksi air bersih Yogyakarta mengalami kenaikan 5,21 % dari tahun sebelumnya mencapai 2.447 liter/detik dengan produksi air bersih sebesar 52,42 juta m³/tahun. Adapun jumlah pelanggan mencapai 160.840 SR dengan 94,42 % pelanggan adalah rumah tangga. Peningkatan pertumbuhan penduduk berbanding lurus dengan kapasitas pengolahan IPAL. Akibatnya, pertumbuhan penduduk yang tinggi menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan (Setiawati, 2016). Apabila dalam pengolahan air limbah mulai dari penyaluran hingga instalasi pengolahan tidak tersistem dengan baik, hal ini akan semakin menambah

kemungkinan terjadi pencemaran dan masalah-masalah pemukiman yang lain.

Arahan Perda DIY No. 2 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Tahun 2009-2029 dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Provinsi DIY Tahun 2017-2022 menyatakan bahwa wilayah Kecamatan Sewon akan dilaksanakan pengembangan terhadap IPAL Terpusat. Hal ini sejalan dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009, pemerintah daerah diberikan kewenangan dalam melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah pencemaran lingkungan yang salah satunya berasal dari air limbah domestik. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016, air limbah domestik merupakan air buangan yang dihasilkan dari berbagai bentuk kegiatan rumah tangga. Adapun yang termasuk dalam air limbah domestik antara lain: air limbah bukan limbah bahan berbahaya dan beracun, buangan jamban, buangan mandi dan cuci, serta buangan hasil usaha kegiatan rumah tangga dan kawasan lain, meliputi: perumahan, rumah makan, perkantoran, perniagaan, hotel, apartemen dan asrama (Perda DIY No. 2 Tahun 2013). Sebagian besar penduduk Indonesia masih menggunakan sistem pengolahan air limbah domestik yang berupa tangki septik. Air limbah domestik menjadi sumber pencemar terbesar yang masuk ke badan air. Hal ini dikarenakan 60-80% dari air bersih yang digunakan akan dibuang ke badan air sebagai air limbah (Susanthi dkk., 2018). Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu adanya perencanaan pengembangan IPAL Sewon yang bertujuan untuk peningkatan kapasitas beberapa tahun mendatang sesuai arahan Perda DIY No. 2 Tahun 2010 dan tercantum dalam RPJMD Provinsi DIY Tahun 2017-2022.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik kualitas dan kuantitas kondisi eksisting IPAL Sewon?
2. Bagaimana perencanaan pengembangan yang sesuai untuk peningkatan kapasitas pengolahan?

1.3 Tujuan

Berdasarkan perencanaan yang dilakukan akan ditentukan beberapa tujuan. Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Menganalisis karakteristik kualitas dan kuantitas kondisi eksisting IPAL Sewon.
2. Merencanakan unit perencanaan pengembangan IPAL Sewon untuk peningkatan kapasitas pengolahan.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Data primer kualitas air limbah yang digunakan dalam Tugas Akhir diambil dari IPAL Sewon pada rentang bulan Februari 2020 sampai Maret 2020.
2. Data sekunder yang diambil dari berbagai sumber akan dijelaskan pada Bab III Metode.
3. Parameter yang digunakan sesuai dengan baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016, meliputi: Total Suspended Solid (TSS), Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Amonia, dan Total Coliform.
4. Aspek analisis yang digunakan meliputi, aspek keteknikan (terutama perencanaan pengembangan) dan finansial berupa Bill of Quantity (BOQ) serta Rencana Anggaran Biaya (RAB).
5. Gambar teknis berupa: layout IPAL, layout unit pengolahan, potongan unit pengolahan, dan profil hidrolis. (Tidak termasuk perhitungan konstruksi)

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Menjadi referensi bagi Balai PIALAM sebagai pengelola IPAL Sewon maupun Dinas PUESDM Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dalam pemilihan alternatif perencanaan pengembangan pengolahan air limbah domestik.

2. Menghasilkan perencanaan untuk mengembangkan sistem pengolahan air limbah pada kawasan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

Setiap kegiatan manusia akan menghasilkan air limbah domestik. Dalam beberapa tahun terakhir, air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan manusia telah menjadi masalah lingkungan yang paling utama. Peningkatan kuantitas dan jenis limbah yang dihasilkan tidak hanya terjadi di negara maju tetapi juga terjadi di negara berkembang, salah satunya di Indonesia (Purwatinigrum, 2018).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016, air limbah domestik merupakan air buangan yang dihasilkan dari berbagai bentuk kegiatan rumah tangga. Asadiya dan Karnaningroem (2018) menyatakan bahwa produksi air limbah domestik yang dihasilkan dari aktivitas manusia setiap harinya semakin meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk. Air limbah domestik atau rumah tangga yang tidak diolah secara benar dapat menyebabkan berbagai macam masalah bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Air limbah domestik mencakup seluruh limbah rumah tangga yang dibuang ke dalam saluran penyaluran air limbah yang meliputi:

- a. Air limbah dari perumahan
Debit air limbah dari perumahan dapat diperhitungkan melalui kepadatan penduduk dan rata-rata perorangan dalam sehari.
- b. Air limbah dari daerah publik
Sumber dari daerah publik meliputi lapangan terbang, hotel, gedung perusahaan, kantor, rumah makan, masjid, pasar, rumah sewaan, dan lain-lain.
- c. Air limbah dari daerah kelembagaan atau instansi
Sumber dari daerah kelembagaan meliputi rumah sakit, rumah tahanan, sekolah, asrama dan lainnya.

2.2 Kondisi Eksisting Air Limbah Provinsi

Produksi air limbah domestik selalu berbanding lurus dengan produksi air bersih. Badan Pusat Statistik Provinsi

Daerah Istimewa Yogyakarta (2018) mencatat kapasitas produksi air bersih Yogyakarta mengalami kenaikan 5,21 % dari tahun sebelumnya mencapai 2.447 liter/detik dengan produksi air bersih sebesar 52,42 juta m³. Adapun jumlah pelanggan mencapai 160.840 SR dengan 94,42 % pelanggan adalah rumah tangga. Akibatnya, pertumbuhan penduduk yang tinggi menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan (Setiawati, 2016). Hal ini sejalan dikarenakan 60-80% dari air bersih yang digunakan akan dibuang ke badan air sebagai air limbah domestik (Susanthi dkk., 2018). Apabila dalam pengolahan air limbah mulai dari penyaluran hingga instalasi pengolahan tidak tersistem dengan baik, hal ini akan semakin menambah kemungkinan terjadi pencemaran dan masalah-masalah pemukiman yang lain.

2.3 Parameter Air Limbah Dometik

Alternatif pengolahan air limbah domestik tergantung dari karakteristik effluen yang diharapkan. Parameter air limbah domestik dapat diklasifikasikan menjadi karakter fisik, kimia, dan biologis sejalan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 ialah sebagai berikut:

2.3.1 Parameter Fisik

Parameter fisik dari air limbah domestik yang paling utama ialah *Total Suspended Solid* (TSS) dan kekeruhan.

1. *Total Suspended Solid* (TSS)

TSS merupakan bagian dari *Total Solid* yang berupa zat padat organik maupun anorganik tersuspensi dalam air (Rini, 2018). Definisi lain menyatakan bahwa TSS merupakan padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme dan sebagainya (Lestari, 2016). Kadar TSS yang tinggi menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga akan mengganggu proses fotosintesis, menyebabkan turunnya oksigen terlarut, dimana akan mengganggu ekosistem akuatik. Selain itu adanya sejumlah materi tersuspensi tersebut mengendap dan dapat mengganggu aliran serta menyebabkan pendangkalan (Ruhmawati dkk, 2017).

2. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh zat padat tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun anorganik, dan dapat membatasi cahaya matahari masuk ke alam air (Rini, 2018).

2.3.2 Parameter Biologis

Parameter biologis utama dari air limbah domestik ialah *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), minyak, dan lemak (Rini, 2018).

1. BOD

BOD ialah parameter yang digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik didalam air limbah (Fatmawati dkk., 2012). Satuan yang digunakan dalam menyatakan kadar BOD pada umumnya ialah mg/liter. Pada uji BOD terjadi reaksi oksidasi pada zat organik dengan adanya bantuan bakteri didalam air (Ayuningtyas, 2009).

2. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan senyawa organik yang bersifat tetap dan sukar diuraikan oleh bakteri dan mengakibatkan pencemaran pada suatu badan air. Minyak mempunyai berat jenis lebih kecil dari air sehingga akan membentuk lapisan tipis diatas permukaan air tersebut. Kondisi tersebut dapat mengurangi kandungan oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen beban akan terhambat. Minyak dan lemak juga menghalangi penetrasi sinar matahari dimana akan mengganggu keseimbangan rantai makanan (Hardiana dan Mukimin, 2014).

2.3.3 Parameter Kimia

Parameter kimia utama dari air limbah domestik ialah *Chemical Oxygen Demand* (COD), berbagai bentuk senyawa nitrogen, pH, dan fosfor (Rini, 2018).

1. COD

Metcalf dan Eddy (2014) menjelaskan bahwa COD dapat diartikan jumlah oksigen yang diperlukan dalam menguraikan seluruh bahan organik yang terkandung dalam air dengan menguraikan secara kimia menggunakan oksidator kuat pada kondisi asam dan panas serta menggunakan katalisator perak sulfat. Hal tersebut dapat menyebabkan seluruh bahan organik

akan teroksidasi dengan baik dan mudah maupun kompleks dan sulit terurai.

2. Senyawa nitrogen

Salah satu senyawa nitrogen dalam air limbah domestik ialah amonia. Widayat, dkk (2010) dalam penelitiannya menyatakan bahwa pada konsentrasi 1 mg NH_3 /liter, beberapa jenis ikan akan mati lemas karena amonia dapat mengurangi konsentrasi oksigen dalam air. Upaya untuk mengurangi konsentrasi amonia yang terkandung dalam buangan air limbah domestik baik segar maupun telah terolah yaitu perlu adanya suatu pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan/badan air. Penurunan konsentrasi amonia dalam air limbah dapat dilakukan dengan beberapa cara pengolahan, yaitu dengan pengolahan secara fisik/kimiawi, biologis, ataupun gabungan keduanya.

3. pH

Power of Hidrogen (pH) atau derajat keasaman adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan. pH merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi kehidupan mikroorganisme dalam air (Retnosari dan Shovitri, 2013). Pengendalian pH sangat penting untuk berbagai proses, seperti netralisasi limbah cair, reaksi kimia, dan biologis lain-lain. Hal tersebut bertujuan mempertahankan nilai pH pada nilai tertentu (Ariani, 2011). pH dibentuk dari informasi kuantitatif yang dinyatakan oleh tingkat keasaman atau basa yang berkaitan dengan aktivitas ion hidrogen. Jika nilai pH kurang dari 7 berarti material tersebut bersifat asam, dan bila lebih dari 7 maka bersifat basa (Astria dkk., 2014).

2.4 Debit Air Limbah Domestik

Perhitungan debit air limbah didasarkan pada jumlah pemakaian air minum. Volume air limbah adalah 80% dari volume air minum. Perhitungan untuk pemakaian air minum penduduk sebaiknya menggunakan data primer. Apabila data primer tidak ada, data sekunder yang biasa digunakan adalah data pemakaian air PDAM untuk rumah yang hanya menggunakan PDAM sebagai satu-satunya sumber air minum (Dirjen Cipta

Karya, 2016). Tabel 2.1 menunjukkan kriteria pemakaian air minum domestik rumah tangga.

Tabel 2.1 Pemakaian Air Minum Domestik Rumah Tangga

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (x 1000 orang)	Tingkat Pemakaian Air Minum (L/orang.hari)
1	Metropolitan	>1000	190
2	Kota Besar	500 - 1000	170
3	Kota Sedang	100-500	150
4	Kota Kecil	20 – 100	130
5	Kota Kecamatan	3-20	100
6	Kota Pusat Pertumbuhan	<3	30

Sumber: Dirjen Cipta Karya, 2016

Adapun Tabel 2.2 menunjukkan kriteria pemakaian air minum domestik non rumah tangga.

Tabel 2.2 Pemakaian Air Minum Domestik Non Rumah Tangga

No	Non Rumah Tangga	Satuan	Debit Ekivalen (L/ekiv orang.hari)
1	Sekolah	Liter/murid.hari	8
2	Rumah Sakit	Liter/bed.hari	160
3	Puskesmas	Liter/hari	1600
4	Masjid	Liter/hari	2400
5	Kantor	Liter/karyawan.hari	8
6	Pasar	Liter/hektar.hari	9600
7	Hotel	Liter/bed.hari	120
8	Rumah makan	Liter/kursi.hari	80
9	Komplek militer	Liter/orang.hari	48

Sumber: Dirjen Cipta Karya, 2016

Berikut merupakan rumus untuk menghitung debit air limbah rata-rata (Qave) yang dihasilkan dari aktivitas domestik:

$$Qave = \text{Kebutuhan air bersih} \times \text{jumlah orang} \times 80\%$$

(Persamaan 2-1)

Pada jam tertentu akan terjadi lonjakan debit tertinggi (Qpeak) akibat dari pemakaian air yang meningkat dan relatif lebih tinggi dibandingkan pada jam lain, yang bisa dihitung dengan rumus berikut:

$$Qpeak = Qave \times fp$$

(Persamaan 2-2)

Dimana:

Q_{peak} = debit puncak (L/s)
 Q_{ave} = debit rata-rata (L/s)
 f_p = faktor peak

2.4.1 Metode Proyeksi Penduduk

Berdasarkan buku pedoman dari Dirjen Cipta Karya (2018), untuk memproyeksikan jumlah penduduk masa yang akan datang dapat menggunakan metode aritmatik, geometrik, atau *least square*. Ketiga metode tersebut tergolong metode matematik. Metode matematik ini sering disebut juga dengan metode tingkat pertumbuhan penduduk.

1. Metode aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun (Dirjen Cipta Karya, 2018). Adapun persamaan yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah:

$$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o)$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1}$$

(Persamaan 2-3)

Dimana:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke- n
 P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar
 T_n = Tahun ke n
 T_o = Tahun dasar
 K_a = konstanta aritmatik (pertumbuhan penduduk per tahun)
 P_2 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir
 P_1 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun pertama
 T_2 = Tahun kedua yang diketahui
 T_1 = Tahun pertama yang diketahui

2. Metode Geometri

Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk. Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun (Suheri, 2019). Berikut persamaan yang digunakan pada metode geometrik:

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

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0}\right)^{1/t} - 1$$

(Persamaan 2-4)

Dimana:

- P_t = Jumlah penduduk pada tahun ke- t
- P₀ = Jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- t = Interval tahun

3. Metode *Least Square*

Proyeksi penduduk menggunakan metode *least square* merupakan metode regresi untuk hubungan antara sumbu Y dan sumbu X dimana Y adalah jumlah penduduk dan X adalah tahunnya dengan cara menarik garis linier antara data-data tersebut dan meminimumkan jumlah pangkat dua dari masing-masing penyimpangan jarak data dengan garis yang dibuat (Suheri, 2019). Adapun persamaan yang digunakan pada metode *least square* adalah sebagai berikut:

$$Y_n = a + b$$

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{\sum YX - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

(Persamaan 2-5)

Dimana:

- Y_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n
- a = Konstanta
- b = Koefisien laju pertumbuhan penduduk
- N = Jumlah tahun

2.5 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah dari suatu usaha dan atau kegiatan (PermenLHK No. 68 Tahun 2016). Tabel 2.3 menunjukkan baku mutu air limbah domestik yang tercantum dalam lampiran 1 PermenLHK Nomor 68 tahun 2016.

Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	pH	-	6 - 9
2	BOD	mg/L	30
3	COD	mg/L	100
4	TSS	mg/L	30
5	Minyak dan Lemak	mg/L	5
6	Amoniak	mg/L	10
7	Total Coliform	MPN/100 mL	3000

Sumber: PermenLHK No 68 Tahun 2016

2.6 Pengolahan Air Limbah Domestik

Proses yang terjadi pada suatu instalasi pengolahan air limbah domestik (IPAL) berkaitan erat dengan penurunan atau degradasi kualitas influen dan efluen air limbah yang ditargetkan. Semakin buruk kualitas air limbah tersebut maka semakin sulit pengolahan yang dibutuhkan. Oleh karena itu, desain IPAL dirancang harus bisa memenuhi baku mutu yang berlaku (Rini, 2018).

2.6.1 Pengolahan Fisik

Pengolahan fisik atau yang sering disebut *primary treatment* merupakan proses penghilangan benda-benda terapung (seperti ranting pohon, sampah, dsb), material tersuspensi, dan pertikel diskrit lain (seperti pasir dan kerikil) menggunakan pemisahan secara gravitasi maupun flotasi (Rini, 2018). Pengolahan secara fisik merupakan tahap awal dari pengolahan air limbah sebelum dilakukan pengolahan lanjutan

terhadap air buangan yang bertujuan agar bahan-bahan tersuspensi yang berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan terapung disisihkan terlebih dahulu. Unit pengolahan fisik yang terdapat di IPAL biasanya terdiri dari unit sumur pengumpul, *screw pump*, *bar screen*, bak sedimentasi I, bak sedimentasi II dan *grit chambers*.

1. Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul ialah salah satu bangunan pendukung yang berfungsi untuk mengumpulkan air limbah domestik dari sistem penyaluran. Pada umumnya, sumur pengumpul berada pada elevasi terendah sehingga memerlukan pompa untuk menaikkan elevasi air agar dapat dialirkan secara gravitasi. Perencanaan sumur pengumpul bergantung pada tipe, konfigurasi, dan kontrol (konstan atau variabel kecepatan atau elevasi muka air) pompa yang digunakan. Sumur pengumpul direncanakan dengan kapasitas yang cukup besar untuk mencegah kerja pompa yang terus menerus. Namun, kapasitas sumur pengumpul juga harus memerhatikan waktu detensi yang tidak terlalu lama sehingga berpotensi mengakibatkan terjadi proses biologi yang menimbulkan bau berlebihan. Oleh karena itu, waktu detensi yang dapat digunakan dalam sumur pengumpul yakni < 10 menit (merujuk pada Permen PUPR No. 04 Tahun 2017). Penentuan volume dapat dilakukan dengan menghitung waktu detensi yang telah ditetapkan dengan debit air limbah yang masuk ke dalam sumur pengumpul (Dirjen Cipta Karya, 2018). Kedalaman sumur pengumpul direncanakan dengan mempertimbangkan jenis atau tipe pompa. Setiap pompa memiliki ketinggian air minimum untuk menjaga operasional pompa dapat berjalan dengan baik. Selanjutnya, penentuan dimensi, panjang dan lebar, sumur pengumpul dapat ditentukan menyesuaikan dengan kondisi lahan.

2. Screw Pump

Screw pump atau pompa ulir di IPAL Sewon dibangun dengan tujuan untuk menaikkan elevasi air limbah domestik sehingga IPAL dapat direncanakan dengan prinsip aliran gravitasi. Masing-masing tipe pompa memiliki kelebihan dan kekurangan yang harus dipertimbangkan baik dalam aspek teknis maupun non teknis. Pemilihan jenis pompa dapat mempengaruhi

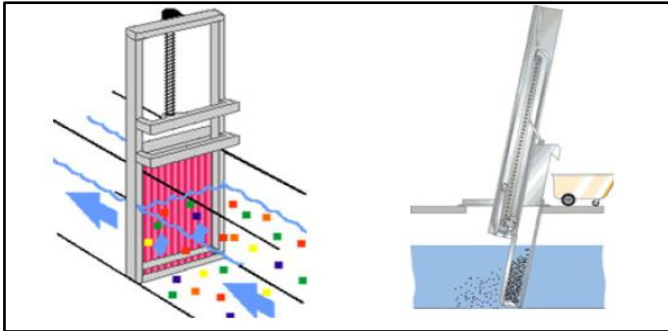
secara langsung terhadap desain prasarana dan sarana pada bak atau sumur pengumpul (Dirjen Cipta Karya, 2018).

3. **Bar Screen**

Bar Screen (Gambar 2.1) merupakan penyaring benda-benda padat dan kasar yang ikut terbawa ke dalam air limbah agar tidak mengganggu aliran dan merusak unit pengolahan lainnya. Secara umum, *Bar Screen* dapat dibedakan berdasarkan perbedaan bukaan atau jarak antar bar atau batang, yaitu saringan kasar dan saringan halus. Penyisihan material kasar menjadi penting untuk dilakukan di awal IPAL karena berpotensi dapat mengganggu sistem kerja peralatan seperti pompa dan penyumbatan pada pipa. Prinsip kerja saringan sampah yakni menghalangi material atau padatan berukuran besar masuk ke dalam pengolahan air limbah. Saringan sampah harus dilengkapi dengan kawat-kawat, kisi-kisi, plat berlubang, ataupun memanfaatkan lubang pada pipa (Dirjen Cipta Karya, 2018). Ilustrasi mekanisme penyisihan saringan dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.1 Bar Screen
Sumber: Sitorus dkk., 2011



Gambar 2.2 Skema Penyisihan Material
 Sumber: Dirjen Cipta Karya, 2018

Menurut Dirjen Cipta Karya (2018), terdapat beberapa komponen yang harus diperhatikan dalam merencanakan saringan, yakni:

- a. Pintu air, berfungsi untuk mengatur aliran air limbah domestik yang akan masuk ke dalam instalasi. Pengaturan air limbah domestik dapat dilakukan jika dalam rancangan direncanakan akan dibangun dua saluran maka pintu air berfungsi untuk mengatur buka tutup saluran tersebut ketika kondisi debit minimum dan maksimum. Terdapat dua jenis pintu air yakni mekanis dan konvensional. Pintu air mekanis dapat dilakukan dari ruang kontrol secara otomatis berdasarkan kondisi debit air limbah domestik yang masuk ke dalam IPAL sedangkan pintu air konvensional dilakukan dengan bantuan operator untuk membuka dan menutup pintu air.
- b. Tempat penampung hasil saringan. Volume tempat penampungan hasil saringan dapat disesuaikan dengan kapasitas penampungan yang ada dalam pedoman pengelolaan persampahan, seperti perencanaan kontainer dsb.

Perencanaan saringan terdapat beberapa kriteria desain yang menjadi dasar dalam perencanaan dan dipenuhi sehingga unit dapat bekerja secara maksimal. Adapun kriteria desain unit *Bar Screen* dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Kriteria Desain Bar Screen

Parameter	Satuan	Besaran
Kecepatan saluran penyaring	m/detik	>0,6
Kecapatan melalui bar	m/detik	0,6-1
Headloss maksimum	m	0,8
Kemiringan horisontal	Derajat	60-85
Lebar batang	cm	0,8-1
Jarak antar batang	cm	1-5
Kedalaman bar	cm	5-7,5

Sumber: Qasim, 1998

Adapun tahapan perhitungan pada perencanaan unit *Bar Screen* dijabarkan sebagai berikut (Dirjen Cipta Karya, 2018):

- a. Luas total bukaan batang (A)

$$A = \frac{Q}{V_{bar}}$$

(Persamaan 2-6)

dimana:

A = luas bukaan batang (m²)

Q = debit air limbah (m³/detik)

V_{bar} = kecepatan melalui bar (m/detik)

- b. Lebar bukaan bersih

$$l = \frac{A}{d}$$

(Persamaan 2-7)

dimana:

l = lebar bukaan bersih

A = luas bukaan batang (m²)

d = kedalaman air limbah domestik pada saluran pembawa (m)

- c. Jumlah batang (n)

$$(n + 1) \times b = l$$

(Persamaan 2-8)

dimana:

n = jumlah batang (buah)

b = lebar batang (m)

l = lebar bukaan bersih (m)

4. *Grit Chambers*

Unit *grit chambers* pada IPAL Sewon berfungsi untuk memisahkan partikel *grit* menggunakan pemisahan secara gravitasi yang terbawa didalam air limbah agar tidak mengganggu proses unit selanjutnya. Pemisahan partikel juga dapat mengurangi polutan fisik yang dibawa oleh air limbah (Rini, 2018). Material *grit* berpotensi masuk ke dalam jaringan perpipaan. Material ini memiliki massa yang lebih berat dari material organik di dalam air limbah domestik. Penyisihan *grit* perlu dilakukan untuk melindungi operasional peralatan mekanik seperti pompa dari keausan dan abrasi yang tidak perlu, mencegah penyumbatan di pipa, penumpukan endapan di saluran, mencegah efek sedimen di bawah digester lumpur dan bak pengendapan pertama, dan mengurangi akumulasi bahan inert di kolam aerasi dan digester lumpur yang dapat mengakibatkan terganggunya proses pada unit tersebut.

Grit chambers juga unit pengolahan yang menggunakan prinsip sedimentasi tipe 1 yang sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran. Kecepatan harus direkayasa sehingga yang diendapkan hanya *grit* atau pasir. Material pasir relatif mempunyai *specific gravity* yang lebih berat dari partikel lain. Pengaturan kecepatan dibutuhkan untuk menjaga aliran tidak terlalu lamban karena dapat mengakibatkan bahan-bahan organik selain *grit* ikut mengendap (Dirjen Cipta Karya, 2018). Hal-hal yang perlu dilakukan dalam merencanakan *Grit Chambers*, untuk mengatur kondisi pengendapan, antara lain:

- a. Bak dibagi menjadi dua kompartemen atau lebih. Hal ini bertujuan untuk mengatur air limbah domestik yang masuk ke dalam instalasi. Jika aliran minimum, maka hanya satu unit yang dioperasikan dan jika debit air limbah domestik maksimum maksimum, maka dioperasikan keduanya. Jumlah kompartemen disesuaikan dengan rencana debit yang akan diolah.
- b. Penampang melintang pada bak penangkap pasir dibuat mendekati bentuk parabola untuk mengakomodasi setiap terjadi perubahan debit dengan kecepatan konstan.
- c. Bak penangkap pasir dilengkapi dengan pengatur aliran yang disebut *control flume* yang dipasang pada ujung aliran.

Terdapat kriteria desain untuk merancang bak *grit chambers*. Adapun kriteria desain tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Kriteria Desain Grit Chambers

Parameter	Nilai	Satuan
Waktu detensi	45-90	detik
V _{horizontal}	0,24-0,4	m/detik
Spesifik gravity grit	1,5-2,7	-
Spesifik gravity material organik	1,02	-
OFR	0,021-0,023	m ³ /m ² /detik
Jumlah grit tersisih	5-200	m ³ /106/m ³
Jumlah bak minimal	2	Unit
Kedalaman	2-5	meter

Sumber: Metcalf dan Eddy, 2014

Perencanaan *grit chambers* harus dilakukan pada kondisi debit maksimum dan minimum dengan memerhatikan kriteria desain yang direncanakan. Tahap awal yang harus direncanakan adalah tipe dan geometri bangunan *grit chambers* sehingga dapat dihitung dimensi baik panjang, lebar maupun kedalaman bak. Adapun tahapan penghitungan dalam perencanaan sebagai berikut (Dirjen Cipta Karya, 2018):

- a. Luas permukaan bak (A_s)

$$A_{surface} = \frac{Q}{OR} \quad (\text{Persamaan 2-9})$$

dimana:

A_s = luas permukaan (m²)

Q = debit air limbah (m³/hari)

OR = *overflow rate* (m³/m²/hari)

- b. Luas melintang (Across)

$$A_c = \frac{Q}{Vh} \quad (\text{Persamaan 2-10})$$

dimana:

A_c = luas melintang (m²)

Q = debit air limbah (m³/hari)

Vh = kecepatan horisontal (m/detik)

- c. Volume bak (V)

$$V = Q \times td$$

(Persamaan 2-11)

dimana:

t_d = waktu detensi

d. Tinggi muka air pada saat maksimum (d)

$$d = \frac{Volume}{A_{surface}}$$

(Persamaan 2-12)

e. Lebar bak (l)

$$w = \frac{Across}{d}$$

(Persamaan 2-13)

f. Panjang bak (p)

$$p = \frac{A_{surface}}{w}$$

(Persamaan 2-14)

Setelah melakukan perhitungan dimensi bak penyisihan pasir maka perlu dilakukan pengecekan terhadap pemenuhan kriteria desain kembali. Hal ini dilakukan karena dalam proses penghitungan dimensi terdapat pembulatan bilangan dibelakang koma yang akan mempengaruhi volume, waktu detensi, dan *overflow rate*.

$$V = p \times l \times t$$

(Persamaan 2-15)

$$t_d = \frac{Volume}{Q_{maks}}$$

(Persamaan 2-16)

$$Organic\ loading = \frac{Q_{maks}}{A_{surface}}$$

(Persamaan 2-17)

Jika hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan kriteria desain, maka perencana harus menghitung kembali dengan merubah asumsi-asumsi perencanaan. Hal ini perlu dilakukan agar bangunan yang dirancang tetap sesuai dengan kriteria desain sehingga efisiensi pengolahan dapat tercapai. Adapun gambar *grit chambers* dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Grit Chambers

5. Bak Sedimentasi I

Fungsi utama dari bangunan bak sedimentasi I adalah untuk menghilangkan atau mencegah gravel, pasir, lumpur maupun material kasar lainnya agar tidak masuk kedalam sistem IPAL (Ambat dan Prasetyo, 2015). Skema kerja dari bak sedimentasi I ialah memanfaatkan gaya gravitasi agar material yang kasar mempunyai berat jenis lebih besar dari pada air limbah akan mengendap ke bagian dasar bak. Adapun kriteria desain bak sedimentasi I dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Kriteria Desain Bak Sedimentasi I

Parameter	Nilai	Satuan
HRT (td) ^(a)	1,5-2,5	Jam
Overflow rate (OFR) ^(a)	30-50	m ³ /m ² .hari
Weir loading rate (WLR) ^(a)	125-500	m ³ /m.hari
Kedalaman ^(b)	2,5-5	m
Slope dasar ^(b)	1-2	%

Sumber: ^(a) Metcalf dan Eddy, 2014

^(b) Dirjen Cipta Karya, 2018

Adapun perhitungan desain bak sedimentasi I (Dirjen Cipta Karya, 2018) adalah sebagai berikut.

- a. Luas permukaan

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

(Persamaan 2-18)

dimana:

As = luas permukaan (m^2)

Q = debit air limbah (m^3 /hari)

OR= *overflow rate* (m^3/m^2 /hari)

- b. Cek td

$$td = \frac{V}{Q}$$

(Persamaan 2-19)

dimana:

td = waktu detensi (jam)

Q = debit air limbah (m^3 /hari)

V = volume bak (m^3)

- c. Produksi lumpur TSS

$$\text{Lumpur TSS} = Q \times [TSS] \times \%R$$

(Persamaan 2-20)

dimana:

Lumpur TSS = Produksi lumpur (kg/hari)

Q = debit air limbah (m^3 /hari)

[TSS] = konsentrasi TSS (mg/l)

- d. Produksi lumpur BOD

$$\text{Lumpur BOD} = Q \times [BOD] \times R$$

(Persamaan 2-21)

dimana:

Lumpur BOD = Produksi lumpur (kg/hari)

Q = debit air limbah (m^3 /hari)

[BOD] = konsentrasi BOD (mg/l)

- e. Panjang Weir

$$P_{weir} = \frac{Q}{WLR}$$

(Persamaan 2-22)

dimana:

Pweir = panjang weir (m)

Q = debit air limbah per bak (m^3 /hari)

WLR = beban weir ($\text{m}^3/\text{m.hari}$)

6. Bak Sedimentasi II

Menurut WEF (2017), bak sedimentasi II merupakan salah satu proses yang sering digunakan dalam pengolahan air limbah dan menjadi unit terakhir sebelum effluen keluar ke badan air. Bak sedimentasi II (Gambar 2.4) biasanya didesain untuk memisahkan flok atau padatan biomassa yang terbentuk dari proses biologis (Ghawi dan Kris, 2011). Pada teknologi lumpur aktif, bak sedimentasi juga perlu meresirkulasi sebagian besar padatan dan mengembalikan biomassa untuk mempertahankan konsentrasi MLSS. Aliran resirkulasi dikenal dengan *return activated sludge* (RAS) sedangkan padatan yang tidak diresirkulasi dan dibuang dikenal dengan *waste activated sludge* (WAS). Bentuk bak sedimentasi II berbentuk lingkaran dan persegi panjang. Pemilihan bentuk bak didasarkan pada kemudahan operasional, luas lahan dan pemeliharaan (WEF, 2017).



Gambar 2.4 Bak Sedimentasi II
Sumber: Dirjen Cipta Karya, 2018

Adapun kriteria desain bak sedimentasi II dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Kriteria Desain Bak Sedimentasi II

Parameter	Nilai	Satuan
Solid loading ^(a)	50-150	kg/m ² .hari
Overflow rate (OFR) ^(a)	15-40	m ³ /m ² .hari
Weir loading rate WLR ^(b)	125-500	m ³ /m.hari
Kedalaman ^(b)	3,6-6	m

Sumber: ^(a)Ismail, 2010

^(b)Metcalf dan Eddy, 2014

Adapun perhitungan desain bak sedimentasi II (Metcalf dan Eddy, 2014) adalah sebagai berikut.

a. Luas permukaan

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

(Persamaan 2-23)

dimana:

As = luas permukaan (m²)

Q = debit air limbah (m³/hari)

OR= *overflow rate* (m³/m²/hari)

b. Solid Loading

$$Solid\ loading = \frac{(Q + Qr) \times X}{As}$$

(Persamaan 2-24)

dimana:

Solid Loading = beban solid masuk (kg/m².hari)

Q = debit air limbah (m³/hari)

Qr = debit air limbah resirkulasi (m³/hari)

As = luas permukaan (m²)

X = konsentrasi MLSS (mg/l)

c. Cek td

$$td = \frac{V}{Q}$$

(Persamaan 2-25)

dimana:

td = waktu detensi (jam)

Q = debit air limbah ($m^3/hari$)
V = volume bak (m^3)

d. Produksi lumpur TSS

$$Lumpur\ TSS = (Q + Qr) \times [TSS] \times \%R$$

(Persamaan 2-26)

dimana:

Lumpur TSS = Produksi lumpur (kg/hari)

Q = debit air limbah ($m^3/hari$)

Qr = debit air limbah resirkulasi ($m^3/hari$)

[TSS] = konsentrasi TSS (mg/l)

e. Produksi lumpur BOD

$$Lumpur\ BOD = (Q + Qr) \times [BOD] \times R$$

(Persamaan 2-27)

dimana:

Lumpur BOD = Produksi lumpur (kg/hari)

Q = debit air limbah ($m^3/hari$)

Qr = debit air limbah resirkulasi ($m^3/hari$)

[BOD] = konsentrasi BOD (mg/l)

f. Panjang Weir

$$P_{weir} = \frac{Q}{WLR}$$

(Persamaan 2-28)

dimana:

Pweir = panjang weir (m)

Q = debit air limbah per bak ($m^3/hari$)

WLR = beban weir ($m^3/m.hari$)

2.6.2 Pengolahan Biologis

Pengolahan biologis atau *secondary treatment* bertujuan untuk memisahkan bahan organik dan padatan tersuspensi melalui proses degradasi secara biologis. Pengolahan ini memanfaatkan proses mikroorganisme untuk mendegradasi polutan dalam air limbah. Target utama dalam pengolahan ini adalah BOD, COD, padatan tersuspensi, dan mikroorganisme patogen. Pengolahan biologis dapat dilakukan secara aerobik maupun anaerobik (Metcalf dan Eddy, 2014). Secara garis besar pengolahan air limbah secara biologis dibagi menjadi tiga, yaitu

proses *suspended growth*, *attached growth*, dan sistem *lagoon* atau kolam.

- a. Metode *suspended growth*, merupakan proses pengolahan dengan menggunakan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan polutan organik yang ada di dalam air limbah. Pembiakan mikroorganisme dilakukan secara tersuspensi di dalam lumpur yang dialirkan dalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem ini adalah *activated sludge*, *contact stabilization*, *oxidation ditch*, dan lainnya.
- b. Metode *attached growth*, merupakan pengolahan biologis dimana pembiakan mikroorganisme dilakukan pada permukaan suatu media sehingga mikroorganisme melekat dan membentuk lapisan yang disebut *biofilm*. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah secara *attached growth* antara lain *tricking filter*, *submerged biofilter*, *Rotating Biological Contactor* (RBC), dan lainnya.
- c. Metode kolam atau *lagoon*, dilakukan dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal cukup lama. Untuk mempercepat proses penguraian senyawa polutan atau memperpendek waktu tinggal dapat dilakukan proses aerasi. Salah satu contoh pengolahan metode kolam adalah *stabilization pond*.

Adapun unit pengolahan biologis yang terdapat di IPAL Sewon antara lain unit *Facultative Aerated Lagoon* dan Kolam Maturasi.

1. *Facultative Aerated Lagoon* (FAL)

Unit FAL IPAL Sewon merupakan salah satu sistem pengolahan air limbah yang memanfaatkan kolam pada kondisi aerobik dan anaerobik pada waktu yang bersamaan. Zona aerobik terdapat pada lapisan permukaan sedangkan zona anaerobik berada pada lapisan bawah atau dasar kolam. FAL juga dianggap sebagai reaktor dengan pencampuran sempurna tanpa sirkulasi biomassa. Artinya, padatan akan mengendap didasar kolam sedangkan partikel biologi dan koloid akan membentuk selimut lumpur di atas dasar lapisan padatan (Said, 2008). Waktu tinggal di dalam kolam fakultatif 6-10 hari (Oktarina dan Haki, 2013).

Perencanaan unit FAL dapat dilakukan dengan perhitungan berikut:

a. Perhitungan dimensi

Penghitungan dimensi aerated lagoon dapat dilakukan dengan menghitung debit terhadap waktu detensi. Perencana dapat menetapkan asumsi awal waktu detensi (t_d) dan kedalaman (h) untuk perencanaan selanjutnya. Selanjutnya penghitungan dimensi aerated lagoon dapat dilakukan melalui penghitungan volume (V) dan luas (A) dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{Q}{T_d} \quad (\text{Persamaan 2-29})$$

$$A = \frac{V}{h} \quad (\text{Persamaan 2-30})$$

b. Kebutuhan aerasi

Kebutuhan oksigen dalam aerated lagoon dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$R_{oks} = [1,5 (S_o - S)Q - 1,42 X Q]x \frac{10^{-3}}{24} \quad (\text{Persamaan 2-31})$$

dimana, X merupakan konsentrasi sel bakteri yang dapat dihitung dengan:

$$X = \frac{Y (S_o - S)}{1 + b T_d} \quad (\text{Persamaan 2-32})$$

dimana:

Y = *Yield Coefficient*

b = laju autolisis, 0,07/hari

t_d = waktu detensi

2. Kolam Maturasi

Kolam maturasi (Gambar 2.5) pada IPAL Sewon berperan untuk menurunkan kandungan mikroorganisme patogen dalam air limbah terutama coliform. Selain itu, unit kolam maturasi juga berperan dalam penurunan BOD dan menguraikan kandungan organik lain secara aerobik (Samina dkk., 2013).



Gambar 2.5 Kolam Maturasi

2.6.3 Pengolahan Lumpur

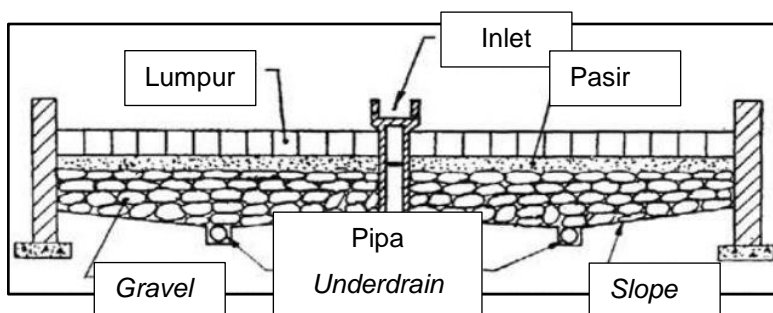
Proses IPAL menghasilkan lumpur sebagai hasil sampingan dari endapan padatan di dalam unit-unit pengolahan. Menurut sumber penghasilnya, lumpur dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *raw sludge* dan *waste activated sludge* (WAS). *Raw sludge* berasal dari padatan yang diendapkan pada proses pengolahan fisik, seperti bak sedimentasi I (Metcalf dan Eddy, 2014). Sementara itu, WAS berasal dari endapan flok-flok yang terbentuk dari ikatan mikroorganisme dan polutan yang sudah teroksidasi dalam unit pengolahan biologis dan lumpur aktif (Rini, 2018). Tujuan utama dari pengolahan lumpur ialah mengurangi kadar air dalam lumpur dengan memisahkan padatan dengan airnya. Kandungan padatan dalam lumpur berbeda-beda tergantung asal lumpur itu dihasilkan. Lumpur yang dihasilkan oleh IPAL Sewon berasal dari proses endapan pada pengolahan biologis. Adapun karakteristik lumpur secara umum dapat dilihat pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Karakteristik Lumpur

Lumpur Hasil Pengolahan Fisik	Lumpur Hasil Pengolahan Biologis
Mempunyai warna sesuai senyawa pengotornya	Mempunyai warna kecoklatan
Mempunyai kandungan padatan 2-8%	Mempunyai kandungan padatan 0,5-2,5%
Mempunyai berat jenis yang lebih besar daripada lumpur hasil pengolahan biologis	Mengandung banyak senyawa organik termasuk mikroorganisme

Sumber: Rini, 2018

IPAL Sewon mengaplikasikan unit *Sludge Drying Bed* (SDB) sebagai pengolahan lumpur. SDB (Gambar 2.6) merupakan unit pengering lumpur yang memanfaatkan terik matahari untuk mengurangi kadar air dalam lumpur IPAL. Keuntungan penggunaan SDB antara lain biaya pembangunan yang murah, sistem pengoperasian dan pemeliharaan yang mudah.



Gambar 2.6 SDB

Sumber: Metcalf dan Eddy, 2014

Adapun kriteria desain SDB adalah sebagai berikut (Metcalf dan Eddy, 2014):

- Tebal media pasir = 20-30 cm
- Tebal media kerikil = 20-30 cm
- Sludge Loading* = 100-300 kg/m².tahun
- Tebal lumpur = 20-30 cm

Lebar bed	= 5-8 m
Panjang bed	= 6-30 m
Waktu pengeringan	= 10-15 hari
Kecepatan air inlet	= 0,75 m/s

2.7 Activated Sludge

Teknologi *activated sludge* atau lumpur aktif merupakan salah satu teknologi pengolahan biologis yang melibatkan massa mikroorganisme yang aktif dan memiliki kemampuan untuk mendegradasi kandungan organik di dalam air limbah domestik. Secara umum, pengolahan lumpur aktif terdiri dari 3 (tiga) komponen penting yakni reaktor pertumbuhan mikroorganisme dengan penambahan proses aerasi di dalamnya, unit pemisahan padatan dan cairan yang berfungsi untuk memisahkan bioflok dan air, dan sistem resirkulasi lumpur yang bersumber dari unit pengendapan kedua (*secondary sedimentation*). Dalam proses pengolahan lumpur aktif, terdapat tiga jenis aliran reaktor yakni *plug flow*, *complete mix*, dan *arbitrary*.

Pada reaktor *plug flow* partikel melewati tangki dan habis dalam jumlah yang sama ketika mereka masuk. Tipe aliran ini dicapai ketika berada di cekungan panjang dan sempit. Pada reaktor *complete mix*, partikel yang masuk tersebar ke kolam secara cepat. Aliran *complete mix* dicapai ketika bentuk kolam lingkaran dan persegi. Reaktor aliran *arbitrary* menunjukkan pencampuran parsial antara *plug flow* dan *complete mix* di suatu tempat pada reaktor (Metcalf dan Eddy, 2014).

Oxidation Ditch

Oxidation Ditch (OD) ialah salah satu unit pengolahan air limbah biologis yang memanfaatkan lumpur aktif untuk mendegradasi kandungan organik. Tipikal khas unit OD yakni berbentuk bak yang berkelok-kelok dan dilengkapi aerator sebagai suplai oksigen. OD termasuk proses *complete mix system*. Artinya, proses yang terjadi pada OD telah mengalami aerasi dan dapat diresirkulasi (Paul dan Eldredge. 2000). Keunggulan pengaplikasian OD antara lain dapat mencapai efisiensi penyisihan yang tinggi dengan biaya operasional dan pemeliharaan yang rendah. Adapun kelemahan dari OD antara lain membutuhkan luas lahan yang cukup besar dan konsentrasi

padatan tersuspensi yang cenderung tinggi dibanding teknologi lain.

Modifikasi Aerasi

Pengolahan air limbah dengan proses aerasi memanfaatkan proses pengolahan dengan cara memberikan pasokan oksigen berlebih ke dalam air limbah. Pasokan oksigen dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi polutan (Metcalf dan Eddy, 2014). Kebutuhan oksigen didalam tangki dapat dipenuhi menggunakan aerator mekanis, diffuser, maupun injeksi oksigen (Fatmawati dkk., 2016). Modifikasi proses aerasi adalah sebagai berikut (Ningtyas, 2015):

1. *Extended Aeration System* (Sistem Aerasi Berlanjut)

Proses ini biasa dipakai untuk pengolahan air limbah dengan sistem paket (*package treatment*) dengan ketentuan sebagai berikut.

- a. Waktu aerasi lebih lama (sekitar 30 jam) dibandingkan dengan sistem konvensional. Usia lumpur pun lebih lama hingga 15 hari.
- b. Limbah yang masuk ke dalam reaktor tidak diolah dahulu dalam pengendapan primer.
- c. Sistem beroperasi dengan rasio F/M yang lebih rendah ($<0,1$ kg BOD/kg MLSS/hari) dibandingkan sistem lumpur aktif konvensional ($0,2-0,5$ kg BOD/kg MLSS/hari).

2. *Step Aeration* (Proses dengan Aerasi Bertingkat)

Pada sistem ini limbah hasil pengendapan primer masuk ke dalam bak aerasi melalui beberapa saluran sehingga meningkatkan distribusi dalam tangki aerasi dan penggunaan oksigen lebih efisien. Proses ini juga dapat meningkatkan kapasitas sistem pengolahan.

3. *Completely Mixed System* (Sistem Aerasi dengan Pencampuran Sempurna)

Pada sistem ini limbah hanya diaerasi dalam tangki aerasi secara merata. Sistem ini dapat menahan *shock load* dan toksik.

4. *High Rate Aeration* (Sistem Aerasi Kecepatan Tinggi)

Sistem ini digunakan untuk mengolah limbah konsentrasi tinggi dan dioperasikan untuk beban BOD yang sangat tinggi. Waktu tinggal hidraulik untuk proses ini sangat singkat. Sistem ini juga beroperasi pada konsentrasi MLSS yang tinggi.

5. *Pure Oxygen Aeration* (Sistem Aerasi dengan Oksigen Murni)

Sistem aerasi dengan oksigen murni didasarkan pada prinsip bahwa laju transfer oksigen murni lebih tinggi dibandingkan dengan oksigen pada atmosfer. Pada proses ini efisiensi oksigen terlarut menjadi tinggi sehingga meningkatkan efisiensi pengolahan dan produksi lumpur.

Sequencing Batch Reactor

Kinerja *Sequencing Batch Reactor* (SBR) dirancang berdasarkan beberapa fase proses, yaitu pengisian, reaksi, pengendapan (*settle*), pengurasan, dan stabilisasi yang berlangsung dalam satu reaktor. Terdapat beberapa keuntungan penggunaan SBR, antara lain:

1. proses ekualisasi aliran, pengolahan, dan pengendapan terjadi dalam satu reaktor yang sama sehingga dapat mengeliminasi kebutuhan *clarifier* (Purwita dan Soewondo, 2010).
2. dibandingkan pengolahan dengan lumpur aktif secara kontinu, kemungkinan hilangnya biomassa dalam SBR lebih kecil (Metcalf dan Eddy, 2014).
3. fleksibilitas pengoperasian SBR dalam mengolah kontaminan yang terkandung dalam air buangan, dengan mengatur panjangnya waktu di setiap fase proses SBR (Metcalf dan Eddy, 2014).
4. kemampuan mengeliminasi *shock loading* dan *short circulating* akibat fluktuasi aliran dan beban air buangan karena SBR dapat berfungsi sebagai tangki aliran (Purwita dan Soewondo, 2010).

Sedangkan, kelemahan penggunaan SBR, antara lain kebutuhan sistem otomatisasi peralatan yang kompleks, keterampilan operator instalasi yang baik, pengawasan terhadap pengoperasian proses harus sering dilakukan dan harus teliti (Purwita dan Soewondo, 2010).

2.8 Perhitungan Teknologi *Activated Sludge*

Tahapan perencanaan unit pengolahan teknologi *activated sludge* terdapat beberapa kriteria desain yang dipenuhi. Pada dasarnya, tahapan perhitungan perencanaan unit pengolahan teknologi *activated sludge* identik. Beberapa hal

menjadi pertimbangan utama dalam perencanaan unit pengolahan teknologi *activated sludge*, seperti konsentrasi BODefluen, efisiensi pengolahan, volume reaktor, luas reaktor, dimensi reaktor, produksi lumpur, kebutuhan oksigen, dan sebagainya. Adapun tahapan perhitungannya ialah sebagai berikut (Dirjen Cipta Karya, 2018):

a. Efisiensi pengolahan

Efisiensi pengolahan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\%R = \frac{(S_o - S)}{S_o}$$

(Persamaan 2-33)

di mana:

S_o = konsentrasi parameter influen (mg/l)

S = konsentrasi parameter efluén (mg/l)

b. Volume reaktor

Penghitungan volume dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{Q \theta c Y (S_o - S)}{X (1 + K_d \theta c)}$$

(Persamaan 2-34)

di mana:

V = volume tangki (m^3)

Q = debit air limbah domestik yang masuk (m^3 /hari)

X = MLVSS (mg/L)

K_d = koefisien Decay (hari⁻¹)

θc = umur sel (hari)

Y = koefisien pertumbuhan (mg/mg)

c. Luas tangki

Luas tangki dapat dihitung dengan mengasumsikan kedalaman tangki berdasarkan kriteria desain 3-4,5 meter.

d. Dimensi tangki

Penghitungan dimensi dapat dihitung dengan mengasumsikan rasio panjang:lebar sesuai kriteria desain, seperti 2:1, 3:1, dan sebagainya

e. Produksi lumpur

Hitung koefisien pertumbuhan observasi (Y_{obs}) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{(1 + K_d \theta_c)} \quad (\text{Persamaan 2-35})$$

Hitung pertambahan MLVSS (P_x , vss) dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$P_{x, vss} = \frac{Q \times (S_o - S_e) \times Y_{obs}}{(1 + k_d)SRT} \quad (\text{Persamaan 2-36})$$

Hitung pertambahan MLSS (P_x , ss) dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$P_{x, ss} = \frac{P_x}{\text{Rasio MLVSS/MLSS}} \quad (\text{Persamaan 2-37})$$

f. **Return sludge**

Laju *return sludge* dihitung berdasarkan konsentrasi MLSS di dalam bak aerasi dan TSS di return sludge. TSS di influen dapat diasumsikan dengan nilai yang sangat kecil.

$$MLSS (Q + Q_r) = \text{TSS sludge} \times Q_r \quad (\text{Persamaan 2-38})$$

g. **Kontrol desain**

Waktu aerasi (t_d)

$$t_d = \frac{\text{Volume}}{\text{Debit}} \quad (\text{Persamaan 2-39})$$

Rasio F/M tiap reaktor

$$F/M = Q \frac{(S_o - S)}{V X} \quad (\text{Persamaan 2-40})$$

Organik loading

$$OL = \frac{(S_o - S)}{V} \quad (\text{Persamaan 2-41})$$

h. **Kebutuhan oksigen**

Kebutuhan oksigen teoritis (N)

$$O_2 \frac{kg}{hari} = \frac{Q (S_o - S)}{BOD_5 / BOD_l} - 1,42 P_x$$

(Persamaan 2-42)

Kebutuhan oksigen standar

$$SOR = \frac{N}{\left[\frac{C^{nsw} \beta Fa - C}{C_{sw}} \right] (1,024)^{T-20} X}$$

(Persamaan 2-43)

di mana:

- N = kebutuhan oksigen teoritis (kg/hari)
- C_{nsw} = konsentrasi oksigen pada temperatur lapangan (mg/l) = 8,5 mg/l
- C_{sw} = konsentrasi oksigen pada temperatur standar 20°C (mg/l) = 9,15 mg/l
- C = DO minimum yang dicapai dalam tangki (mg/l), 2 mg/l
- β = faktor koreksi tegangan tergantung salinitas air limbah = 0,9
- X = faktor koreksi transfer oksigen = 0,95
- Fa = faktor koreksi kelarutan oksigen terhadap ketinggian
- Fa = [1 - (ketinggian / 9.450)]
= [1 - (675 m / 9.450 m)] = 0,93
- T = temperatur rata-rata air limbah pada kondisi lapangan

Volume udara yang dibutuhkan

Berat jenis udara = 1,201 kg/m³

Berat oksigen di udara = 23,2%

Faktor koreksi aerator (FA) = 0,65

Kebutuhan volume udara sebenarnya di lapangan (M):

$$M = \frac{SOR}{1,201 \frac{kg}{m^3} \times 0,232 \frac{g}{g} \text{ udara}}$$

(Persamaan 2-44)

Kebutuhan udara teoritis (U)

$$U = \frac{M}{0,65}$$

(Persamaan 2-45)

Total udara desain (D)

Diasumsikan total udara desain mencapai 150%

$$D = U \times 1,5$$

(Persamaan 2-46)

2.9 Profil Balai PIALAM

2.9.1 Umum

Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 92 Tahun 2015, IPAL Sewon dikelola oleh instansi bernama Balai PIALAM (Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum) yang merupakan salah satu Unit Pengelola Teknis (UPT) dibawah Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Energi Sumber Daya Mineral (DPUP-ESDM) Provinsi D.I. Yogyakarta. Balai PIALAM berlokasi di Jalan Bantul KM 8, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul.

Balai PIALAM memiliki tugas dan fungsi teknis dibawah naungan DPUP-ESDM DIY. Tugas Balai PIALAM ialah menyelenggarakan pengelolaan jaringan drainase, sistem pengolahan air limbah pemukiman, pengelolaan sampah di pemrosesan akhir dan sistem jaringan air minum lintas kabupaten/kota di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun peran dan fungsi Balai PIALAM antara lain:

- a. Pengelolaan jaringan drainase sekunder
- b. Pengelolaan sistem pengelolaan air limbah permukiman
- c. Pengelolaan sampah di tempat pengolahan dan pemrosesan akhir sampah
- d. Pengendalian kualitas lingkungan selama proses pengolahan air limbah dan sampah
- e. Pengendalian kualitas residu hasil pengolahan ke media lingkungan secara aman
- f. Pengelolaan sistem jaringan air minum regional.

2.9.2 Pelayanan Balai PIALAM

Balai PIALAM memiliki tiga jenis pelayanan utama yang meliputi pengolahan air limbah terpusat, Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan, dan Sistem Pendistribusian Air Minum (SPAM) regional. Adapun penjelasan ialah sebagai berikut:

- a. Pengelolaan Air Limbah Regional

Pengelolaan air limbah yang ditangani oleh Balai PIALAM terdiri atas dua instalasi, yaitu instalasi pengolahan air limbah (IPAL) domestik dan instalasi pengolahan limbah tinja (IPLT). Pada tahun 1936, Pemerintah Belanda telah membangun jaringan atau saluran pembuangan air limbah sepanjang 110 km. Tetapi, belum dapat menyelesaikan permasalahan pencemaran

karena masyarakat masih membuang limbah langsung ke sungai. Maka dari itu, pada tahun 1994-1995 dibangunlah IPAL Domestik di Dusun Cepit, Kelurahan Pendowoharjo, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul diatas lahan seluas 6,7 Ha yang berasal dari dana hibah Pemerintah Jepang melalui Departemen Pekerjaan Umum senilai Rp 59 Milyar.

IPAL Sewon melayani tiga kota/kabupaten, yaitu seluruh bagian Kota Yogyakarta, sebagian Kabupaten Sleman (meliputi Kecamatan Mlati, Depok, Ngaglik), dan sebagian Kabupaten Bantul (meliputi Kecamatan Kasihan, Sewon, Banguntapan). IPAL Sewon direncanakan dapat melayani air limbah domestik dari 25.000 sambungan rumah (SR) dengan kapasitas pengolahan 15.500 m³/hari dan kadar BOD inlet 332 mg/l yang merupakan proyeksi pelayanan hingga tahun 2017.

b. Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Sewon

IPLT Sewon dapat mengolah lumpur tinja yang belum diakses oleh pipa jaringan air limbah baik dari septik tank individu, komunal, maupun pihak swasta seperti rumah makan, industri rumah tangga, serta pemerintah daerah melalui truk penyedot tinja. IPLT Sewon mampu mengolah lumpur tinja sebanyak 100 m³/hari dengan menggunakan metode *Andrich Tech System*.

c. Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Piyungan

TPA Piyungan berlokasi di Dusun Ngablak, Kelurahan Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. Metode yang digunakan dalam pemrosesan akhir yaitu dengan *Open Dumping* atau *Control Landfill*. Luas lahan keseluruhan dari TPA Piyungan adalah 12,5 Ha.

d. Pengelolaan Sistem Jaringan Air Minum Regional

Pengolahan air minum regional berlokasi di Dusun Kalijoho, Desa Argosari, Kecamatan Sedayu, Kabupaten Bantul. Proses pengolahan SPAM regional mengalami beberapa tahapan yaitu intake, prasedimentasi, koagulasi-flokulasi, IPA (Bak Sedimentasi), filtrasi, dan terakhir pada reservoir.

2.10 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan

Daerah Istimewa Yogyakarta terletak antara 70.33'-80.12' Lintang Selatan dan 1100.00' - 1100.50' Bujur Timur, serta memiliki luas 3.185,80 km² atau 0,17 persen dari luas Indonesia.

D.I. Yogyakarta adalah salah satu dari 34 di wilayah Indonesia dan terletak di pulau Jawa bagian tengah. D.I. Yogyakarta di bagian selatan dibatasi Lautan Indonesia, sedangkan di bagian timur laut, tenggara, barat, dan barat laut dibatasi oleh wilayah Jawa Tengah yang meliputi:

1. Kabupaten Klaten di sebelah Timur Laut
2. Kabupaten Wonogiri di sebelah Tenggara
3. Kabupaten Purworejo di sebelah Barat
4. Kabupaten Magelang di sebelah Barat Laut.

Provinsi D.I. Yogyakarta yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 tercatat memiliki luas 3.185,80 km² atau 0,17 persen dari luas Indonesia (1.860.359,67 km²) merupakan provinsi terkecil setelah DKI Jakarta. Luas daerah kota/kabupaten di Provinsi D.I. Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut.

Tabel 2.9 Luas Daerah Kota/Kabupaten di Provinsi D.I. Yogyakarta

Kabupaten/ Kota	Ibukota Kabupaten/ Kota	Luas (km²)
Kulonprogo	Wates	586,27
Bantul	Bantul	506,85
Gunungkidul	Wonosari	1.485,36
Sleman	Sleman	574,82
Yogyakarta	Yogyakarta	32,50
D. I. Yogyakarta	Kota Yogyakarta	3.185,80

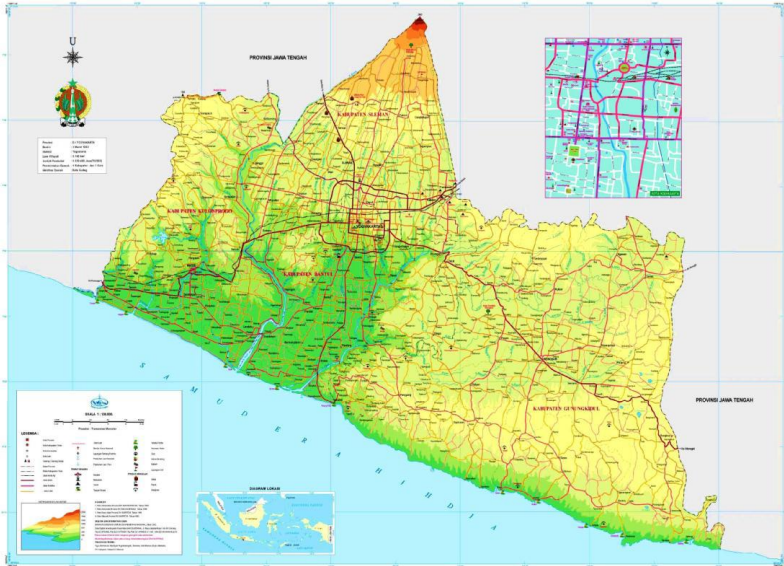
Sumber: Badan Pusat Statistik, 2019

Berdasarkan informasi dari Badan Pertanahan Nasional, dari 3.185,80 km² luas D.I. Yogyakarta, 33,05 persen merupakan jenis tanah Lithosol, 27,09 persen Regosol, 12,38 persen Lathosol, 10,97 persen Grumusol, 10,84 persen Mediteran, 3,19 persen Alluvial, dan 2,48 persen adalah tanah jenis Rensina.

Sebagian besar wilayah Desa/Kelurahan di D.I. Yogyakarta terletak pada topografi Dataran yaitu tercatat sebesar 75,57 persen, pada topografi Lereng/Punggung Bukit sebesar 23,97 persen, dan sisanya sebesar 0,46 persen pada topografi Lembah/ Daerah Aliran Sungai.

D.I. Yogyakarta beriklim tropis yang dipengaruhi oleh musim kemarau dan musim hujan. Menurut catatan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Geofisika Kelas I Yogyakarta, suhu udara rata-rata di D.I. Yogyakarta tahun 2018

menunjukkan angka 25,8 - 26,5 °C, lebih rendah dibandingkan rata-rata suhu udara pada tahun 2017 yang tercatat sebesar 26,15 °C. Pada tahun 2018, suhu paling rendah terjadi di Gunungkidul sebesar 14,5 °C dan suhu yang paling tinggi terjadi juga di Gunungkidul yaitu 35,1°C. Curah hujan terbesar terjadi pada bulan Januari yaitu 464,1 mm dan paling rendah pada bulan Juli yaitu 0 mm. Pada bulan Januari, tiap hari terjadi hujan, sedangkan pada bulan Juli dan Oktober tidak pernah turun hujan sebulan penuh.



Gambar 2.7 Peta Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
 Sumber: BPS, 2013

“Halaman sengaja dikosongkan”

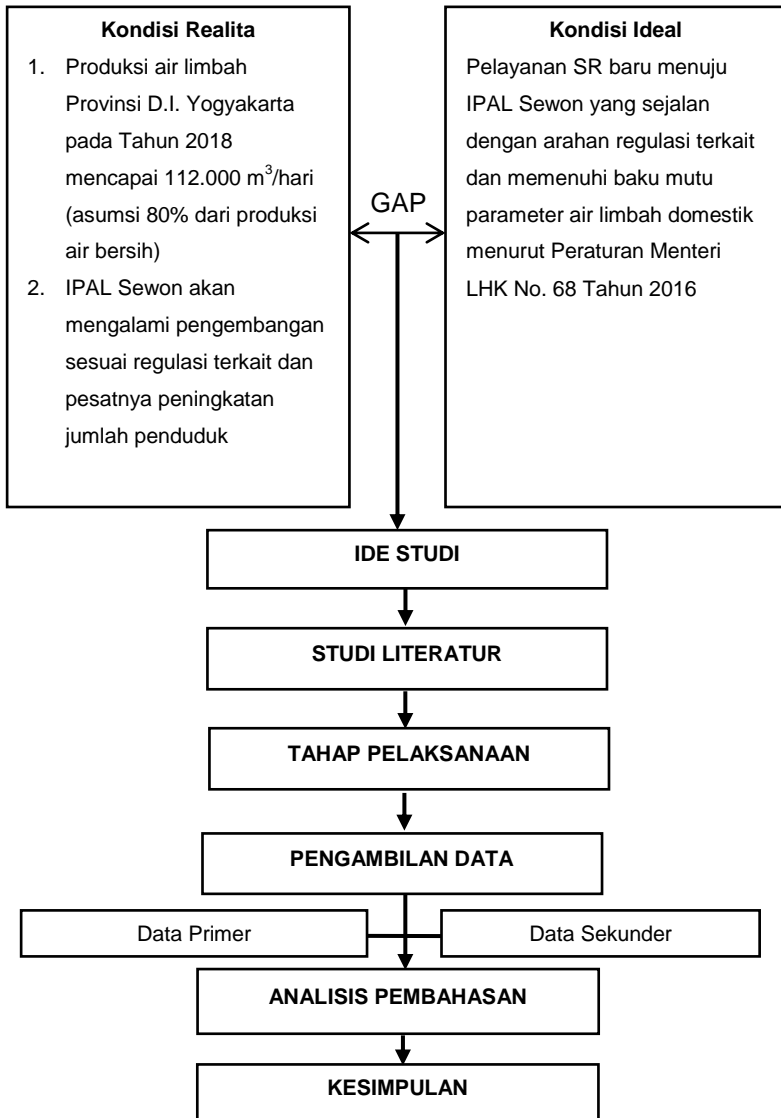
BAB III METODE

3.1 Umum

Metode merupakan acuan dalam melaksanakan aktivitas perencanaan yang disusun berdasarkan pada permasalahan dalam ide studi dan tahapan yang ditempuh untuk mencapai tujuan tugas akhir. Adapun tujuan dari tugas akhir ini ialah mengevaluasi kondisi eksisting IPAL Sewon dan menentukan teknologi yang sesuai untuk peningkatan kapasitas pengolahan. Penyusunan tugas akhir memerlukan tahapan atau langkah-langkah yang ditempuh untuk mencapai tujuan. Adapun tahapan yang ditempuh pada tugas akhir ini, meliputi: pemunculan ide perencanaan, tahap persiapan, pengambilan data, analisis dan pembahasan, penyusunan rekomendasi, serta penarikan kesimpulan dan saran.

3.2 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan sebuah diagram alir yang berisi tentang tahapan penyusunan, langkah-langkah yang akan dilaksanakan, dan pola pemikiran ide untuk mencapai tujuan tugas akhir. Kerangka perencanaan terdiri dari ide perencanaan, tahap persiapan, tahap pelaksanaan, tahap analisis dan pembahasan, tahap pengambilan kesimpulan serta saran. Tugas akhir ini akan dilakukan sesuai dengan kerangka perencanaan yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Perencanaan

3.3 Rangkaian Kegiatan Perencanaan

3.3.1 Ide Studi

Tugas akhir ini akan membahas adanya *gap* atau kesenjangan antara kondisi eksisting kapasitas pengolahan IPAL Sewon, Bantul dengan produksi air limbah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Produksi air limbah yang sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta akan berpengaruh pada kondisi eksisting IPAL Sewon. Maka dari itu, diperlukan adanya suatu kajian dan perencanaan pengembangan IPAL saat ini yang bertujuan untuk peningkatan kapasitas pengolahan beberapa tahun mendatang.

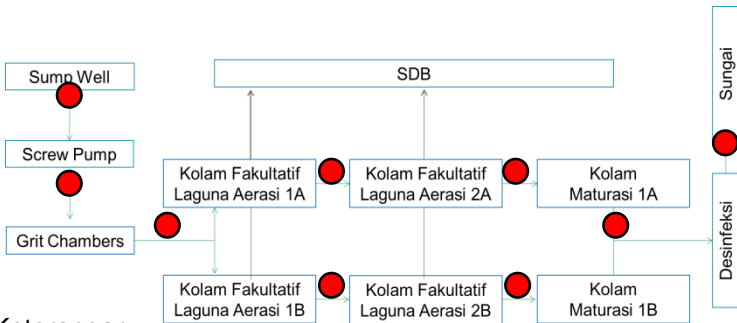
3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan mulai dari tahap awal hingga pengambilan kesimpulan. Tahap ini meliputi pengumpulan data literatur terkait, evaluasi perencanaan terdahulu dan mempelajari dari berbagai sumber informasi kredibel dari media daring maupun non daring sebagai landasan melakukan evaluasi terhadap kondisi IPAL Sewon dan perencanaan teknologi yang tepat guna peningkatan kapasitas pengolahan.

3.3.3 Tahap Pelaksanaan

A. Penentuan titik sampling

Pengambilan sampel mengacu pada SNI 6989:59:2008 mengenai metode pengambilan sampel pada air limbah. Pengujian sampel air limbah dilakukan di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP). Pengambilan sampel menggunakan metode *grab sampling* dimana lokasi pengambilan sampel dilakukan pada setiap unit pengolahan. Pengambilan sampel air limbah diambil pada jam 09.00-11.00 WIB sesuai debit tertinggi sesuai literatur terkait. Adapun titik lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Keterangan:

● Titik sampling

Gambar 3.2 Titik Lokasi Pengambilan Sampel

B. Pengumpulan data

Tugas akhir ini dilaksanakan di IPAL Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tahap ini meliputi pengambilan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari observasi kondisi eksisting lapangan dan hasil uji laboratorium. Metode yang dipakai antara lain pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan, uji laboratorium serta wawancara penanggung jawab IPAL.

Kualitas Air Limbah

Data kualitas air limbah yang diperoleh dari hasil uji laboratorium meliputi parameter sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 yang akan disajikan dalam bentuk tabel atau presentasi grafik sebagai dasar untuk pembahasan lebih lanjut. Data-data tersebut akan diolah lebih lanjut hingga diketahui kualitas air limbah dan kesesuaian desain sesuai dengan kondisi eksistingnya. Adapun masing-masing parameter diuji ukur menggunakan metode seperti pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Metode Uji Kualitas Air Limbah

Parameter	Kadar	Satuan	Metode Uji
COD	100	mg/l	SNI 6989.2-2009
BOD	30	mg/l	SNI 6989.72-2009
TSS	30	mg/l	In House Methode
Amonia	10	mg/l	SNI 06-6989.30-2005
Total Colifrom	3000	jml/100ml	APHA 2012 Sec. 9221-B

Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk melihat langsung lokasi dan mendapatkan gambaran umum mengenai IPAL Sewon. Hasil observasi lapangan digunakan untuk karakterisasi kondisi fisik unit IPAL. Hal-hal yang akan diamati meliputi dimensi bangunan dan jumlah unit.

Data Sekunder

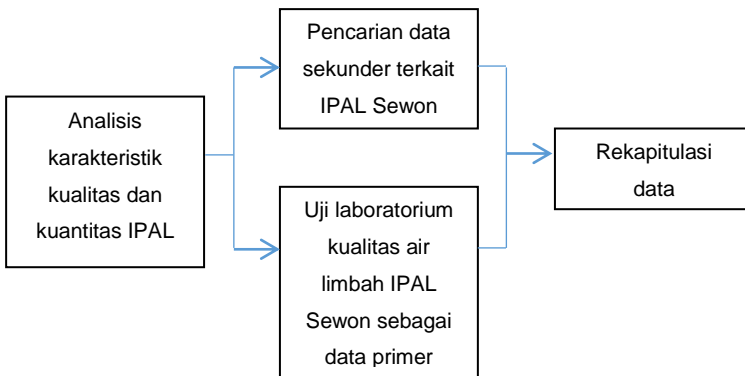
Data sekunder adalah data yang diperoleh dari IPAL Sewon dan beberapa sumber literatur lain berupa jurnal, artikel ilmiah, regulasi terkait, dan penelitian studi sebelumnya. Adapun data sekunder yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Kebutuhan Data Sekunder

Instansi	Data/Dokumen	Fungsi
Balai PIALAM (Pengelola)	Data eksisting DED IPAL Sewon	Dimensi eksisting IPAL Sewon
	Data pencatatan debit air limbah yang masuk ke IPAL	Penunjang data debit eksisting
	Dokumen hasil pemeriksaan berkala influen dan efluen air limbah	Penunjang data kualitas air limbah eksisting
Pemprov. DIY	Perda DIY No. 2 Tahun 2013 Tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik	Penunjang regulasi terkait
	Perda DIY No.7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Yogyakarta	Penunjang regulasi terkait

Instansi	Data/Dokumen	Fungsi
BPS Prov. DIY	Badan Pusat Statistik DIY Tahun 2018	Analisis kependudukan, geografi, dsb
Kementerian LHK	Permen LHK 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu	Baku Mutu Air Limbah Domestik

Kerangka tahapan dalam pengambilan data untuk analisis karakteristik kualitas dan kuantitas IPAL Sewon dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



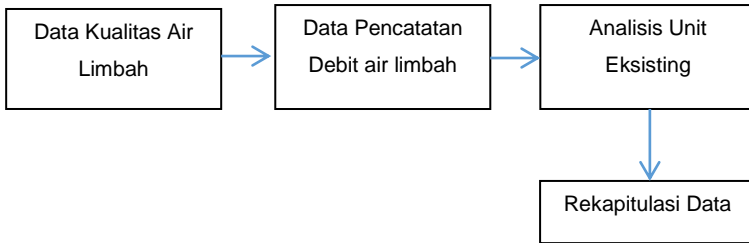
Gambar 3.3 Kerangka Pengambilan Data

3.3.4 Tahap Analisis dan Pembahasan

Tahap analisis dan pembahasan pada tugas akhir ini didasarkan pada literatur terkait, misalnya Buku Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) dan dasar-dasar pengolahan air limbah domestik lainnya. Adapun pada tahap ini akan dilakukan analisis dan pembahasan terkait aspek teknis dan finansial, meliputi:

1. Analisis kondisi eksisting IPAL Sewon.

Analisis kondisi eksisting meliputi analisis kualitas air limbah dengan parameter terkait dan evaluasi aspek desain unit eksisting.



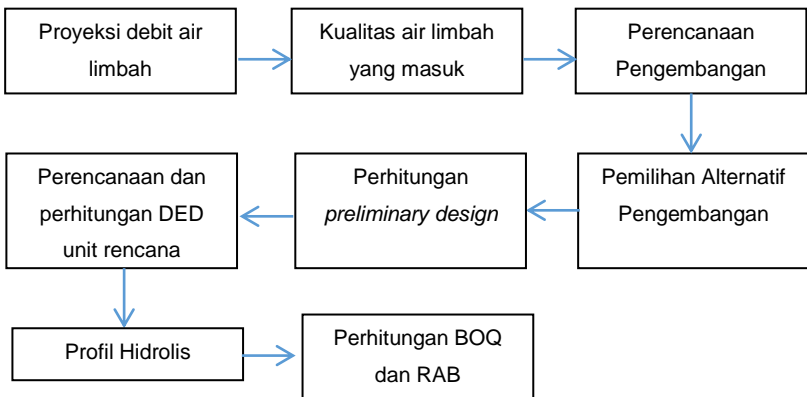
Gambar 3.4 Kerangka Analisis Kondisi Eksisting

2. Penentuan debit IPAL Pengembangan.

Penentuan debit ini dihitung berdasarkan pendekatan proyeksi penduduk dan kebutuhan air dari data PDAM. Lalu diasumsikan 80% dari air bersih akan menjadi air limbah.

3. Perencanaan pengembangan IPAL Sewon untuk peningkatan kapasitas pengolahan.

Perencanaan pengembangan dimulai dari pemilihan alternatif hingga perhitungan BOQ dan RAB berdasarkan pada Buku Pengelolaan SPALDT karya Kementerian PUPR dan literatur terkait.



Gambar 3.5 Kerangka Analisis Perencanaan Pengembangan

4. Penyusunan gambar teknis unit yang akan direncanakan.

Setelah melakukan perhitungan dimensi masing-masing unit yang direncanakan, lalu langkah selanjutnya ialah penggambaran unit sesuai kaidah gambar teknik menggunakan aplikasi Autocad 2015. Adapun gambar teknis yang disusun antara lain layout IPAL Pengembangan, denah setiap unit, potongan setiap unit, dan profil hidrolis.

5. Perhitungan BOQ dan RAB

Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang didasarkan pada regulasi yang ditetapkan oleh Pemerintah Daerah D.I. Yogyakarta. BOQ merupakan akumulasi kebutuhan bahan atau alat yang dibutuhkan pada saat proses konstruksi perencanaan pengembangan IPAL Sewon. RAB merupakan akumulasi rencana anggaran biaya kebutuhan bahan atau alat yang dibutuhkan pada saat proses konstruksi perencanaan pengembangan IPAL Sewon. Nilai ini didasarkan pada perkalian antara kebutuhan dan harga satuan suatu barang atau jasa (Dirjen Cipta Karya, 2018). Nilai koefisien dan harga barang ini didasarkan pada Peraturan Bupati Bantul No. 131 Tahun 2019.

3.3.5 Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran akan ditarik suatu kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis dan pembahasan guna menjawab rumusan masalah dan sesuai dengan tujuan tugas akhir ini serta saran-saran yang diperlukan penyempurnaan perencanaan lebih lanjut.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting IPAL Sewon

IPAL Sewon merupakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) domestik terpusat yang terletak Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Air limbah yang diolah berasal dari air buangan rumah tangga, hotel, restoran, dan permukiman masyarakat yang tinggal di wilayah Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, dan Kota Yogyakarta melalui jaringan sistem penyaluran air limbah (SPAL).

Wilayah pelayanan IPAL Sewon adalah Kawasan Perkotaan Yogyakarta (KPY) yang lazim disebut Kartamantul, yaitu meliputi hampir seluruh Kota Yogyakarta, sebagian wilayah Kabupaten Sleman (tiga kecamatan: Mlati, Depok, dan Ngaglik), dan sebagian wilayah Kabupaten Bantul (tiga Kecamatan: Kasihan, Sewon, dan Banguntapan). IPAL Sewon mengolah limbah rumah tangga dari 125.000 jiwa atau pelayanan dan sambungan rumah sebanyak 25.000 SR dengan kapasitas volume air masuk 15.500 m³/hari dan BOD in 332 mg/liter yang merupakan proyeksi pelayanan sampai dengan tahun 2017. Berdasarkan Dokumen IPAL Sewon (2018), wilayah pelayanan IPAL Sewon adalah Kawasan Perkotaan Yogyakarta (KPY) yang lazim disebut Kartamantul, yaitu meliputi hampir seluruh Kota Yogyakarta, sebagian wilayah Kabupaten Sleman (tiga kecamatan : Mlati, Depok, dan Ngaglik), dan sebagian wilayah Kabupaten Bantul (tiga Kecamatan: Kasihan, Sewon, dan Banguntapan).

Hingga saat ini, kondisi air limbah yang dilayani oleh IPAL Sewon adalah pelayanan 25.000 Sambungan Rumah (SR) dengan kuantitas limbah masuk setiap harinya adalah 15.500 m³/hari atau 179 liter/detik dan kuantitas maksimum perjam dari air limbah yang masuk adalah 1.282 m³/jam atau 356 liter/ detik (Dokumen IPAL Sewon, 2018).

Secara umum, aplikasi teknologi pengolahan IPAL Sewon menggunakan unit *grit chambers* sebagai unit prapengolahan, unit *Facultative Aerated Lagoon* (FAL) dan Kolam

Maturasi serta Bak Pengering Lumpur sebagai unit pengolahan lumpur. Adapun layout IPAL Sewon ditunjukkan pada Lampiran.

Sumur pengumpul

Sumur pengumpul pada IPAL Sewon berfungsi untuk mengumpulkan air limbah domestik dari sistem penyaluran. Adapun dimensi sumur pengumpul pada IPAL Sewon adalah sebagai berikut:

Panjang (p)	= 6,550 m
Lebar (l)	= 5 m
Kedalaman (h)	= 3 m
Volume	= 87,15 m ³
Rata –rata debit masuk	= 15754,8 m ³ /hari
Waktu detensi	= Volume / debit
	= 98,25 m ³ / 15754,8 m ³ /hari
	= 8,98 menit < 10 menit
	(memenuhi kriteria)

Berikut Gambar 4.1 ialah unit sumur pengumpul pada IPAL Sewon.



Gambar 4.1 Unit Sumur Pengumpul

Grit chambers

Unit *grit chambers* pada IPAL Sewon berfungsi untuk memisahkan partikel *grit* menggunakan pemisahan secara gravitasi yang terbawa didalam air limbah agar tidak mengganggu

proses unit selanjutnya. Adapun dimensi grit chambers pada IPAL Sewon adalah sebagai berikut:

Panjang (p)	= 9 m
Lebar (l)	= 2 m
Kedalaman (h)	= 2 m
Volume	= 36 m ³
Debit masuk proyeksi	= 15754,8 m ³ /hari
Debit per bak	= 15754,8 m ³ /hari / 2 unit
	= 7877,41 m ³ /hari
Waktu detensi	= Volume / debit
	= 36 m ³ / 7877,41 m ³ /hari
	= 6,6 menit > 1,5 menit
	(belum memenuhi kriteria)

Berikut Gambar 4.2 ialah unit grit chambers pada IPAL Sewon.



Gambar 4.2 Unit Grit Chambers

Kolam *Facultative Aerated Lagoon* (FAL)

Unit FAL pada IPAL Sewon merupakan salah satu sistem pengolahan air limbah yang memanfaatkan kolam pada kondisi aerobik dan anaerobik pada waktu yang bersamaan (Said, 2008). Terdapat 2 segmen kolam FAL pada IPAL Sewon. Masing-masing segmen memiliki 2 kolam identik. Artinya total kolam FAL yang dimiliki IPAL Sewon sebanyak 4 kolam. Adapun dimensi

masing-masing kolam FAL pada IPAL Sewon adalah sebagai berikut:

Panjang (p)	= 87 m
Lebar (l)	= 70 m
Kedalaman (h)	= 4 m
Volume	= 2436 m ³
Debit per bak	= 7877,4 m ³ /hari / 2 unit
Waktu detensi	= Volume / debit
	= 24603 m ³ / 7877,4 m ³ /hari
	= 2,31 hari < 3 hari - 6 hari
	(belum memenuhi kriteria)

Berikut Gambar 4.3 ialah unit kolam FAL pada IPAL Sewon.



Gambar 4.3 Unit Kolam FAL

Kolam Maturasi

Kolam maturasi pada IPAL Sewon berperan untuk menurunkan kandungan mikroorganisme patogen dalam air limbah terutama coliform (Samina dkk., 2013). Terdapat 2 unit kolam maturasi pada IPAL Sewon. Adapun dimensi kolam maturasi pada IPAL Sewon adalah sebagai berikut:

Panjang (p)	= 84 m
Lebar (l)	= 70 m
Kedalaman (h)	= 2 m
Volume	= 11760 m ³

Berikut Gambar 4.4 ialah unit kolam FAL pada IPAL Sewon.



Gambar 4.4 Unit Kolam Maturasi

Sludge Drying Bed (SDB)

Tujuan utama dari pengolahan lumpur pada IPAL Sewon ialah mengurangi kadar air dalam lumpur dengan memisahkan padatan dengan airnya. Lumpur yang dihasilkan oleh IPAL Sewon berasal dari proses endapan pada pengolahan biologis (kolam FAL dan kolam maturasi). Terdapat 20 unit SDB pada IPAL Sewon. Adapun dimensi SDB IPAL Sewon adalah sebagai berikut:

Panjang (p)	= 33,5 m
Lebar (l)	= 10,275 m
Kedalaman (h)	= 1,5 m
Volume	= 516,32 m ³

Berikut Gambar 4.5 ialah unit SDB pada IPAL Sewon.



Gambar 4.5 Unit SDB

4.2 Kualitas Air Limbah

Unit pengolahan yang digunakan IPAL Sewon merupakan kombinasi teknologi *Grit Chambers* (pengolahan fisik), Fakultatif Laguna Aerasi (pengolahan biologis), dan kolam maturasi. Hasil uji laboratorium sampel air limbah IPAL Sewon dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari air limbah. Karakteristik tersebut menunjukkan kandungan polutan yang ada di dalam air limbah. Parameter kualitas air limbah yang digunakan mengacu pada PermenLHK No. 68 Tahun 2016, yakni COD, BOD, TSS, Amonia, dan Total Coliform. Pengujian kualitas air limbah IPAL Sewon dilakukan di laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Provinsi D.I Yogyakarta. Kualitas air limbah hasil uji laboratorium akan dibandingkan dengan baku mutu air limbah yang berlaku. Titik sampling yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 bertujuan untuk mengetahui kualitas dan efisiensi penyisihan tiap unit pengolahan. Adapun kualitas air limbah tiap unit pengolahan pada IPAL Sewon ditunjukkan pada Tabel 4.1 hingga 4.9 berikut.

Tabel 4.1 Kualitas Air Limbah pada Sumur Pengumpul

Parameter	Kadar	Satuan
COD	142	mg/l
BOD	74,5	mg/l
TSS	103	mg/l
Amonia	13,60	mg/l
Total Coliform	24000	jml/100ml

Tabel 4.2 Kualitas Air Limbah pada Inlet Grit Chambers

Parameter	Kadar	Satuan
COD	129,5	mg/l
BOD	54,8	mg/l
TSS	91	mg/l
Amonia	13,39	mg/l
Total Coliform	17000	jml/100ml

Tabel 4.3 Kualitas Air Limbah pada Outlet Grit Chambers

Parameter	Kadar	Satuan
COD	122	mg/l
BOD	48,5	mg/l
TSS	71	mg/l
Amonia	10,8	mg/l
Total Coliform	24000	jml/100ml

Tabel 4.4 Kualitas Air Limbah pada Outlet FAL 1A

Parameter	Kadar	Satuan
COD	34,9	mg/l
BOD	18,8	mg/l
TSS	14	mg/l
Amonia	10,8	mg/l
Total Coliform	24000	jml/100ml

Tabel 4.5 Kualitas Air Limbah pada Outlet FAL 1B

Parameter	Kadar	Satuan
COD	53,4	mg/l
BOD	10,5	mg/l
TSS	15	mg/l
Amonia	9,01	mg/l
Total Coliform	24000	jml/100ml

Tabel 4.6 Kualitas Air Limbah pada Outlet FAL 2A

Parameter	Kadar	Satuan
COD	34,2	mg/l
BOD	14,1	mg/l
TSS	10	mg/l
Amonia	8,1	mg/l
Total Coliform	16000	jml/100ml

Tabel 4.7 Kualitas Air Limbah pada Outlet FAL 2B

Parameter	Kadar	Satuan
COD	34,9	mg/l
BOD	20,9	mg/l
TSS	16	mg/l
Amonia	8,09	mg/l
Total Coliform	24000	jml/100ml

Tabel 4.8 Kualitas Air Limbah pada Outlet Kolam Maturasi

Parameter	Kadar	Satuan
COD	38	mg/l
BOD	12,6	mg/l
TSS	17	mg/l
Amonia	2,79	mg/l
Total Coliform	1600	jml/100ml

Tabel 4.9 Kualitas Air Limbah pada Outlet Desinfeksi

Parameter	Kadar	Satuan
COD	29,9	mg/l
BOD	15	mg/l
TSS	7	mg/l
Amonia	2,43	mg/l
Total Coliform	790	jml/100ml

Berdasarkan Tabel 4.1 hingga 4.9, ditunjukkan kualitas air limbah pada masing-masing unit pengolahan pada IPAL Sewon. Kualitas air limbah tersebut nantinya dibandingkan dengan baku mutu terkait untuk dianalisis apakah memenuhi atau tidak sesuai baku mutu. Hasil analisis kualitas air limbah dengan baku mutu dapat dilihat pada Tabel 4.10 hingga Tabel 4.18

Tabel 4.10 Analisis Unit Sumur Pengumpul

Parameter	Kadar	Satuan	Keterangan	Baku Mutu ^(a)
COD	142	mg/l	Belum memenuhi	100
BOD	74,5	mg/l	Belum memenuhi	30
TSS	103	mg/l	Belum memenuhi	30
Amonia	13,60	mg/l	Belum memenuhi	10
Total Coliform	24000	jml/100ml	Belum memenuhi	3000

Sumber: ^(a)PermenLHK No. 68 Tahun 2016

Tabel 4.11 Analisis Unit Inlet Grit Chambers

Parameter	Kadar	Satuan	Keterangan	Baku Mutu ^(a)
COD	129,5	mg/l	Belum memenuhi	100
BOD	54,8	mg/l	Belum memenuhi	30
TSS	91	mg/l	Belum memenuhi	30
Amonia	13,39	mg/l	Belum memenuhi	10
Total Coliform	17000	jml/100ml	Belum memenuhi	3000

Sumber: ^(a)PermenLHK No. 68 Tahun 2016

Tabel 4.12 Analisis Unit Outlet Grit Chambers

Parameter	Kadar	Satuan	Keterangan	Baku Mutu ^(a)
COD	122	mg/l	Belum memenuhi	100
BOD	48,5	mg/l	Belum memenuhi	30
TSS	71	mg/l	Belum memenuhi	30
Amonia	10,8	mg/l	Belum memenuhi	10
Total Coliform	24000	jml/100ml	Belum memenuhi	3000

Sumber: ^(a)PermenLHK No. 68 Tahun 2016

Tabel 4.13 Analisis Unit Outlet FAL 1A

Parameter	Kadar	Satuan	Keterangan	Baku Mutu ^(a)
COD	34,9	mg/l	Sudah memenuhi	100
BOD	18,8	mg/l	Sudah memenuhi	30
TSS	14	mg/l	Sudah memenuhi	30
Amonia	10,8	mg/l	Belum memenuhi	10
Total Coliform	24000	jml/100ml	Belum memenuhi	3000

Sumber: ^(a)PermenLHK No. 68 Tahun 2016

Tabel 4.14 Analisis Unit Outlet FAL 1B

Parameter	Kadar	Satuan	Keterangan	Baku Mutu ^(a)
COD	53,4	mg/l	Sudah memenuhi	100
BOD	10,5	mg/l	Sudah memenuhi	30
TSS	15	mg/l	Sudah memenuhi	30
Amonia	9,01	mg/l	Sudah memenuhi	10
Total Coliform	24000	jml/100ml	Belum memenuhi	3000

Sumber: ^(a)PermenLHK No. 68 Tahun 2016

Tabel 4.15 Analisis Unit Outlet FAL 2A

Parameter	Kadar	Satuan	Keterangan	Baku Mutu ^(a)
COD	34,2	mg/l	Sudah memenuhi	100
BOD	14,1	mg/l	Sudah memenuhi	30
TSS	10	mg/l	Sudah memenuhi	30
Amonia	8,1	mg/l	Sudah memenuhi	10
Total Coliform	16000	jml/100ml	Belum memenuhi	3000

Sumber: ^(a)PermenLHK No. 68 Tahun 2016

Tabel 4.16 Analisis Unit Outlet FAL 2B

Parameter	Kadar	Satuan	Keterangan	Baku Mutu ^(a)
COD	34,9	mg/l	Sudah memenuhi	100
BOD	20,9	mg/l	Sudah memenuhi	30
TSS	16	mg/l	Sudah memenuhi	30
Amonia	8,09	mg/l	Sudah memenuhi	10
Total Coliform	24000	jml/100ml	Belum memenuhi	3000

Sumber: ^(a)PermenLHK No. 68 Tahun 2016

Tabel 4.17 Analisis Unit Outlet Kolam Maturasi

Parameter	Kadar	Satuan	Keterangan	Baku Mutu ^(a)
COD	38	mg/l	Sudah memenuhi	100
BOD	12,6	mg/l	Sudah memenuhi	30
TSS	17	mg/l	Sudah memenuhi	30
Amonia	2,79	mg/l	Sudah memenuhi	10
Total Coliform	1600	jml/100ml	Sudah memenuhi	3000

Sumber: ^(a)PermenLHK No. 68 Tahun 2016

Tabel 4.18 Analisis Unit Outlet Desinfeksi

Parameter	Kadar	Satuan	Keterangan	Baku Mutu ^(a)
COD	29,9	mg/l	Sudah memenuhi	100
BOD	15	mg/l	Sudah memenuhi	30
TSS	7	mg/l	Sudah memenuhi	30
Amonia	2,43	mg/l	Sudah memenuhi	10
Total Coliform	790	jml/100ml	Sudah memenuhi	3000

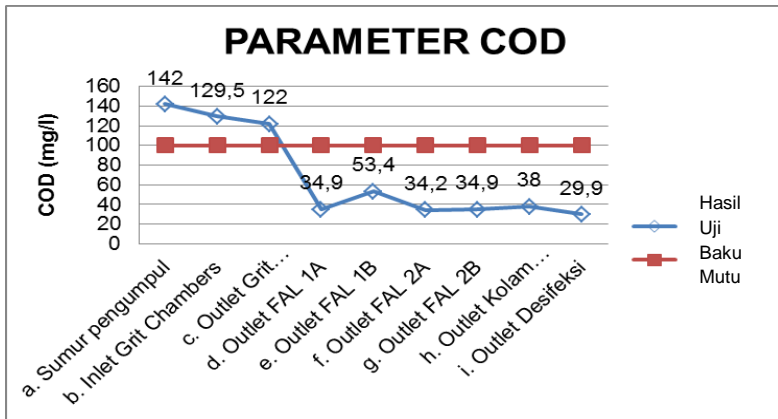
Sumber: ^(a)PermenLHK No. 68 Tahun 2016.

Berdasarkan Tabel 4.10 hingga 4.18, terdapat beberapa parameter yang belum memenuhi baku mutu di setiap unit pengolahan pada IPAL Sewon. Air limbah yang belum memenuhi baku mutu dan dibuang ke sungai akan menyebabkan pencemaran pada sungai tersebut. Terdapat banyak faktor yang menyebabkan kualitas air limbah tersebut belum memenuhi baku mutu, antara lain beban organik yang tinggi, kondisi unit pengolahan IPAL yang belum optimal (Nurjanah, 2019).

4.2.1 Parameter

Chemical Oxygen Demand (COD)

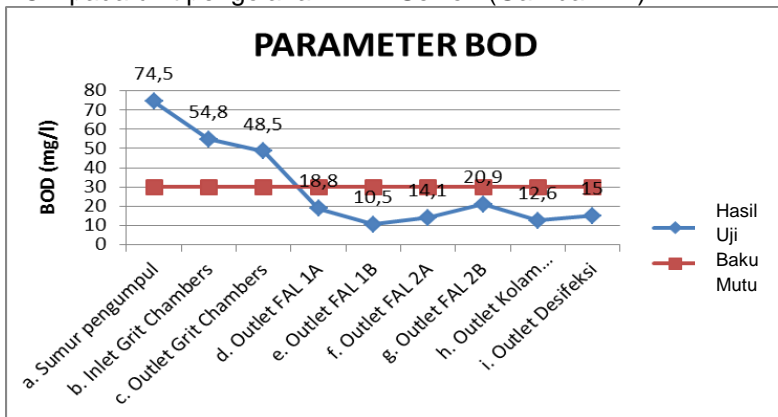
Berikut ini merupakan perbandingan hasil uji parameter COD pada unit pengolahan IPAL Sewon (Gambar 4.6). Berdasarkan Gambar 4.6 hanya terdapat tiga titik sampling pada unit pengolahan yang belum memenuhi baku mutu, yaitu unit sumur pengumpul, inlet dan outlet grit chambers. Nilai COD paling tinggi terdapat pada sumur pengumpul yakni sebesar 142 mg/l. Hal ini mengindikasikan bahwa sumur pengumpul merupakan unit yang memiliki nilai COD tertinggi akibat akumulasi dari sistem penyaluran air limbah. Sedangkan nilai COD paling rendah terdapat pada outlet desinfeksi yakni sebesar 29,9 mg/l dan sudah memenuhi baku mutu sesuai PermenLHK No. 68 Tahun 2016.



Gambar 4.6 Nilai COD Unit Pengolahan IPAL Sewon

Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Berikut ini merupakan perbandingan hasil uji parameter BOD pada unit pengolahan IPAL Sewon (Gambar 4.7).



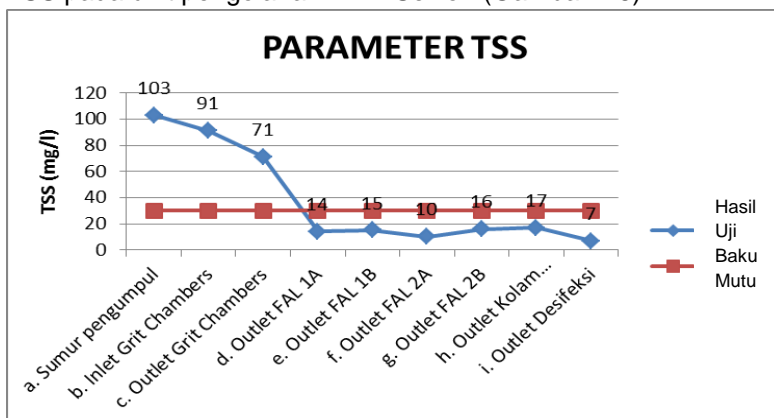
Gambar 4.7 Nilai BOD Unit Pengolahan IPAL Sewon

Berdasarkan Gambar 4.7 terdapat tiga titik sampling pada unit pengolahan yang belum memenuhi baku mutu, yaitu unit sumur pengumpul, inlet dan outlet grit chambers. Terdapat

kenaikan nilai BOD pada outlet kolam FAL 2B yakni dari 10,5 mg/l (kolam FAL 1B) menjadi 20,9 mg/l. Hal ini disebabkan karena *surface* aerator unit FAL 2B tidak berjalan ketika dilakukan pengambilan sampel dan berpengaruh pada pasokan oksigen untuk mengolah air limbah. Adapun nilai BOD paling tinggi terdapat pada sumur pengumpul yakni sebesar 74,5 mg/l. Sedangkan nilai BOD paling rendah terdapat pada outlet kolam FAL 1B yakni sebesar 10,5 mg/l dan sudah memenuhi baku mutu sesuai PermenLHK No. 68 Tahun 2016.

Total Suspended Solid (TSS)

Berikut ini merupakan perbandingan hasil uji parameter TSS pada unit pengolahan IPAL Sewon (Gambar 4.8).

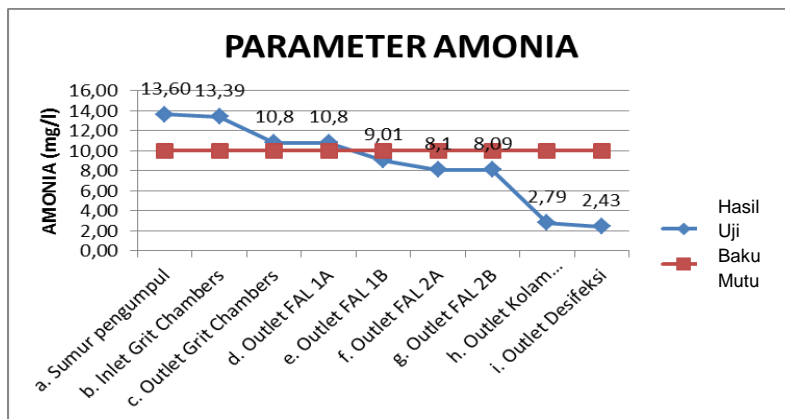


Gambar 4.8 Nilai TSS Unit Pengolahan IPAL Sewon

Berdasarkan Gambar 4.8 sebagian besar penurunan kadar TSS terjadi pada sistem pengolahan IPAL Sewon. Adapun masih terdapat tiga titik sampling pada unit pengolahan yang belum memenuhi baku mutu, yaitu unit sumur pengumpul, inlet dan outlet grit chambers. Nilai TSS paling tinggi terdapat pada sumur pengumpul yakni sebesar 103 mg/l. Sedangkan nilai TSS paling rendah terdapat pada outlet desinfeksi yakni sebesar 7 mg/l dan sudah memenuhi baku mutu sesuai PermenLHK No. 68 Tahun 2016.

Amonia

Berikut ini merupakan perbandingan hasil uji parameter Amonia pada unit pengolahan IPAL Sewon (Gambar 4.9).

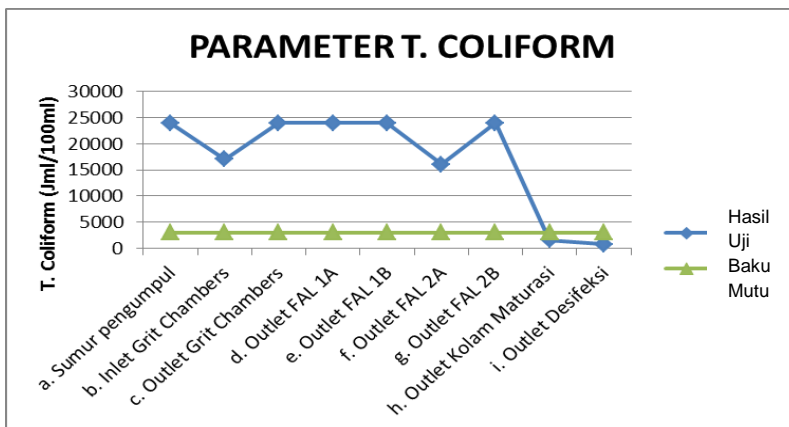


Gambar 4.9 Nilai Amonia Unit Pengolahan IPAL Sewon

Berdasarkan Gambar 4.9 terdapat sebagian besar penurunan kadar amonia pada unit pengolahan IPAL Sewon. Adapun terdapat empat titik sampling pada unit pengolahan yang belum memenuhi baku mutu, yaitu unit sumur pengumpul, inlet grit chambers, outlet grit chambers, dan outlet kolam FAL 1A. Nilai amonia paling tinggi terdapat pada sumur pengumpul yakni sebesar 13,60 mg/l. Sedangkan nilai amonia paling rendah terdapat pada outlet kolam maturasi yakni sebesar 2,43 mg/l dan sudah memenuhi baku mutu sesuai PermenLHK No. 68 Tahun 2016.

Total Coliform

Berikut ini merupakan perbandingan hasil uji parameter *Total Coliform* pada unit pengolahan IPAL Sewon (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Nilai Total Coliform Unit Pengolahan IPAL Sewon

Berdasarkan Gambar 4.10 hanya terdapat 2 titik sampling pada unit pengolahan yang sudah memenuhi baku mutu, yaitu outlet kolam maturasi dan outlet desinfeksi yakni sebesar 1600 jml/100ml dan 790 jml/100ml. Hal ini mengindikasikan bahwa kolam maturasi dan proses desinfeksi berperan baik untuk menurunkan kandungan mikroorganisme patogen dalam air limbah terutama coliform (Samina dkk., 2013).

4.2.2 Efisiensi Penyisihan

IPAL bertujuan untuk menurunkan kadar pencemar yang terdapat pada air limbah sehingga aman dan tidak mencemari badan air buangnya (Nurjanah, 2019). Analisis efisiensi penyisihan dari masing-masing unit IPAL Sewon digunakan untuk mengetahui kemampuan unit dalam menurunkan kadar pencemar yang diolah. Berikut Tabel 4.19 hingga Tabel 4.21 menunjukkan efisiensi penyisihan pencemar pada unit IPAL Sewon.

Tabel 4.19 Efisiensi Penyisihan Grit Chambers

Parameter	Persentase	Satuan
COD	5,79	%
BOD	11,50	%
TSS	21,98	%

Tabel 4.20 Efisiensi Penyisihan Kolam FAL Segmen A

Parameter	Persentase	Satuan
COD	71,97	%
BOD	70,93	%
TSS	85,92	%
Amonia	25,00	%

Tabel 4.21 Efisiensi Penyisihan Kolam FAL Segmen 1B

Parameter	Persentase	Satuan
COD	71,39	%
BOD	56,91	%
TSS	77,46	%
Amonia	25,09	%

Lalu masing-masing penyisihan dibandingkan dengan kriteria menurut beberapa literatur terkait guna melihat apakah penyisihan yang terjadi sudah memenuhi kriteria atau belum. Analisis penyisihan masing-masing unit dapat dilihat pada Tabel 4.22 hingga Tabel 4.24.

Tabel 4.22 Analisis Penyisihan Grit Chambers

Parameter	Kemampuan Penyisihan		Keterangan
	Eksisting	Kriteria	
COD	5,79	0%-5% ^(a)	Sesuai
BOD	11,50	0%-5% ^(a)	Sesuai
TSS	21,98	10%-25% ^(b)	Sesuai

Sumber: ^(a)Anwar dkk, 2008 ^(b)Yanita dkk, 2016

Tabel 4.23 Analisis Penyisihan Kolam FAL Segmen A

Parameter	Kemampuan Penyisihan		Keterangan
	Eksisting	Kriteria	
COD	71,97%	32%-50% ^(a)	Sesuai
BOD	70,93%	60%-88% ^(a)	Sesuai
TSS	85,92%	50%-80% ^(b)	Sesuai
Amonia	25,00%	15%-20% ^(b)	Sesuai

Sumber: ^(a)Peitz dan Xavier, 2019 ^(b)Baick dkk, 1992

Tabel 4.24 Analisis Penyisihan Kolam FAL Segmen B

Parameter	Kemampuan Penyisihan		Keterangan
	Eksisting	Kriteria	
COD	71,39%	32%-50% ^(a)	Sesuai
BOD	66,91%	60%-88% ^(a)	Sesuai
TSS	77,46%	50%-80% ^(b)	Sesuai
Amonia	25,09%	15%-20% ^(b)	Sesuai

Sumber: ^(a)Peitz dan Xavier, 2019 ^(b)Baick dkk, 1992

4.3 Debit Air Limbah

4.3.1 Tren Debit IPAL Sewon

Debit air limbah pada IPAL Sewon dicatat pada *flowmeter* yang berada di panel operator. Pada tugas akhir ini data pencatatan debit digunakan mengetahui fluktuasi air limbah yang masuk pada tiap harinya. Sehingga dapat diketahui debit air limbah tertinggi yang akan digunakan dalam penunjang desain IPAL alternatif nantinya. Data yang ditampilkan pada Tabel 4.25 merupakan data hasil rekapitulasi dan pencatatan yang dilakukan oleh pihak pengelola IPAL Sewon.

Tabel 4.25 Debit Air Limbah IPAL Sewon

Bulan	Tahun	Debit Min (m ³ /hari)	Debit Max (m ³ /hari)	Debit Rerata (m ³ /hari)
Januari	2019	10781,20	19441,90	14941,64
Februari	2019	11374,10	19388,40	15434,37
Maret	2019	8239,00	22962,20	16082,10
April	2019	9052,20	24888,20	15699,28
Mei	2019	8282,80	26889,10	16069,10
Juni	2019	6002,70	29606,90	17429,28
Juli	2019	6109,70	34389,80	15648,37
Agustus	2019	5510,50	25701,40	14934,65
September	2019	9918,90	20469,10	15022,35
Oktober	2019	7040,60	30612,70	16286,98

Sumber: Dokumen IPAL Sewon, 2019

4.3.2 Daerah Perencanaan

Daerah perencanaan ditentukan dengan memperhatikan beberapa pertimbangan. Pertimbangan tersebut adalah rencana pengembangan dari pihak instansi terkait, gap pelayanan air bersih dengan air limbah, dan tingkat kepadatan penduduk. Data rencana pengembangan dari pihak instansi terkait didapatkan melalui proses wawancara. Hasil wawancara dengan pengelola IPAL Sewon didapati bahwa daerah perencanaan yang akan dikembangkan adalah Kecamatan Kotagede dan beberapa kelurahan di Kecamatan Umbulharjo yaitu Pandeyan, Warungboto dan Giwangan. Untuk daerah perencanaan dengan gap air bersih dengan air limbah paling besar ialah salah satu kelurahan di Gondokusuman yaitu Klitren dan Demangan, lalu Kelurahan Karangwaru, Tegalrejo, dan Kricak di Kecamatan Tegalrejo. Untuk aspek kepadatan penduduk ialah Kelurahan Pringgokusuman di Kecamatan Gedongtengen.

4.3.3 Proyeksi Penduduk Daerah Perencanaan

Pertambahan jumlah penduduk di Provinsi D.I. Yogyakarta khususnya di Kota Yogyakarta dan pelayanan sambungan SPAL menuju IPAL Sewon akan berimbang pada kapasitas pengolahan dan kinerja unit pengolahan IPAL Sewon.

Proyeksi debit air limbah digunakan untuk memperkirakan debit air limbah yang masuk perencanaan pengembangan IPAL Sewon hingga tahun 2040 mendatang. Adapun Tabel 4.26 menunjukkan analisis jumlah penduduk beberapa tahun terakhir.

Tabel 4.26 Jumlah Penduduk di Daerah Perencanaan

Kecamatan	Kelurahan	Tahun					
		2013	2014	2015	2016	2017	2018
Kotagede	Prenggan	10420	10692	10992	11007	11072	11203
	Purbayan	9280	9523	9942	10008	10073	10157
	Rejowinangun	11459	11772	12161	12311	12390	12612
	Jumlah	31159	31987	33095	33326	33535	33972
Umbulharjo	Pandeyan	11716	12022	11961	11964	12064	12161
	Warungboto	8825	9064	9020	8985	9024	9086
	Giwangan	6947	7198	7346	7541	7620	7854
	Jumlah	27488	28284	28327	28490	28708	29101
Tegalrejo	Karangwaru	9830	9974	9832	9814	9837	9828
	Tegalrejo	8968	9167	9009	8997	9124	9221
	Kricak	12794	13005	12996	13027	13041	13201
	Jumlah	31592	32146	31837	31838	32002	32250
Gedongtengen	Pringgokusuman	12918	13112	12742	12762	12549	12502
	Jumlah	12918	13112	12742	12762	12549	12502
Gondokusuman	Klitren	9698	9764	9359	9403	9493	9559
	Terban	9065	9230	9108	9182	9166	9139
	Jumlah	18763	18994	18467	18585	18659	18698

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi DIY

Lalu perhitungan proyeksi menggunakan tiga metode pendekatan yaitu aritmatik, geometrik, dan *Least Square*. Pemilihan metode proyeksi penduduk yang digunakan dengan cara menghitung nilai korelasinya (r) dari ketiga metode proyeksi tersebut. Metode proyeksi yang mempunyai nilai korelasi mendekati angka satu adalah metode yang akan digunakan.

Perhitungan nilai korelasi (r)

a. Metode aritmatik

Tabel 4.27 berikut merupakan hasil perhitungan nilai korelasi (r) dengan metode aritmatik.

Tabel 4.27 Pehitungan Nilai r Metode Aritmatik

No.	Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Aritmatika				
			X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2014	124523	0	0	0	0	0
2	2015	124468	1	-55	-55	1	3025
3	2016	125001	2	533	1066	4	284089
4	2017	125453	3	452	1356	9	204304
5	2018	126523	4	1070	4280	16	1144900
Jumlah		625968	10	2000	6647	30	1636318

Dimana:

X = Tahun ke-

Y = Pertambahan jumlah penduduk

Nilai korelasi :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2]x[n(\sum x^2) - (\sum x)^2]\}^{1/2}}$$
$$r = \frac{5(6647) - (10)(2000)}{\{[5(1636318) - (2000)^2]x[5(30) - (10)^2]\}^{1/2}}$$
$$r = 0,9234$$

dimana:

n = jumlah data tahun yang dipakai

b. Metode geometrik

Tabel 4.28 berikut merupakan hasil perhitungan nilai korelasi (r) dengan metode geometrik.

Tabel 4.28 Perhitungan Nilai r Metode Geometrik

No.	Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Geometrik				
			X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2014	124.523	1	11,7322	11,732	1	137,646
2	2015	124468	2	11,7318	23,464	4	137,635
3	2016	125001	3	11,736	35,208	9	137,736
4	2017	125453	4	11,740	46,959	16	137,820
5	2018	126523	5	11,748	58,741	25	138,020
Jumlah		625968	15	58,688	176,104	55	688,856

Dimana:

X = Nomor data

Y = Ln jumlah penduduk

Nilai korelasi :

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

$$r = \frac{5(176,104) - (15)(58,688)}{\{[5(688,856) - (58,688)^2]x[5(55) - (15)^2]\}^{1/2}}$$

$$r = 0,9347$$

dimana:

n = jumlah data tahun yang dipakai

c. Metode least square

Tabel 4.29 berikut merupakan hasil perhitungan nilai korelasi (r) dengan metode *least square*.

Tabel 4.29 Perhitungan Nilai r Metode Least Square

No.	Tahun	Jumlah Penduduk	Metode Least square				
			X	Y	XY	X ²	Y ²
1	2014	124523	1	124523	124523	1	15505977529
2	2015	124468	2	124468	248936	4	15492283024
3	2016	125001	3	125001	375003	9	15625250001
4	2017	125453	4	125453	501812	16	15738455209
5	2018	126523	5	126523	632615	25	16008069529
Jumlah		625968	15	625968,00	1882889	55	78370035292

Dimana:

X = Nomor data

Y = Jumlah penduduk

Nilai korelasi :

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

$$r = \frac{5(1882889) - (15)(625968)}{\{[5(78370035292) - (625968)^2]x[5(55) - (15)^2]\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$r = 0,9341$$

dimana:

n = jumlah data tahun yang dipakai

Berdasarkan perhitungan nilai korelasi beberapa metode proyeksi maka dipilihlah proyeksi penduduk menggunakan metode geometrik karena nilai korelasi (r) yang mendekati 1, yakni 0,9347.

Perhitungan proyeksi penduduk

Menurut Suheri (2019), proyeksi penduduk dengan metode geometrik yakni menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk. Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun. Adapun persamaan yang digunakan ialah Persamaan 2-4 sebagai berikut:

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

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o}\right)^{1/n} - 1$$

Dimana:

- P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke- t
- P_o = Jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- n = Interval tahun

Langkah pertama sebelum melakukan proyeksi ialah menghitung nilai laju pertumbuhan penduduknya menggunakan rumus:

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o}\right)^{1/n} - 1$$

Adapun contoh perhitungan dapat dicontohkan pada perhitungan laju pertumbuhan laju penduduk pada Kelurahan Prenggan berikut:

Jumlah penduduk tahun 2013 = 10420 jiwa

Jumlah penduduk tahun 2014 = 10692 jiwa

Maka,

$$r = \left(\frac{10692}{10420}\right)^{1/(2014-2013)} - 1$$

$$r = 0,026$$

Laju pertumbuhan penduduk dilakuan tiap masing-masing kelurahan dikarenakan laju pertumbuhannya berbeda-beda. Maka Tabel 4.30 menunjukkan hasil perhitungan rerata laju pertumbuhan penduduk di daerah perencanaan pada interval tahun 2013-2018.

Tabel 4.30 Rerata Laju Pertumbuhan Penduduk di Daerah Perencanaan Tahun 2013-2018

Kecamatan	Kelurahan	Laju Pertumbuhan Penduduk						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	Rata-rata
Kotagede	Prenggan	0	0,026	0,028	0,001	0,006	0,012	0,0147
	Purbayan	0	0,026	0,044	0,007	0,006	0,008	0,0183
	Rejowinangun	0	0,027	0,033	0,012	0,006	0,018	0,0194
Umbulharjo	Pandeyan	0	0,026	-0,005	0,000	0,008	0,008	0,0075
	Warungboto	0	0,027	-0,005	-0,004	0,004	0,007	0,0059
	Giwangan	0	0,036	0,021	0,027	0,010	0,031	0,0249
Tegalrejo	Karangwaru	0	0,015	-0,014	-0,002	0,002	-0,001	0,000002
	Tegalrejo	0	0,022	-0,017	-0,001	0,014	0,011	0,0057
	Kricak	0	0,016	-0,001	0,002	0,001	0,012	0,0063
Gedongtengen	Pringgokusuman	0	0,015	-0,028	0,002	-0,017	-0,004	0,0016
Gondokusuman	Klitren	0	0,007	-0,041	0,005	0,010	0,007	0,0071
	Terban	0	0,018	-0,013	0,008	-0,002	-0,003	0,0017

Setelah didapatkan rerata laju pertumbuhan penduduk, maka proyeksi penduduk dapat dilakukan dengan contoh perhitungan pada Kelurahan Prenggan berikut ini:

$$\begin{aligned}
 P_0 &= 11203 \text{ jiwa} \\
 r &= 0,0147 \\
 n &= 2040 - 2018 \\
 &= 22 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka,} \\
 P_n &= P_0 (1+r)^n \\
 &= 11203 (1+0,0147)^{22} \\
 &= 15428 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Sehingga, penduduk pada Kelurahan Prenggan diproyeksikan mencapai 15428 jiwa pada tahun 2040 mendatang. Untuk perhitungan proyeksi penduduk pada daerah perencanaan terdapat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Perhitungan Proyeksi Penduduk Daerah Pelayanan Tahun 2019-2040

Kecamatan	Kelurahan	Tahun											
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Kotagede	Prenggan	11367	11534	11703	11874	12048	12225	12404	12586	12770	12957	13147	13340
	Purbayan	10343	10533	10726	10922	11123	11327	11534	11746	11961	12180	12404	12631
	Rejowinangun	12857	13106	13361	13620	13884	14154	14428	14708	14994	15285	15581	15884
	Jumlah	34567	35173	35789	36417	37055	37705	38366	39040	39725	40422	41132	41854
Umbulharjo	Pandeyan	12253	12345	12438	12532	12626	12722	12817	12914	13011	13110	13208	13308
	Warungboto	9140	9194	9248	9303	9358	9413	9469	9525	9581	9638	9695	9752
	Giwangan	8049	8250	8455	8665	8881	9102	9329	9561	9799	10042	10292	10548
	Jumlah	29442	29789	30141	30500	30865	31237	31615	31999	32391	32790	33195	33608
Tegalrejo	Karangwaru	9828	9828	9828	9828	9828	9828	9828	9828	9828	9828	9828	9828
	Tegalrejo	9273	9326	9379	9432	9486	9539	9594	9648	9703	9758	9813	9869
	Kricak	13284	13368	13452	13537	13622	13708	13795	13882	13969	14057	14146	14235
	Jumlah	32386	32522	32659	32797	32936	33076	33217	33358	33500	33643	33787	33932
Gedongtengen	Pringgokusuman	12522	12541	12561	12581	12600	12620	12640	12660	12680	12700	12720	12740
	Jumlah	12522	12541	12561	12581	12600	12620	12640	12660	12680	12700	12720	12740
Gondokusuman	Klitren	9627	9695	9763	9832	9902	9972	10043	10114	10185	10257	10330	10403
	Terban	9154	9170	9185	9201	9216	9232	9247	9263	9278	9294	9310	9325

Kecamatan	Kelurahan	Tahun											
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	Jumlah	18781	18865	18949	19033	19118	19204	19290	19376	19464	19551	19640	19728

Kecamatan	Kelurahan	Tahun											
		2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	-	-
Kotagede	Prenggan	13535	13733	13935	14139	14346	14556	14769	14986	15205	15428	-	-
	Purbayan	12862	13098	13338	13583	13832	14085	14344	14607	14874	15147	-	-
	Rejowinangun	16192	16506	16826	17153	17486	17825	18171	18524	18883	19249	-	-
	Jumlah	42589	43338	44099	44875	45664	46467	47284	48116	48963	49825	-	-
Umbulharjo	Pandeyan	13408	13509	13611	13714	13817	13921	14026	14132	14239	14346	-	-
	Warungboto	9810	9868	9926	9985	10044	10103	10163	10223	10283	10344	-	-
	Giwangan	10811	11080	11356	11638	11928	12225	12529	12841	13160	13488	-	-
	Jumlah	34029	34457	34893	35337	35789	36249	36718	37196	37682	38178	-	-
Tegalrejo	Karangwaru	9828	9828	9828	9828	9828	9828	9828	9828	9828	9828	-	-
	Tegalrejo	9925	9981	10038	10095	10152	10210	10267	10326	10384	10443	-	-
	Kricak	14325	14415	14506	14598	14690	14782	14876	14969	15064	15159	-	-
	Jumlah	34078	34225	34372	34521	34670	34820	34972	35124	35277	35431	-	-
Gedongtengen	Pringgokusuman	12760	12780	12800	12820	12840	12860	12880	12900	12921	12941	-	-

Kecamatan	Kelurahan	Tahun											
		2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	-	-
	Jumlah	12760	12780	12800	12820	12840	12860	12880	12900	12921	12941	-	-
Gondokusuman	Klitren	10477	10551	10625	10700	10776	10852	10929	11007	11084	11163	-	-
	Terban	9341	9357	9373	9388	9404	9420	9436	9452	9468	9484	-	-
	Jumlah	19818	19907	19998	20089	20180	20272	20365	20458	20552	20646	-	-

4.3.4 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan data air bersih pada daerah perencanaan dapat berguna sebagai prediksi produksi air limbah dan sebagai data awal untuk menentukan debit air limbah karena 60-80% air bersih akan menjadi air limbah (Dirjen Cipta Karya, 2018). Adapun Tabel 4.33 merupakan data air bersih per kelurahan pada tahun 2019 yang didapatkan dari data PDAM Tirta Marta Yogyakarta.

Berdasarkan Tabel 4.33, didapatkan rata-rata penggunaan air setiap SR lalu diekivalenkan dengan penggunaan air tiap orang. Adapun rata-rata penggunaan air bersih tiap orang dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Rata-Rata Penggunaan Air Bersih

Kecamatan	Kelurahan	Rata-rata (liter/SR.detik)	Rata-rata (liter/org.detik)
Kotagede	Prenggan	0,0051	0,0013
	Purbayan	0,0059	0,0015
	Rejowinangun	0,0046	0,0012
Umbulharjo	Pandeyan	0,0065	0,0016
	Warungboto	0,0053	0,0013
	Giwangan	0,0067	0,0017
Tegalrejo	Karangwaru	0,0097	0,0024
	Tegalrejo	0,0059	0,0015
	Kricak	0,0066	0,0016
Gedongtengen	Pringgokusuman	0,0080	0,0020
Gondokusuman	Klitren	0,0062	0,0015
	Terban	0,0087	0,0022

Sumber: PDAM Tirta Maya, 2019

Tabel 4.33 Data Air Bersih Daerah Perencanaan Tahun 2019

Kecamatan	Kelurahan	Tahun 2019 (liter/SR.detik)											
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Kotagede	Prenggan	0,0052	0,0051	0,0047	0,0045	0,0046	0,0049	0,0048	0,0051	0,0049	0,0056	0,0056	0,0060
	Purbayan	0,0058	0,0058	0,0057	0,0066	0,0056	0,0057	0,0060	0,0066	0,0058	0,0058	0,0058	0,0056
	Rejowinangun	0,0037	0,0041	0,0042	0,0048	0,0049	0,0048	0,0044	0,0045	0,0046	0,0049	0,0049	0,0053
Umbulharjo	Pandeyan	0,0074	0,0062	0,0055	0,0065	0,0058	0,0071	0,0062	0,0063	0,0066	0,0067	0,0067	0,0074
	Warungboto	0,0058	0,0051	0,0049	0,0057	0,0053	0,0054	0,0051	0,0052	0,0053	0,0052	0,0052	0,0058
	Giwangan	0,0071	0,0071	0,0067	0,0072	0,0070	0,0071	0,0065	0,0062	0,0064	0,0064	0,0064	0,0066
Tegalrejo	Karangwaru	0,0101	0,0092	0,0091	0,0099	0,0092	0,0085	0,0097	0,0094	0,0099	0,0095	0,0112	0,0102
	Tegalrejo	0,0058	0,0063	0,0060	0,0056	0,0062	0,0059	0,0057	0,0058	0,0057	0,0055	0,0058	0,0062
	Kricak	0,0072	0,0065	0,0059	0,0066	0,0065	0,0065	0,0064	0,0066	0,0064	0,0064	0,0067	0,0070
Gedongtengen	Pringgokusuman	0,0084	0,0084	0,0073	0,0081	0,0080	0,0086	0,0072	0,0078	0,0083	0,0070	0,0082	0,0082
Gondokusuman	Klitren	0,0061	0,0068	0,0055	0,0065	0,0067	0,0059	0,0059	0,0062	0,0063	0,0060	0,0060	0,0064
	Terban	0,0106	0,0088	0,0081	0,0080	0,0098	0,0079	0,0085	0,0089	0,0085	0,0083	0,0084	0,0088

Sumber: PDAM Tirta Maya, 2019

4.3.5 Perencanaan Tingkat Pelayanan

Menurut Dirjen Cipta Karya (2018), proyeksi tingkat pelayanan perencanaan pengembangan instalasi pengolahan air limbah direncanakan bertambah sebanyak 2-3% setiap tahunnya. Sehingga pada akhir masa perencanaan tingkat pelayanan dinilai sesuai dengan rencana awal dari pemerintah. Tabel 4.34 merupakan tingkat pelayanan awal pada daerah perencanaan pada tahun 2017 sampai 2019. Lalu berdasarkan Tabel 4.34, didapatkan presentase tingkat pelayanan awal yang ditunjukkan pada Tabel 4.35.

Tabel 4.34 Pelayanan Awal Daerah Perencanaan

Kecamatan	Kelurahan	Tahun		
		2017	2018	2019
Kotagede	Prenggan	0	0	0
	Purbayan	0	0	0
	Rejowinangun	0	0	0
	Jumlah	0	0	0
Umbulharjo	Pandeyan	320	320	320
	Warungboto	429	630	630
	Giwangan	318	318	318
	Jumlah	1067	1268	1268
Tegalrejo	Karangwaru	89	89	89
	Tegalrejo	276	276	416
	Kricak	0	0	0
	Jumlah	365	365	505
Gedongtengen	Pringgokusuman	499	499	499
	Jumlah	499	499	499
Gondokusuman	Klitren	238	238	254
	Terban	125	125	125
	Jumlah	363	363	379

Sumber: Dinas PUPR Kota Yogyakarta, 2020

Tabel 4.35 Persentase Tingkat Pelayanan Awal Daerah Perencanaan

Kecamatan	Kelurahan	Persentase Pelayanan		
		2017	2018	2019
Kotagede	Prenggan	0%	0%	0%
	Purbayan	0%	0%	0%
	Rejowinangun	0%	0%	0%
Umbulharjo	Pandeyan	11%	11%	10%
	Warungboto	19%	28%	28%
	Giwangan	17%	16%	16%
Tegalrejo	Karangwaru	4%	4%	4%
	Tegalrejo	12%	12%	18%
	Kricak	0%	0%	0%
Gedongtengen	Pringgokusuman	16%	16%	16%
Gondokusuman	Klitren	10%	10%	11%
	Terban	5%	5%	5%

4.3.6 Proyeksi Pelayanan

Proyeksi tingkat pelayanan perencanaan pengembangan instalasi pengolahan air limbah direncanakan bertambah sebanyak 2-3% setiap tahunnya (Dirjen Cipta Karya, 2018). Maka hasil proyeksi pelayanan IPAL Sewon pada tahun 2020 hingga 2040 dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 Proyeksi Tingkat Pelayanan IPAL Sewon

Kecamatan	Kelurahan	Proyeksi Pelayanan										
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Kotagede	Prenggan	0%	3%	6%	9%	12%	15%	18%	21%	24%	27%	30%
	Purbayan	0%	3%	6%	9%	12%	15%	18%	21%	24%	27%	30%
	Rejowinangun	0%	3%	6%	9%	12%	15%	18%	21%	24%	27%	30%
Umbulharjo	Pandeyan	14%	17%	20%	23%	26%	29%	32%	35%	38%	41%	44%
	Warungboto	32%	35%	38%	41%	44%	47%	50%	53%	56%	59%	62%
	Giwangan	20%	23%	26%	29%	32%	35%	38%	41%	44%	47%	50%
Tegalrejo	Karangwaru	6%	8%	11%	14%	17%	20%	23%	26%	29%	32%	35%
	Tegalrejo	20%	22%	25%	28%	31%	34%	37%	40%	43%	46%	49%
	Kricak	2%	4%	7%	10%	13%	16%	19%	22%	25%	28%	31%
Gedongtengen	Pringgokusuman	18%	20%	23%	26%	29%	32%	35%	38%	41%	44%	47%
Gondokusuman	Klitren	13%	15%	18%	21%	24%	27%	30%	33%	36%	39%	42%
	Terban	7%	9%	12%	15%	18%	21%	24%	27%	30%	33%	36%

Kecamatan	Kelurahan	Proyeksi Pelayanan									
		2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Kotagede	Prenggan	33%	36%	39%	42%	45%	48%	51%	54%	57%	60%
	Purbayan	33%	36%	39%	42%	45%	48%	51%	54%	57%	60%
	Rejowinangun	33%	36%	39%	42%	45%	48%	51%	54%	57%	60%
Umbulharjo	Pandeyan	47%	50%	53%	56%	59%	62%	65%	68%	71%	74%
	Warungboto	65%	68%	71%	74%	77%	80%	83%	86%	89%	92%
	Giwangan	53%	56%	59%	62%	65%	68%	71%	74%	77%	80%
Tegalrejo	Karangwaru	38%	41%	44%	47%	50%	53%	56%	59%	62%	65%
	Tegalrejo	52%	55%	58%	61%	64%	67%	70%	73%	76%	79%
	Kricak	34%	37%	40%	43%	46%	49%	52%	55%	58%	61%
Gedongtengen	Pringgokusuman	50%	53%	56%	59%	62%	65%	68%	71%	74%	77%
Gondokusuman	Klitren	45%	48%	51%	54%	57%	60%	63%	66%	69%	72%
	Terban	39%	42%	45%	48%	51%	54%	57%	60%	63%	66%

4.3.6 Debit Air Limbah Daerah Pelayanan

Menurut Dirjen Cipta Karya (2018), perhitungan produksi air limbah didapatkan dari asumsi 80% pemakaian air bersih yang sama tertera pada Persamaan 2-1, yakni:

$$Q_{ave} = \text{Kebutuhan air bersih (l/orang.detik)} \times \text{jumlah orang (orang)} \times 80\%$$

Contoh perhitungan pada Kelurahan Prenggan seperti berikut:

Kebutuhan air bersih = 0,0013 l/orang.detik

Jumlah orang terlayani = 9257 orang

Produksi air limbah rerata = $80\% \times 0,0013 \text{ l/orang.detik} \times 9257 \text{ Orang}$

$$= 9,41 \text{ l/detik} = 0,0094 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Berikut Tabel 4.37 menunjukkan hasil perhitungan produksi air limbah tiap kelurahan pada daerah perencanaan.

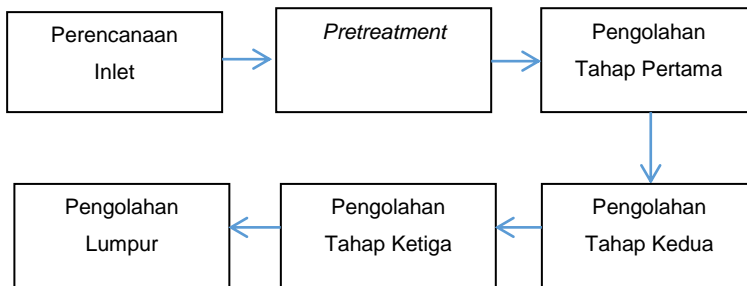
Tabel 4.37 Produksi Air Limbah Daerah Perencanaan

Kelurahan	Penduduk Terlayani	Q rata-rata (L/org.detik)	Q Rata Rata (L/s)	% Air Limbah	Q Limbah Rata-rata (L/s)	m ³ /s
Prenggan	9257	0,0013	11,76	80%	9,41	0,0094
Purbayan	9088	0,0015	13,40	80%	10,72	0,0107
Rejowinangun	11550	0,0012	13,30	80%	10,64	0,0106
Pandeyan	10616	0,0016	17,37	80%	13,90	0,0139
Warungboto	9517	0,0013	12,67	80%	10,14	0,0101
Giwangan	10790	0,0017	18,14	80%	14,51	0,0145
Karangwaru	6350	0,0024	15,32	80%	12,26	0,0123
Tegalrejo	8245	0,0015	12,09	80%	9,67	0,0097
Kricak	9247	0,0016	15,18	80%	12,14	0,0121
Pringgokusuman	9951	0,0020	19,80	80%	15,84	0,0158
Klitren	7988	0,0015	12,35	80%	9,88	0,0099
Terban	6303	0,0022	13,72	80%	10,98	0,0110

4.4 Pemilihan Alternatif Pengolahan

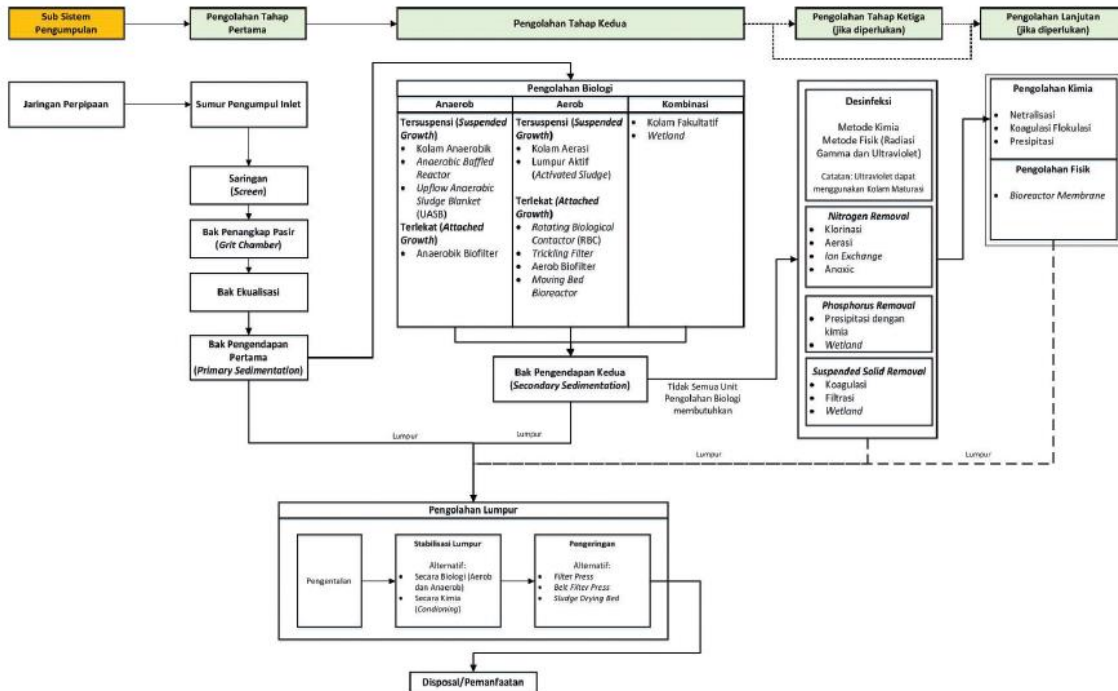
Menurut Firdaus (2019), penentuan alternatif pengolahan disesuaikan dengan metode dan teknologi pengolahan air limbah yang terbaru, tepat guna, efektif, dan efisien, sehingga mampu mengolah air limbah dengan sebaik mungkin namun dengan biaya investasi, operasi dan perawatan yang minimal. Sejalan dengan arahan Dirjen Cipta Karya (2018) bahwa pemilihan alternatif IPAL Domestik terpusat harus mempertimbangkan beberapa hal, antara lain: luas lahan, biaya investasi/ rencana anggaran biaya, biaya operasional dan pemeliharaan, kualitas effluen, dan SDM yang memadai.

Berdasarkan wawancara yang dilakukan dengan pengelola IPAL Sewon, didapati bahwa kajian alternatif pengolahan sebaiknya menggunakan prinsip *activated sludge* lumpur aktif. Hal ini sejalan dengan Metcalf dan Eddy (2014) dan Dirjen Cipta Karya (2018) yang menyatakan bahwa *activated sludge* cocok untuk alternatif IPAL dengan debit pengolahan yang besar dan fluktuatif. Maka dari itu, pemilihan alternatif pengolahan pengembangan IPAL Sewon dijustifikasi hanya dalam lingkup pengolahan *activated sludge*. Adapun tahapan pemilihan proses pengolahan air limbah domestik dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Tahapan Pemilihan Proses
Sumber: Dirjen Cipta Karya, 2018

Adapun penjabaran pemilihan proses alternatif pada Gambar 4.11 akan dijabarkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Penjabaran Tahapan Pemilihan Proses

Perencanaan pengembangan IPAL Sewon ditentukan berdasarkan pertimbangan nilai pembobotan dengan indikator sebagai berikut:

- a. Efisiensi pengolahan
- b. Kebutuhan lahan
- c. Biaya Investasi awal
- d. Tenaga operasional
- e. Pemakaian energi.

Adapun nilai pembobotan dapat dilihat pada Tabel 4.39.

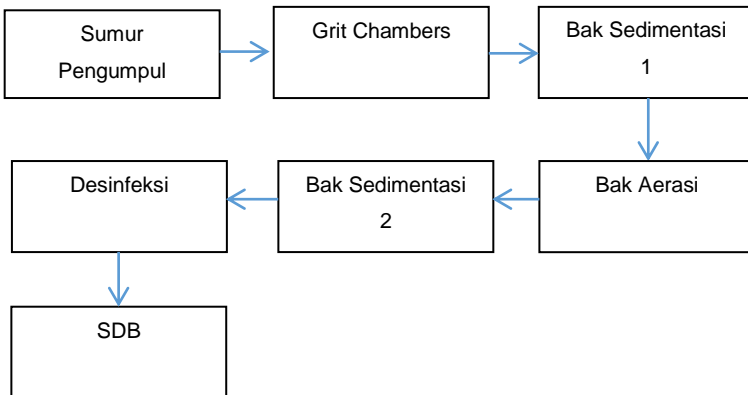
Tabel 4.39 Nilai Pembobotan

Nilai Bobot	Indikator				
	Efisiensi pengolahan	Kebutuhan Lahan	Biaya Investasi	Tenaga Operasional	Pemakaian Energi
1	Rendah	Luas	Mahal	Ahli	Banyak
2	Sedang	Sedang	Sedang	Terampil	Sedang
3	Tinggi	Sedikit	Murah	Pekerja Kasar	Sedikit

Artinya, alternatif pengolahan dengan nilai yang lebih tinggi akan menjadi alternatif yang dipilih nantinya.

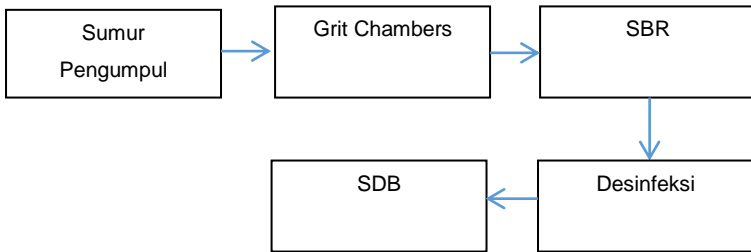
- a. Efisiensi Pengolahan

Alternatif Pengolahan 1



Gambar 4.13 Alternatif Pengolahan 1

Alternatif Pengolahan 2



Gambar 4.14 Alternatif Pengolahan 2

Berdasarkan Tabel 4.39, didapatkan rata-rata efisiensi pengolahan tiap alternatif 1 dan 2 berturut-turut ialah 93,3% dan 88,5%. Maka dapat disimpulkan bahwa alternatif 1 memiliki efisiensi pengolahan tertinggi dari tiap alternatif yang diusulkan. Tabel 4.40 menunjukkan perbandingan efisiensi pengolahan tiap alternatif yang diusulkan.

Tabel 4.40 Perbandingan Efisiensi Pengolahan Tiap Alternatif

Alternatif Pengolahan 1

Parameter	Konsentrasi	GC*		BP 1*		EA***		BP 2****		Desinfeksi*****		Efisiensi IPAL
		Removal	Efluen	Removal	Efluen	Removal	Efluen	Removal	Efluen	Removal	Efluen	
COD	142	0%	142,0	40%	85,2	85%	12,8	85%	1,9	0%	1,9	98,65
BOD	74,5	0%	74,5	30%	52,2	85%	7,8	85%	1,2	0%	1,2	98,43
TSS	103	25%	77,3	50%	38,6	85%	5,8	90%	0,6	0%	0,6	99,44
Amonia	13,5975	0%	13,6	0%	13,6	80%	2,7	0%	2,7	0%	2,7	80
T. Coliform	24000	0%	24000	0%	24000	0%	24000	0%	24000	90%	2400	90

Sumber: *Yanita dkk, 2016 ***Ningtyas, 2015 ****Ghawi, 2011 ****Buth dkk, 2011

Alternatif Pengolahan 2

Parameter	Konsentrasi	GC*		SBR**		Desinfeksi*****		Efisiensi IPAL
		Removal	Efluen	Removal	Efluen	Removal	Efluen	
COD	142	0%	142,0	90%	14,2	0%	14,2	90
BOD	74,5	0%	74,5	90%	7,5	0%	7,5	90
TSS	103	25%	77,3	90%	7,7	0%	7,7	92,5
Amonia	13,5975	0%	13,6	80%	2,7	0%	2,7	80
T. Coliform	24000	0%	24000	0%	24000	90%	2400	90

Sumber: *Yanita dkk, 2016 **Mahvi, 2008 ****Buth dkk, 2011

b. Kebutuhan lahan

Kebutuhan luas lahan dapat diketahui dengan melakukan *preliminary sizing* untuk masing-masing alternatif. Dalam perhitungan ini, luas unit sumur pengumpul dan grit chambers diasumsikan sama besar karena debit dan jumlah unit yang direncanakan sama. Sehingga pertimbangan hanya unit bak sedimentasi dan biologis yang dihitung. Adapun kebutuhan masing-masing alternatif dapat diketahui melalui perhitungan berikut:

Alternatif 1

Bak Sedimentasi 1

Debit masuk per bak = 28761 m³/hari

Jumlah bak = 2 unit

OFR tetapan = 40 m³/m².hari

Luas permukaan = Q / OFR

= 719,03 m²

Luas total = 1438,05 m²

Rasio P:L = 2 : 1

Dimensi:

Lebar = 19,00 m

Panjang = 38,00 m

Kedalaman rencana = 3,5 m

Volume = 2527 m³

Cek td = V / Q

= 0,09 hari

= 2,11 jam

Bak Aerasi

Debit masuk = 28761 m³/hari

Jumlah bak = 2 unit

Debit per bak = 14381 m³/hari

Y (tetapan) = 0,7 mg/mg

Kd (tetapan) = 0,06/hari

SRT = 20 hari

BOD in = 30,9 mg/l

BOD out (target) Eff 80% = 6,2 mg/l

= 24,7 mg/l

Rasio MLVSS/MLSS = 0,7

MLSS (rencana) = 3000 mg/l

Kedalaman rencana = 3 m
 MLSS = MLVSS / Rasio
 MLVSS (X) = MLSS x Rasio
 = 3000 x 0,7
 = 2100 mg/l
 Volume = $Q \theta_c Y (S_0 - S) / MLVSS (1 + k_d \theta_c)$
 = 1076,88 m³
 Luas = 358,96 m²
Luas total = 717,9 m²

Bak Sedimentasi 2
 Debit masuk = 28761 m³/hari
 Jumlah bak = 2 unit
 Debit per bak = 14381 m³/hari
 = 0,166 m³/detik
 Rasio resirkulasi rencana = 0,5
 Debit resirkulasi = Rasio x debit per bak
 = 7190,25 m³/hari
 Debit rata masuk = Debit masuk per bak + debit resirkulasi
 = 21571 m³/hari
 MLSS (rencana) = 3000 mg/l
 Solid masuk = Debit rerata x MLSS
 = 64712,25 kg/hari
 SLR tetapan = 50 kg/m².hari
 As = Solid/SLR
 = 1294,245 m²
Luas total = As x unit
= 2588,49 m²
 Luas alternatif 1 = 1438,05 m² + 717,9 m² + 2588,49 m²
 = 4744,5 m²

Alternatif 2

Direncanakan jumlah tangki = 8 tangki
 Debit rencana = 28761 m³/hari
 Td = 14 jam
 Asumsi total siklus = 8 jam
 Jumlah putaran/tangki.hari
 = 24 jam/hari / 8 jam/putaran
 = 3 putaran/tangki. hari

$$\begin{aligned}
\text{Rencana kedalaman} &= 5 \text{ m} \\
\text{Total jumlah putaran} &= 8 \text{ tangki} \times 3 \text{ putaran/tangki.hari} \\
&= 24 \text{ putaran/hari} \\
\text{Pengisian volume per putaran} &= (\text{Debit} \times \text{td}) / \text{total jumlah putaran} \\
&= (28761 \text{ m}^3/\text{hari} \times 14 \text{ jam}) / 24 \\
&\quad \text{putaran/hari} \\
&= 701,48 \text{ m}^3 \\
\text{As} &= \text{Volume} / \text{kedalaman rencana} \\
&= 701,48 \text{ m}^3 / 5\text{m} \\
&= 140,3 \text{ m}^2 \\
\text{Luas total} &= \text{As} \times \text{unit} \\
&= 140,3 \text{ m}^2 \times 8 \\
&= 1124,4 \text{ m}^2 \\
\text{Luas alternatif 2} &= 1124,4 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan *preliminary sizing*, maka didapatkan bahwa kebutuhan luas lahan alternatif 2 lebih kecil daripada luas lahan alternatif 1.

c. Biaya investasi awal

Kebutuhan blower dari kedua alternatif juga dapat menjadi pertimbangan. Menurut buku Aset dan Operasi milik Kementerian PUPR (2018), Artinya, biaya investasi awal yang dikeluarkan juga memiliki bobot yang sama.

d. Tenaga operasional

Tenaga operasional dapat mempengaruhi proses pengolahan air limbah yang diolah pada unit pengolahan IPAL. Tenaga operasional diperlukan untuk mengoptimalkan proses pengolahan limbah (Firdaus, 2019). Pada perencanaan ini, pertimbangan tenaga operasional akan difokuskan pada pengolahan biologis. Menurut buku Aset dan Operasi milik Kementerian PUPR (2018), baik alternatif 1 dan alternatif 2 memiliki kualifikasi tenaga operasional yang sama dalam menjalankan SOP sewaktu dilapangan. Namun, berdasarkan Metcalf dan Eddy (2014), alternatif 2 memiliki unit SBR dimana membutuhkan pemeliharaan yang lebih kompleks daripada alternatif 1. Artinya, alternatif 2 memiliki nilai bobot berbeda daripada alternatif 1 pada indikator ini.

e. Pemakaian energi

Berdasarkan Metcalf dan Eddy (2014), pemakaian energi pada alternatif 1 khususnya unit aerasi dinilai cukup tinggi. Hal ini dibuktikan pada evaluasi yang dilakukan oleh Parkson Corp (2011) bahwa proses aerasi memerlukan energi yang tinggi akibat pengoperasian blower dan diffuser pada bak.

Berdasarkan beberapa pertimbangan dari poin a hingga e, maka berikut hasil pembobotan dapat dilihat pada Tabel 4.41.

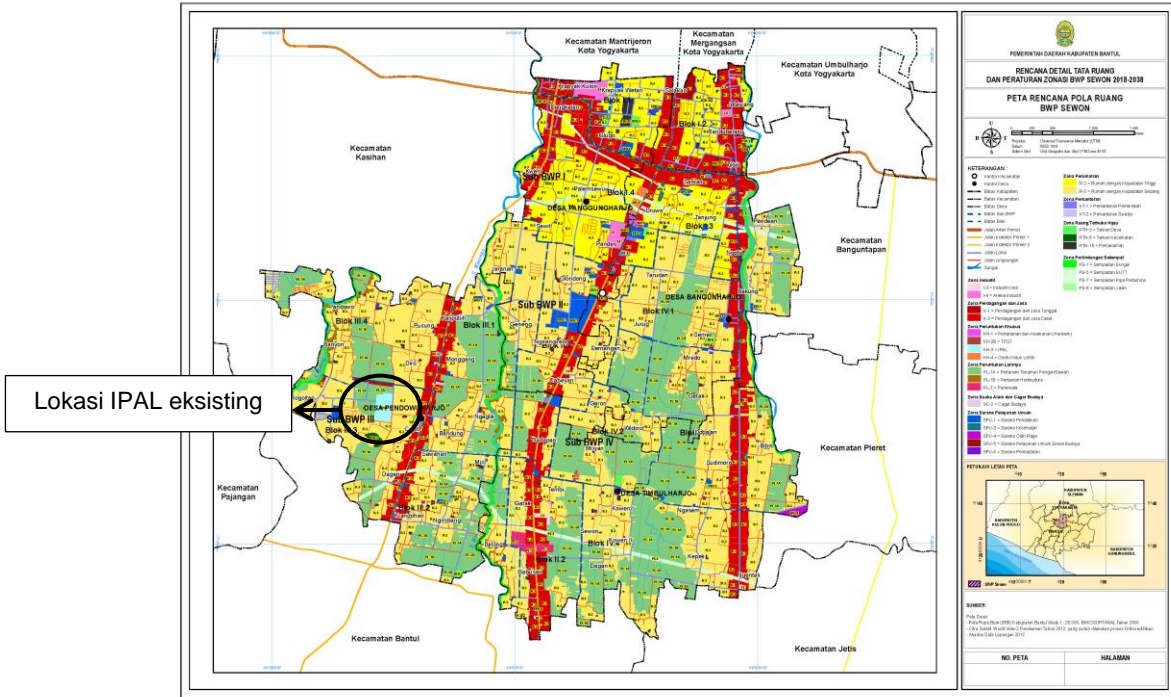
Tabel 4.41 Pembobotan untuk Pemilihan Alternatif

Nilai Bobot	Indikator					Total
	Efisiensi pengolahan	Kebutuhan Lahan	Biaya Konstruksi	Tenaga Operasional	Pemakaian Energi	
Alternatif 1	3	2	2	3	1	11
Alternatif 2	2	3	2	1	2	10

Dari Tabel 4.40, didapatkan bahwa alternatif 1 memiliki total poin yang lebih tinggi daripada alternatif 2 sehingga dipilihlah alternatif 1, yaitu pengolahan menggunakan unit proses aerasi pada perencanaan pengembangan IPAL Sewon kedepan.

4.5 Rencana Lokasi IPAL Pengembangan

Berdasarkan arahan Perda DIY No. 2 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Tahun 2009-2029 bahwa wilayah Kecamatan Sewon akan dilaksanakan pengembangan terhadap unit IPAL terpusat. Maka perencanaan pengembangan IPAL Sewon direncanakan di daerah yang sama dengan IPAL Sewon sekarang, yaitu terletak di area persawahan, Desa Pendowoharjo, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul. Luas lahan yang dapat digunakan untuk area IPAL pengembangan, yaitu 3,45 ha. Adapun lokasi IPAL eksisting dan rencana lokasi IPAL pengembangan dapat dilihat pada Gambar 4.15 hingga Gambar 4.16.



Gambar 4.15 Lokasi IPAL Sewon Eksisting
 Sumber: Rencana Tata Ruang dan Zonasi Kecamatan Sewon 2018-2038



Gambar 4.16 Rencana Lokasi IPAL Pengembangan
Sumber: Citra *Google Earth*, 2020

4.6 Perencanaan Unit Pengembangan IPAL

Dalam merencanakan unit pengembangan IPAL Sewon, karakteristik kualitas dan kuantitas air limbah diperlukan sebagai data awal perencanaan. Karakteristik kualitas air limbah diambil dari sumur pengumpul eksisting IPAL Sewon yang nantinya diasumsikan kualitasnya sama dengan kualitas unit pengembangan IPAL Sewon. Untuk kuantitasnya, diambil berdasarkan proyeksi debit pelayanan pengembangan yang sudah dibahas pada Subbab 4.3. Adapun rincian kualitas dan kuantitas dalam perencanaan pengembangan IPAL Sewon adalah sebagai berikut:

Debit terpakai	= 28761 m ³ /hari
TSS	= 103 mg/l
BOD	= 74,5 mg/l
COD	= 142 mg/l
Amonia	= 13,59 mg/l
Total coliform	= 24000 jml/100ml

4.6.1 Perencanaan Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul merupakan unit yang berfungsi untuk menampung dan mengumpulkan air limbah dari sistem perpipaan. Perencanaan sumur pengumpul yang baru nantinya akan disesuaikan dengan sumur pengumpul eksisting karena akan terjadi pembagian debit dari sistem penyaluran menuju 2 sumur pengumpul yang berbeda. Adapun perhitungan adalah sebagai berikut.

Kriteria desain

Waktu detensi	: <10 menit (Dirjen Cipta Karya, 2018)
Kecepatan aliran	: >0,6 m/s (Qasim, 1998)

Perencanaan Sumur Pengumpul

Debit masuk	= 28761 m ³ /hari
Jumlah unit sumur	= 1 unit
Waktu detensi	= 480 detik (memenuhi kriteria)
Rasio P:L	= 2:1
Kedalaman rencana	= 3 m
Valiran rencana	= 1 m/s (memenuhi kriteria)
Volume	= Debit masuk x waktu detensi = 28761 m ³ /hari x 480 detik / 86400 = 159,78 m ³

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan} &= \text{Volume} / \text{kedalaman} = 53,26 \text{ m}^2 \\ \text{Dimensi sumur} &: \\ \text{Lebar} &= \sqrt{\frac{\text{Luas permukaan}}{2}} = 5,16 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= 2 \times \text{Lebar} = 10,32 \text{ m} \\ \text{Kedalaman rencana} &= 3 \text{ m} \\ \text{Tinggi jagaan} &= 0,3 \text{ m} \\ \text{Cek volume} &= 175,76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perencanaan Penghubung

Kedalaman sumur pengumpul yang baru akan disesuaikan dengan sumur pengumpul eksisting untuk memudahkan pembagian debit ke sumur pengumpul baru. Penghubung dari sumur pengumpul eksisting ke sumur pengumpul baru direncanakan menggunakan pipa sadap untuk mengalirkan air limbah. Adapun perhitungan diameter pipa sadap yang digunakan adalah sebagai berikut.

Perhitungan Pipa Sadap

$$\begin{aligned} \text{Jumlah pipa sadap} &= 2 \text{ buah} \\ \text{Debit rencana} &= 28761 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,173 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Debit tiap pipa sadap} &= 0,0865 \text{ m}^3/\text{detik} \\ \text{Across pipa} &= \text{Debit pipa rencana} / v \text{ dalam pipa} \\ &= 0,085 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,7 \text{ m/detik} \\ &= 0,123 \text{ m}^2 \\ \text{Diameter} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,123}{\pi}} = 0,396 \text{ m} \\ &= 39,6 \text{ cm} \\ \text{Diameter pakai} &= 40 \text{ cm} \\ \text{Cek kecepatan} &= \frac{Q}{0,25 \times \pi \times d^2} \\ &= \frac{0,085}{0,25 \times \pi \times 0,4^2} \\ &= 0,68 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

4.6.2 Perencanaan Bar Screen

Kriteria desain

Lebar batang : 0,8-1 cm
Jarak antar batang : 1-5 cm
Kedalaman bar : 5-7,5 cm
(Dirjen Cipta Karya, 2018)

Perencanaan

Lebar saluran pembawa = 200 cm = 2 m
Debit masuk (Q) = 0,33 m³/s
Kecepatan melalui bar = 2 m/s
Luas total bukaan batang (A) = Q / Vbar
= 0,33 m³/s / 2 m/s
= 0,166 m²
Kedalaman air limbah = 2 m
Lebar bukaan bersih (l) = A / kedalaman
= 0,166 m² / 4 m x 100
= 8,3 cm
Lebar batang (w) = 1 cm (**memenuhi kriteria**)
Jarak antar batang (b) = 5 cm (**memenuhi kriteria**)
Lebar saluran pembawa = (n x w) + ((n+1) x b)
200 = (n x w) + (bn + b)
200 = 1n + 5n + 5
195 = 6n
n = 195 / 6 = 32,5 bar

4.6.3 Perencanaan Pompa

Perencanaan pompa bertujuan untuk menaikkan muka air. Terdapat beberapa pompa yang digunakan pada perencanaan pengembangan IPAL Sewon, yakni pompa sumur pengumpul, pompa resirkulasi, dan pompa lumpur.

a. Pompa sumur pengumpul

Pada umumnya, sumur pengumpul berada pada elevasi terendah sehingga memerlukan perencanaan pompa untuk menaikkan elevasi air agar dapat dialirkan secara gravitasi (Dirjen Cipta Karya, 2018). Pompa yang direncanakan ditentukan dengan spesifikasi pompa di pasaran. Pemilihan pompa menggunakan pompa *submersible* dengan merk Grundfos. Pada operasional mendatang, IPAL mengaplikasikan skema kerja

2 pompa menyala dan 1 pompa lain mati sebagai cadangan.
Adapun perhitungan perencanaan pompa sebagai berikut.

Direncanakan:

Jumlah pompa	= 3 buah
v dalam pipa	= 1,5 m/detik
Debit pipa rencana	= 15000 m ³ /hari per pompa = 0,173 m ³ /detik per pompa
Koef. Hazen-William k	= 140 (untuk pipa <i>cust iron</i>) = 0,25
Densitas	= 997 kg/m ³
Efisiensi pompa	= 60%

Perhitungan Pipa Discharge

$$\begin{aligned} \text{Across discharge} &= \text{Debit pipa rencana} / v \text{ dalam pipa} \\ &= 0,173 \text{ m}^3/\text{detik} / 1,5 \text{ m/detik} \\ &= 0,115 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,115}{\pi}} = 0,383 \text{ m} \\ &= 38,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter pakai} = 40 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek kecepatan} &= \frac{Q}{0,25 \times \pi \times d^2} \\ &= \frac{0,173}{0,25 \times \pi \times 0,4^2} \\ &= 1,38 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Perhitungan Head Pompa

$$\text{Head statis} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang discharge} = 10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_f &= \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \text{ discharge} \\ &= \left(\frac{0,173}{0,2785 \times 140 \times (0,4)^{2,63}} \right)^{1,85} \times 10 \\ &= 0,038 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_v &= \frac{v^2}{2 \times g} \\
 &= \frac{1,38^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,097 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Headloss belokan} &= k \times \frac{v^2}{2 \times g} \\
 &= 0,25 \times \frac{1,38^2}{2 \times 9,81} = 0,0243 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head pompa} &= \text{Head statis} + H_f + H_v + H_{\text{belokan}} \\
 &= 3 + 0,038 + 0,097 + 0,0243 \\
 &= 3,16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan model pompa merk Groundfos tipe S1.80.200.100.4.50E.S.220.G.N.D.511 dengan nomor produk 95113688 yang dapat dilihat pada Gambar 4.17.

b. Pompa Resirkulasi

Pompa resirkulasi yang direncanakan ditentukan dengan spesifikasi pompa di pasaran. Pemilihan pompa menggunakan pompa dengan merk Groundfos. Pada operasional mendatang, IPAL mengaplikasikan skema kerja 1 per resirkulasi air limbah dari bak sedimentasi II menuju bak anoxic, artinya terdapat 2 pompa resirkulasi. Adapun perhitungan perencanaan pompa sebagai berikut.

Direncanakan:

Jumlah pompa	= 1 buah per bak
v dalam pipa	= 1,5 m/detik
Debit pipa rencana	= 7190,25 m ³ /hari per pompa
	= 0,0832 m ³ /detik per pompa
Koef. Hazen-Wiliam	= 140 (untuk pipa <i>cast iron</i>)
k	= 0,25 (untuk belokan)
Densitas	= 1030 kg/m ³

Efisiensi pompa = 60%

Perhitungan Pipa Discharge

Across discharge = Debit pipa rencana / v dalam pipa
 = 0,0832 m³/detik / 1,5 m/detik
 = 0,0555 m²

Diameter = $\sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$
 = $\sqrt{\frac{4 \times 0,0555}{\pi}}$ = 0,265 m
 = 26,5 cm

Diameter pakai = 30 cm

Cek kecepatan = $\frac{Q}{0,25 \times \pi \times d^2}$
 = $\frac{0,173}{0,25 \times \pi \times 0,3^2}$
 = 1,17 m/detik

Perhitungan Head Pompa

Head statis = 10,5 m

Panjang discharge = 142,83 m

Hf = $\left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}}\right)^{1,85} \times L \text{ discharge}$
 = $\left(\frac{0,0832}{0,2785 \times 140 \times (0,3)^{2,63}}\right)^{1,85} \times 142,83$
 = 0,0477 m

Hv = $\frac{v^2}{2 \times g}$
 = $\frac{1,17^2}{2 \times 9,81}$
 = 0,0708 m

$$\begin{aligned} \text{Headloss belokan} &= k \times \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{jumlah belokan} \\ &= 0,25 \times \frac{1,17^2}{2 \times 9,81} \times 4 = 0,0709 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head pompa} &= \text{Head statis} + H_f + H_v + H_{\text{belokan}} \\ &= 10,5 + 0,0477 + 0,0708 + 0,0709 \\ &= 10,68 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan model pompa merk Groundfos tipe S1.100.200.170.4.54L.H.285.G.N.D.511 dengan nomor produk 95113517 yang dapat dilihat pada Gambar 4.17.

c. Pompa Lumpur

Pompa lumpur yang direncanakan ditentukan dengan spesifikasi pompa di pasaran. Pemilihan pompa menggunakan pompa dengan merk Groundfos. Pada operasional mendatang, IPAL mengaplikasikan skema kerja 1 pompa per bak. Terdapat 3 bak yang akan dipasang pompa lumpur, yakni lumpur dari bak sedimentasi I dan bak sedimentasi II. Adapun perhitungan perencanaan pompa dari bak sedimentasi I sebagai berikut.

Direncanakan:

Jumlah pompa	= 1 buah dari bak sedimentasi I
v dalam pipa	= 1,5 m/detik
Debit pipa rencana	= 16,3 m ³ /hari per pompa
Koef. Hazen-Wiliam	= 140 (untuk pipa <i>cast iron</i>)
k	= 0,25 (untuk belokan)
Densitas	= 1030 kg/m ³
Efisiensi pompa	= 60%

Perhitungan Pipa Discharge

$$\begin{aligned} \text{Across discharge} &= \text{Debit pipa rencana} / v \text{ dalam pipa} \\ &= 16,3 \text{ m}^3/\text{hari} / 1,5 \text{ m/detik} \\ &= 0,000188 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0,00188}{\pi}} = 0,0155 \text{ m}$$

$$= 1,55 \text{ cm}$$

Diameter pakai = 2 cm

Cek kecepatan

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

$$= \frac{0,000188}{0,25 \times \pi \times 0,02^2}$$

$$= 0,61 \text{ m/detik}$$

Perhitungan Head Pompa

Head statis = 6,4 m

Panjang discharge = 161,98 m

Hf = $\left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}}\right)^{1,85} \times L \text{ discharge}$

$$= \left(\frac{0,000188}{0,2785 \times 140 \times (0,02)^{2,63}}\right)^{1,85} \times 161,98$$

$$= 4,39 \text{ m}$$

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

$$= \frac{0,61^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,018 \text{ m}$$

Headloss belokan = $k \times \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{jumlah belokan}$

$$= 0,25 \times \frac{0,61^2}{2 \times 9,81} \times 2 = 0,0092 \text{ m}$$

Head pompa = Head statis + Hf + Hv + Hbelokan

$$= 6,4 + 4,39 + 0,018 + 0,0092$$

$$= 10,81 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan model pompa merk Groundfos tipe SEG.40.09.2.50B dengan nomor produk 96075897 yang dapat dilihat pada Gambar 4.17.

Adapun perhitungan perencanaan pompa dari bak sedimentasi II sebagai berikut.

Direncanakan:

Jumlah pompa	= 2 buah dari bak sedimentasi II
v dalam pipa	= 1 m/detik
Debit pipa rencana	= 565,45 m ³ /hari per pompa
Koef. Hazen-Wiliam	= 140 (untuk pipa <i>cust iron</i>)
k	= 0,25 (untuk belokan)
Densitas	= 1030 kg/m ³
Efisiensi pompa	= 60%

Perhitungan Pipa Discharge

$$\begin{aligned} \text{Across discharge} &= \text{Debit pipa rencana} / v \text{ dalam pipa} \\ &= 565,45 \text{ m}^3/\text{hari} / 1 \text{ m/detik} \\ &= 0,0065 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0065}{\pi}} = 0,0913 \text{ m} \\ &= 9,13 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter pakai} = 11 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek kecepatan} &= \frac{Q}{0,25 \times \pi \times d^2} \\ &= \frac{0,0065}{0,25 \times \pi \times 0,11^2} \\ &= 0,71 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Perhitungan Head Pompa

$$\text{Head statis} = 9,8 \text{ m}$$

$$\text{Panjang discharge} = 62,4 \text{ m}$$

$$\text{Hf} = \left(\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \text{ discharge}$$

$$= \left(\frac{0,0065}{0,2785 \times 140 \times (0,11)^{2,63}} \right)^{1,85} \times 62,4$$

$$= 0,29 \text{ m}$$

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

$$= \frac{0,71^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,0242 \text{ m}$$

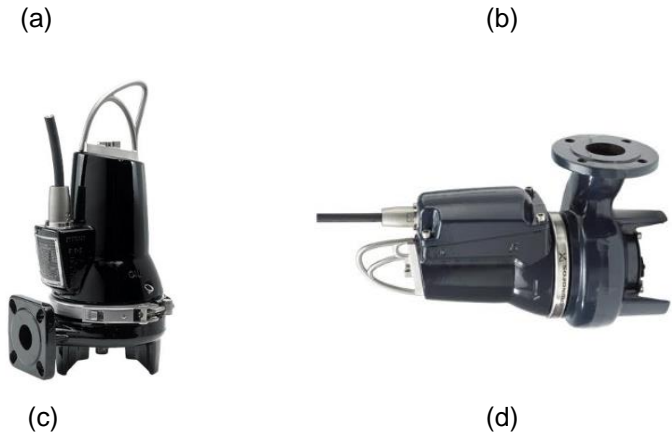
$$\text{Headloss belokan} = k \times \frac{v^2}{2 \times g} \times \text{jumlah belokan}$$

$$= 0,25 \times \frac{0,71^2}{2 \times 9,81} \times 2 = 0,0121 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Head pompa} &= \text{Head statis} + H_f + H_v + H_{\text{belokan}} \\ &= 9,8 + 0,29 + 0,0242 + 0,0121 \\ &= 10,135 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan model pompa merk Groundfos tipe SEG.40.09.2.50B dengan nomor produk 96075897 yang dapat dilihat pada Gambar 4.17.





Keterangan : a. Pompa Sumur Pengumpul
 b. Pompa Resirkulasi
 c. Pompa Lumpur Bak Sedimentasi I
 d. Pompa Lumpur Bak Sedimentasi II

Gambar 4.17 Model Pompa Groundfos
 Sumber: Groundfos Trading Indonesia, 2020

4.6.4 Perencanaan *Grit Chambers*

Peningkatan debit yang masuk IPAL Sewon juga berdampak pada *grit chambers*. Perencanaan unit *grit chambers* berfungsi sebagai penyisih *grit* berupa kerikil dan pasir yang terbawa dari sistem penyaluran. Perencanaan *grit chambers* akan dibangun terpasang untuk operasional dan pemeliharaan. *Grit*

chambers dioperasikan secara bergantian tiap harinya. Jika 1 unit ditutup guna pemeliharaan maka unit yang lain akan dioperasikan, begitu juga sebaliknya. Adapun perhitungan adalah sebagai berikut.

Data awal perhitungan

[TSS]in = 103 mg/l

[TSS]out = 77,3 mg/l

Kriteria desain

Waktu detensi : 45-90 detik

Overflow Rate (OFR) : 0,021-0,023 m³/m².detik

Vhorizontal : 0,24-0,4 m/detik

Kedalaman : 2-5 m

Kuantitas grit : 0,004 – 0,2 m³ /1000 m³

(Metcalf dan Eddy, 2014)

Ruang penyisihan

Debit masuk = 28761 m³/hari

Jumlah unit = 2

Debit per bak = 14381 m³/hari

= 0,166 m³/detik

Waktu detensi = 45 detik

Kecepatan horisontal = 0,4 m/detik

Across = Debit per bak / kecepatan horisontal

= 0,166 m³/detik / 0,4 m/detik

= 0,4 m²

Vsettling 70 mess = 0,017 m/detik (Metcalf dan Eddy, 2014)

Kedalaman = Waktu detensi x Vsettling

= 45 detik x 0,017 m/detik

= 0,75 m

Lebar = Across / kedalaman

= 0,4 m² / 0,75 m

= 0,55 m

Panjang = Waktu detensi x kecepatan horisontal

= 45 detik x 0,4 m/detik

= 18 m

Volume = panjang x lebar x kedalaman

= 18 m x 0,55 m x 0,75 m

= 7,5 m³

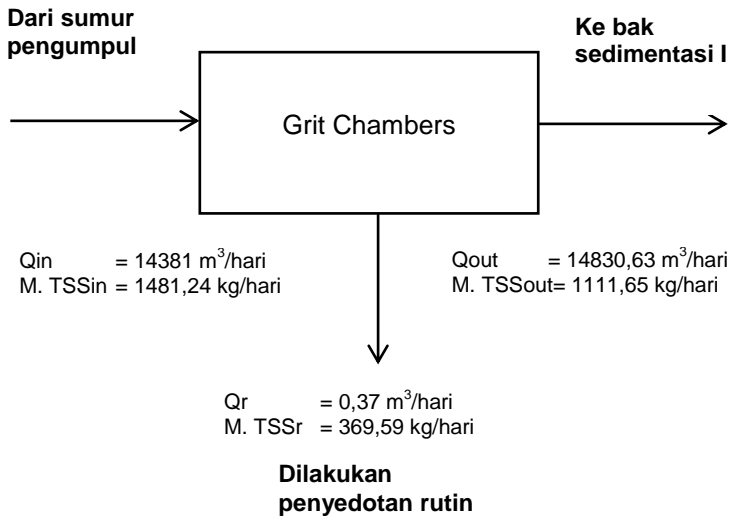
Ruang Grit

Kuantitas grit	= $0,1 \text{ m}^3/1000 \text{ m}^3$ = $0,0001 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (memenuhi kriteria)
Volume grit/s	= $0,0000166 \text{ m}^3/\text{detik}$
Periode pengambilan	= 1 hari = 86400 detik
Volume ruang grit	= Volume grit/s x periode pengambilan = $1,44 \text{ m}^3$
Kedalaman ruang grit	= 1/3 kedalaman ruang penyisihan = $0,25 \text{ m}$
Direncanakan ruang grit berbentuk balok segiempat dan disamakan dengan lebar ruang penyisihan	
As	= Volume ruang grit / kedalaman ruang = $5,75 \text{ m}^2$
Lebar rencana	= $0,55 \text{ m}$
Panjang	= $10,4 \text{ m}$

Keseimbangan massa

Debit inlet per bak	= $14381 \text{ m}^3/\text{hari}$
[TSS]in	= 103 mg/l
[TSS]out	= $77,3 \text{ mg/l}$
Efisiensi penyisihan	= 25%
Massa TSSin	= Debit per bak x [TSS]in = $14381 \text{ m}^3/\text{hari} \times 103 \text{ mg/l} \times 10^{-3}$ = $1481,24 \text{ kg/hari}$
Massa TSSout	= Debit per bak x [TSS]out = $14381 \text{ m}^3/\text{hari} \times 77,3 \text{ mg/l} \times 10^{-3}$ = $1111,65 \text{ kg/hari}$
Massa TSSremoval	= Massa TSSin – Massa TSSout = $(1481,24 - 1111,65) \text{ kg/hari}$ = $369,59 \text{ kg/hari}$
Asumsi densitas lumpur	= 1020 kg/m^3 ((Dirjen Cipta Karya, 2018)
Debit produksi lumpur	= Massa TSSremoval / densitas lumpur = $369,59 \text{ kg/hari} / 1020 \text{ kg/m}^3$ = $0,37 \text{ m}^3/\text{hari}$ (per unit)
Debit outlet realita	= Debit inlet per bak – debit produksi Lumpur = $(14381 - 0,37) \text{ m}^3/\text{hari}$ = $14830,63 \text{ m}^3/\text{hari}$

Lumpur yang tersisih hasil dari penyisihan akan disedot secara rutin selama 1 hari sekali.



4.6.5 Perencanaan Bak Sedimentasi I

Bak sedimentasi atau bak pengendap merupakan salah satu unit yang direncanakan pada IPAL Sewon. Bak sedimentasi berfungsi untuk mengurangi kandungan TSS dalam air limbah melalui proses fisik (gravitasi) sebelum melalui proses pada tangki aerasi tanpa penambahan bahan kimia sehingga kandungan COD dan BOD juga dapat turun (Setianingsih dkk., 2016). Berikut adalah perhitungan sedimentasi II pada IPAL Sewon.

Data awal perhitungan

[TSS] _{in}	= 77,3 mg/l
[BOD] _{in}	= 74,3 mg/l
[COD] _{in}	= 142 mg/l
[TSS] _{out}	= 38,6 mg/l
[BOD] _{out}	= 52,2 mg/l
[COD] _{out}	= 85,2 mg/l
Efisiensi TSS	= 50%
Efisiensi BOD	= 30%

Kriteria desain

HRT (td) : 1,5-2,5 jam
 Overflow rate (OFR) : 30-50 m³/m².hari
 Weir loading rate (WLR): 125-500 m³/m.hari
 (Metcalf dan Eddy, 2014)

Kedalaman : 2,5-5 m
 Slope dasar : 1-2 %
 (Dirjen Cipta Karya, 2018)

Zona Pengendapan

Debit masuk = 28761 m³/hari
 Debit masuk per bak = 14381 m³/hari
 Jumlah bak = 2 unit
 OFR tetapan = 40 m³/m².hari (**memenuhi kriteria**)
 Luas permukaan = Debit masuk per bak / OFR

= 14381 m³/hari / 40 m³/m².hari
 = 359,51 m²

Luas total = Luas permukaan x unit
 = 359,51 m² x 2
 = 719,025 m²

Rasio P:L = 2:1

Dimensi:

Luas permukaan = 2l x l

359,51 m² = 2l²

Lebar = 13,41 m

Panjang = 2 x lebar

= 26,81 m

Kedalaman rencana = 3,5 m (**memenuhi kriteria**)

Volume = 1258,29 m³

Cek td = Volume / Q

= 1258,29 m³ / 14381 m³/hari

= 0,09 hari

= 2,1 jam (**memenuhi kriteria**)

Vhorisontal = Q / Across

= 14381 m³/hari / (13,41 m x 3,5 m)

= 0,00354 m/detik

Koefisien viskositas dinamis = 0,0018

Cek Nre = Vh * R / μ

= 40,213 <2000 (Aliran laminar)

Cek NFr $= Vh / \text{SQRT}(g \times h)$
 $= 0,000605 > 0,00001$
 (Aliran bukan aliran pendek)

Zona Lumpur

Target %removal Diketahui $= td / (a + td.b)$

	A	B
TSS	0,0075	0,014
BOD	0,018	0,02

(Metcalf dan Eddy, 2014)

%Removal TSS $= 2,1 \text{ jam} / (0,0075 + 2,1 \text{ jam} \cdot 0,014)$
 $= 56,91 \%$

%Removal BOD $= 2,1 \text{ jam} / (0,018 + 2,1 \text{ jam} \cdot 0,02)$
 $= 35,00 \%$

Pendekatan td melalui %removal yang dikutip dari Metcalf dan Eddy (2014) menghasilkan efisiensi penyisihan yang lebih besar dari target berdasarkan literatur yakni sebesar 56,91% dan 35% untuk penyisihan TSS dan BOD. Artinya, bak sedimentasi I yang direncanakan mampu menyisihkan parameter TSS dan BOD dalam waktu 2,1 jam.

[TSS]_{in} $= 77,3 \text{ mg/l}$

[BOD]_{in} $= 74,5 \text{ mg/l}$

Massa TSS $= Q \times [\text{TSS}]_{in}$
 $= 14381 \text{ m}^3/\text{hari} \times 77,3 \text{ mg/l}$
 $= 1110,89 \text{ kg/hari}$

TSS tersisih $= \text{Massa} \times \% \text{removal}$
 $= 1110,89 \text{ kg/hari} \times 56,91\%$
 $= 632,22 \text{ kg/hari}$

Massa BOD $= Q \times [\text{BOD}]_{in}$
 $= 14381 \text{ m}^3/\text{hari} \times 74,5 \text{ mg/l}$
 $= 1071,35 \text{ kg/hari}$

BOD tersisih $= \text{Massa} \times \% \text{removal}$
 $= 1071,35 \text{ kg/hari} \times 35,00\%$
 $= 374,97 \text{ kg/hari}$

Densitas lumpur $= 1030 \text{ kg/m}^3$ (Metcalf dan Eddy, 2014)

Asumsi %solid $= 6\%$ (Metcalf dan Eddy, 2014)

$$\begin{aligned}
\text{Massa lumpur TSS} &= (100\%/ \% \text{Solid}) \times \text{TSS Tersisih} \\
&= 10536,93 \text{ kg/hari} \\
\text{Volume lumpur TSS} &= \text{Massa lumpur} / \text{densitas} \\
&= 10,23 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Massa lumpur BOD} &= (100\%/ \% \text{Solid}) \times \text{BOD Tersisih} \\
&= 6249,53 \text{ kg/hari} \\
\text{Volume lumpur BOD} &= \text{Massa lumpur} / \text{densitas} \\
&= 6,07 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Total Volume lumpur} &= \text{Vol. Lumpur TSS} + \text{Vol. Lumpur BOD} \\
&= 10,23 \text{ m}^3/\text{hari} + 6,07 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 16,30 \text{ m}^3/\text{hari} \\
\text{Waktu pengurasan} &= 24 \text{ jam} \\
&= 1 \text{ hari} \\
\text{Volume zona lumpur} &= \text{Total volume lumpur} \times \text{waktu} \\
&\quad \text{pengurasan} \\
&= 16,30 \text{ m}^3 \\
h \text{ zona lumpur} &= 1/3 h \text{ zona pengendapan} \\
&= 1/3 \times 3,5 \text{ m} \\
&= 1,17 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Vol.zona lumpur} &= h \text{ zona pengendapan} / 3 (A1+A2+\text{SQRT}(A1.A2)) \\
16,30 \times 3 / 3,5 &= 1/3(14^2 + A2 + \text{SQRT}(14.A2)) \\
13,97 &= 196 + A2 + \text{SQRT}(196.A2) \\
13,97 - 196 - A2 &= \text{SQRT}(196.A2) \\
(-182,03 - A2)^2 &= 196 A2 \\
(A2)^2 - 378,03 A2 + 33134,9 &= 196 A2 \\
0 &= (A2)^2 - 378,07 A2 + 33134,9
\end{aligned}$$

Menggunakan rumus ABC untuk menentukan luas zona lumpur yang terpakai

$$\begin{aligned}
A2 (1) &= 239,92 \text{ m}^2 \\
A2 (2) &= 138,11 \text{ m}^2 \quad (\text{Luas terpakai}) \\
\text{Cek Volume} &= \text{Luas} \times \text{kedalaman} \\
&= 161,12 \text{ m}^3 \quad (\text{Memadai})
\end{aligned}$$

Dimensi Zona Lumpur:

$$\begin{aligned}
\text{Rasio P:L} &= 2:1 \\
138,11 &= 2l \times l \\
\text{lebar} &= 8,3 \text{ m} \\
\text{panjang} &= 2 \times l \\
&= 16,6 \text{ m}
\end{aligned}$$

kedalaman = 1,17 m

Zona Pelimpah Weir

Weir Loading Rate = 300 m³/m.hari

Debit per bak = 14381 m³/hari

= 0,166 m³/s

Panjang pelimpah/weir = Q / WLR

= 14381 m³/hari / 300 m³/m.hari

= 47,94 m

= 48,00 m

Jumlah launder 5, masuk dari kedua sisi

Panjang launder = Panjang weir / 2 x 5

= 48,00 m / 10

= 4,8 m

Lebar launder rencana = 0,5 m

Jarak tiap launder = (lebar bak - jumlah launder x lebar
launder) / (jumlah launder + 1)

= (13,41 - (5 x 0,5)) / (10 + 1)

= 1,82 m

Kesetimbangan massa

[TSS]_{in} = 77,3 mg/l

[BOD]_{in} = 74,5 mg/l

Massa TSS_{in} = Q x [TSS]_{in}

= 14381 m³/hari x 77,3 mg/l

= 1110,89 kg/hari

TSS tersisih = Massa x %removal

= 1110,89 kg/hari x 56,91%

= 632,22 kg/hari

Massa TSS_{out} = Massa TSS_{in} - TSS tersisih

= (1110,89 - 632,22) kg/hari

= 478,67 kg/hari

Massa BOD_{in} = Q x [BOD]_{in}

= 14381 m³/hari x 74,5 mg/l

= 1071,35 kg/hari

BOD tersisih = Massa x %removal

= 1071,35 kg/hari x 35,00%

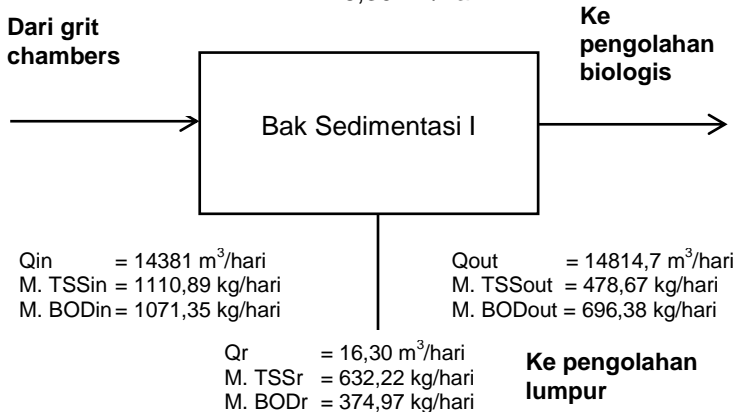
= 374,97 kg/hari

Massa BOD_{out} = Massa BOD_{in} - BOD tersisih

= (1071,35 - 374,97) kg/hari

= 696,38 kg/hari

Densitas lumpur = 1030 kg/m³ (Metcalf dan Eddy, 2014)
 Asumsi %solid = 6% (Metcalf dan Eddy, 2014)
 Massa lumpur TSS = (100%/ %Solid) x TSS Tersisih
 = 10536,93 kg/hari
 Volume lumpur TSS = Massa lumpur / densitas
 = 10,23 m³/hari
 Massa lumpur BOD = (100%/ %Solid) x BOD Tersisih
 = 6249,53 kg/hari
 Volume lumpur BOD = Massa lumpur / densitas
 = 6,07 m³/hari
 Total Volume lumpur = Vol. Lumpur TSS + Vol. Lumpur BOD
 = 10,23 m³/hari + 6,07 m³/hari
 = 16,30 m³/hari



4.6.6 Perencanaan Proses Aerasi

Proses aerasi merupakan salah satu model aplikasi lumpur aktif yang memanfaatkan pengolahan dengan cara memberikan suplai oksigen berlebih ke dalam air limbah. Pasokan oksigen dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi polutan (Metcalf dan Eddy, 2014). Kebutuhan oksigen didalam tangki dapat dipenuhi menggunakan *surface aerator*. Berikut adalah perhitungan aerasi pada IPAL Sewon.

Data awal perhitungan

[TSS]in = 38,6 mg/l
 [BOD]in = 52,2 mg/l

[COD]in	= 85,2 mg/l
[NH ₃]in	= 13,6 mg/l
[TSS]out	= 5,8 mg/l
[BOD]out	= 7,8 mg/l
[COD]out	= 12,8 mg/l
[NH ₃]out	= 2,7 mg/l

Kriteria desain

Beban volumetrik	: 0,1-0,3 kg BOD/m ³ .hari
MLSS	: 2000-4000 mg/l
Rasio resirkulasi	: 0,5-2 %Qinfluen
SRT	: 20-40 hari
	(Metcalf dan Eddy, 2014)
HRT (td)	: 20-30 jam
F/M Rasio	: 0,05-0,2 kgBOD/kg VSS
	(Fatmawati dkk., 2016)

θ_c / SRT	: 10-20 hari
Efisiensi pengolahan	: 75-85 %
	(Ningtyas, 2015)

Diketahui

Debit masuk	= 28761 m ³ /hari
Jumlah bak	= 2 unit
Debit per bak	= 14381 m ³ /hari
Y (tetapan)	= 0,7 mg/mg
Kd (tetapan)	= 0,06 /hari
θ_c (SRT)	= 10 hari
[BOD] in	= 52,2 mg/l
[BOD] tersisih (target)	= Efisiensi pengolahan x BOD in
	= 85% x 52,2 mg/l
	= 44,3 mg/l
[BOD] out	= 7,8 mg/l
Rasio MLVSS/MLSS	= 0,7
MLSS	= 3000 mg/l
Kedalaman rencana	= 3 m

Debit Return Activated Sludge

Perencanaan unit aerasi ini juga diaplikasikan *return sludge* dari bak sedimentasi II yang bertujuan mempertahankan biomassa

pendegradasi polutan air limbah. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

Debit masuk	= 28761 m ³ /hari
Jumlah bak	= 2 unit
Debit per bak	= 14381 m ³ /hari
	= 0,166 m ³ /detik
Rasio resirkulasi dari Bak Sedimentasi II	= 0,5
Debit resirkulasi	= Rasio x debit per bak
	= 7190,25 m ³ /hari
Debit rerata/bak	= Debit masuk per bak + debit resirkulasi
	= 21571,75 m ³ /hari

Perhitungan volume tangki

MLSS	= MLVSS / Rasio
MLVSS	= MLSS x Rasio
	= 3000 x 0,7
	= 2100 mg/l
Volume	= $Q \theta_c Y (S_0 - S) / MLVSS (1 + k_d \theta_c)$
	= 21571,75 · 10 · 0,7 (52,2 - 7,8) / 2100(1 + 0,06 · 10)
	= 2897,64 m ³
Luas	= Volume/kedalaman rencana
	= 2897,64 m ³ / 3 m
	= 965,88 m ²
Luas total	= Luas x jumlah unit
	= 643,89 m ² x 2
	= 1931,8 m ²
Dimensi:	
Rasio P:L	= 2:1
Luas	= 2l x l
965,88 m ²	= 2l x l
lebar	= 21,97 m
panjang	= 43,95 m
Cek td	= Q / Volume
	= 212571,75 m ³ /hari / 2897,64 m ³
	= 0,2015 hari
	= 4,83 jam

Cek F/M

Cek rasio *Food to Microorganism* berfungsi untuk mengontrol keseimbangan antara substrat (BOD dan COD) dan biomassa

yang aktif mendegradasi polutan. Semakin kecil nilai F/M maka semakin produktif biomassa dalam mendegradasi polutan.

$$\begin{aligned}
 F/M &= Q \times S_o / V \times MLVSS \\
 &= 14381 \times 52,2 / 1931,67 \times 2100 \\
 &= 0,1849 \text{ kg BOD /kg VSS} \\
 &\quad \text{(memenuhi kriteria)}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan oksigen

Kebutuhan oksigen dihitung untuk menghitung kebutuhan peralatan aerasi dalam mengoksidasi polutan dalam air limbah.

$$\begin{aligned}
 Y_{obs} &= Y \text{ tetapan} / (1+kd \theta_c) \\
 &= 0,7 / (1+0,06 \cdot 10) \\
 &= 0,32 \text{ mg/mg} \\
 P_x \text{ (MLVSS)} &= Y_{obs} \times Q(S_o-S) \\
 &= 0,32 \times 21571,75 \text{ m}^3/\text{hari} (52,2-7,8) \text{ mg/l} \\
 &= 304,25 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa oksigen (R}_o\text{)} &= (Q (S_o-S) - 1,42 P_x) \\
 &= 524,183 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Standard Oxygen Transfer Rate (SOTR) merupakan koreksi kebutuhan oksigen dalam peralatan aerasi yang disadur dari Metcalf dan Eddy (2014) berdasarkan faktor suhu, elevasi lapangan dan kedalaman aerator. Berikut merupakan data koefisien yang diperoleh dari Metcalf dan Eddy (2014). Hal 786

$$\begin{aligned}
 g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 M &= 28,97 \text{ kg/kg.mol} \\
 \text{Suhu} &= 30^\circ\text{C} \\
 R &= 8314 \text{ kg.m}^2/\text{s}^2.\text{kg.mol.K} \\
 h &= 3 \text{ m} \\
 C_{S_{20}} &= 9,09 \text{ mg/L} \\
 C_{S_{30}} &= 7,559 \text{ mg/L} \\
 DO &= 4 \text{ mg/L} \\
 d_e &= 0,4 \\
 Pa &= 10,33 \text{ m} \\
 \alpha &= 0,5 \\
 \beta &= 0,95 \\
 F &= 0,65 \\
 Z_b &= 62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Langkah pertama yaitu menentukan koreksi tekanan dan DO pada elevasi pada IPAL Sewon yakni pada ketinggian 62 mdpl.

$$\begin{aligned}
 \text{Pb/Pa} &= \exp\left(-\left(\frac{g \times M \times (z_b - z_a)}{R \times T}\right)\right) \\
 &= \exp\left(-\left(\frac{9,81 \times 28,97 \times (62-0)}{8314 \times 30}\right)\right) \\
 &= 0,931
 \end{aligned}$$

Lalu menghitung gas yang terlepas pada kedalaman aerator.

$$\begin{aligned}
 C^{\infty}_{20} &= C_{s20} \times \left(1 + \left(d_e \times \left(\frac{h}{P_a}\right)\right)\right) \\
 &= 9,09 \times \left(1 + \left(0,4 \times \left(\frac{3}{10,33}\right)\right)\right) \\
 &= 10,37 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Kemudian mencari nilai koreksi SOTR pada elevasi dan kedalaman yang baru.

$$\begin{aligned}
 \text{SOTR} &= \left(\frac{R_0}{\alpha \times F}\right) \times \left(\frac{C^{\infty}_{20}}{\left(\beta \times \left(\frac{C_{s30}}{C_{s20}}\right) \times \left(\frac{P_b}{P_a}\right) \times C^{\infty}_{20}\right) - DO}\right) \times (1,024^{20-30}) \\
 &= 3359,4 \text{ kg O}_2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung koreksi massa jenis udara dan efisiensi peralatan aerasi (*Standard Oxygen Transfer Efficiency*) di IPAL Sewon.

$$\begin{aligned}
 \text{SOTE} &= 25\% \\
 \text{Suhu (T)} &= 30^\circ\text{C} \\
 \%\text{oksigen} &= 23,18\% \\
 \text{Tekanan pada suhu } 30^\circ\text{C} &= 1,01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \\
 M &= 28,97 \text{ g/g.mol} \\
 R &= 8314 \text{ N.m/mol.K} \\
 \rho \text{ udara} &= \frac{P \times M}{R \times T}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1,01325 \times 10^5 \times 28,97 \text{ g/g.mol}}{8314 \frac{\text{N.m}}{\text{mol.K}} \times (273+30)}$$

$$= 1,165 \text{ kg/m}^3$$

Asumsi udara mengandung 23%O₂ densitas 1,165kg/m³

Kebutuhan udara di lapangan = SOTR / (densitas x %O₂ x SOTE)

$$\begin{aligned}
 (M) &= 876,75 \text{ kg/hari} / (1,165 \text{ kg/m}^3 \times 23\% \times 0,25) \\
 &= 2932,29 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 122,18 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan udara teortis} &= M / 0,65 \\
 &= 122,18 \text{ m}^3/\text{jam} / 0,65 \\
 &= 187,97 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Total udara desain diasumsikan 150% dari kebutuhan udara teoritis, maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Total udara desain} &= 187,97 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,5 \\
 &= 281,95 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan ini akan digunakan peralatan aerasi berupa *surface aerator*. Kebutuhan *surface aerator* disesuaikan dengan kemampuan peralatan tersebut dalam mensuplai oksigen dalam air limbah. Untuk gambar dan detail spesifikasi peralatan aerasi dapat dilihat di Lampiran. Selanjutnya merencanakan unit pengaduk pada bak aerasi menggunakan produk dari NeoTech™ WATER SOLUTION Tipe NMF 50 dengan spesifikasi:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas oksigen} &= 80 \text{ kg O}_2 / \text{jam} \\
 &= 1920 \text{ kg O}_2 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kedalaman max} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Power motor} = 50 \text{ Hp}$$

$$\text{Speed} = 32 \text{ rpm}$$

Jika diketahui kapasitas unit *surface aerator* untuk proses aerasi, maka:

$$\text{Kebutuhan oksigen bak} = 3359,4 \text{ kg O}_2/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan pengaduk} &= \text{Kebutuhan oksigen bak} / \text{kapasitas} \\
 &\quad \text{aerator} \\
 &= (3359,4 \text{ kg O}_2/\text{hari} / 1920 \text{ kg O}_2/\text{hari}) \\
 &= 1,74 = 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Proses nitrifikasi

Guna mencapai penyisihan amonia yang diinginkan, maka akan dihitung kondisi operasional di unit Bak Aerasi dengan menghitung laju pertumbuhan spesifik dari bakteri nitrifikasi. Berikut merupakan data yang dibutuhkan dalam perhitungan :

$$\text{Suhu} = 30^\circ\text{C}$$

$$\mu_{\text{maxN}} = 0,9 \text{ g VSS/g VSS.hari (20}^\circ\text{C)}$$

$$b_N = 0,17 \text{ g/g.hari (20}^\circ\text{C)}$$

$$[\text{NH}_3]_{\text{out}} = 2,7 \text{ mg/L}$$

$$K_N = 0,5 \text{ mg/L}$$

$$K_O = 0,5 \text{ mg/L}$$

$$\text{DO} = 4 \text{ mg/L}$$

$$\mu_N = \mu_{\max N} \times \left(\frac{[\text{NH}_3]_{\text{out}}}{[\text{NH}_3]_{\text{out}} + K_N} \right) \times \left(\frac{DO}{DO + K_O} \right) - b_N$$

Sebelum menghitung μ_N , maka nilai $\mu_{\max N}$ dan b_N terlebih dahulu harus dikonversi terlebih dahulu, karena nilai di atas merupakan nilai ketika suhu 20°C.

$$\begin{aligned} \mu_{\max N (30)} &= \mu_{\max N} \times (\theta^{(30-20)}) \\ &= 0,9 \times (1,072^{10}) \\ &= 1,804 \text{ VSS/g VSS.hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{N (30)} &= b_N \times (\theta^{(30-20)}) \\ &= 0,17 \times (1,029^{10}) \\ &= 0,23 \text{ g/g.hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_N &= \mu_{\max N} \times \left(\frac{[\text{NH}_3]_{\text{out}}}{[\text{NH}_3]_{\text{out}} + K_N} \right) \times \left(\frac{DO}{DO + K_O} \right) - b_N \\ &= 1,804 \times \left(\frac{6,8 \text{ mg/L}}{2,7 \text{ mg/L} + 0,5 \text{ mg/L}} \right) \times \left(\frac{4 \text{ mg/L}}{\frac{4 \text{ mg}}{L} + 0,5 \text{ mg/L}} \right) - 0,23 \\ &= 3,177 \text{ g/g.hari} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan dimensi Bak Aerasi pada langkah sebelumnya, langkah selanjutnya ialah menghitung laju nitrifikasi dan waktu nitrifikasi guna memastikan bahwa waktu tinggal (td) di Bak Aerasi mencukupi untuk proses nitrifikasi. Berikut merupakan data yang digunakan dalam perhitungan.

$$\begin{aligned} T_d &= 4,83 \text{ jam} \\ \text{Volume bak} &= 2897,64 \text{ m}^3 \\ \text{Debit masuk} &= 21571,75 \text{ m}^3/\text{hari} \\ Y_n &= 0,7 \text{ mg/mg} \\ \text{NO}_x &= 0,0109 \text{ kg/m}^3 \\ \text{SRT} &= 10 \text{ hari} \\ b_{N (30)} &= 0,23 \text{ g/g.hari} \\ \mu_{\max N (30)} &= 1,804 \text{ VSS/g VSS.hari} \\ [\text{NH}_3]_{\text{out}} &= 2,7 \text{ mg/L} \\ K_N &= 0,5 \text{ mg/L} \\ K_O &= 0,5 \text{ mg/L} \\ \text{DO} &= 4 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} X_n &= \frac{Q \times Y_n \times \text{NO}_x \times \text{SRT}}{V \times (1 + (b_N \times \text{SRT}))} \\ &= \frac{21571,75 \times 0,7 \times 0,0109 \times 10}{2897,64 \times (1 + (0,23 \times 10))} \\ &= 0,172 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \left(\frac{\mu_{\max}N}{Y_n} \right) \times \left(\frac{[NH_3]_{\text{out}}}{[NH_3]_{\text{out}} + K_N} \right) \times \left(\frac{DO}{DO + K_O} \right) \times X_n \\
 &= \left(\frac{1,804}{0,7} \right) \times \left(\frac{2,7}{2,7 + 0,5} \right) \times \left(\frac{4}{4 + 0,5} \right) \times 0,172 \\
 &= 0,591 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}
 \end{aligned}$$

Laju nitrifikasi perhitungan di atas merupakan laju saat kondisi pH sekitar 7,2 (Metcalf dan Eddy, 2014). Oleh karena itu perlu dihitung laju nitrifikasi pada pH operasional. Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{pH} &= 7,55 \\
 Rn \text{ lapangan} &= Rn \times (0,0004017 \times e^{(1,0946 \times \text{pH})}) \\
 &= 0,591 \text{ kg/m}^3 \times (0,0004017 \times e^{(1,0946 \times 7,55)}) \\
 &= 0,921 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu nitrifikasi} &= \left(\frac{NO_x}{Rn \text{ operasional}} \right) \times 24 \text{ jam/hari} \\
 &= \left(\frac{0,0109}{0,921} \right) \times 24 \text{ jam/hari} \\
 &= 0,28 \text{ jam (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan waktu nitrifikasi 0,28 jam yakni artinya kurang dari td unit Bak Aerasi (4,83 jam). Sehingga dapat disimpulkan td pada unit Bak Aerasi mencukupi untuk terjadinya proses nitrifikasi.

Perencanaan zona anoxic

Perencanaan zona anoxic bertujuan untuk memungkinkan terjadinya denitrifikasi dan berguna meremoval senyawa nitrogen seperti amonia. Adapun perhitungan dimensi bak zona anoxic adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 [BOD]_{\text{in}} &= 52,2 \text{ mg/l} \\
 [COD]_{\text{in}} &= 85,2 \text{ mg/l} \\
 [NH_3]_{\text{in}} &= 13,6 \text{ mg/l} \\
 [BOD]_{\text{out}} &= 7,8 \text{ mg/l} \\
 [COD]_{\text{out}} &= 12,8 \text{ mg/l} \\
 [NH_3]_{\text{out}} &= 2,7 \text{ mg/l} \\
 \text{Debit} &= 21571,75 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{SRT} &= 10 \text{ hari} \\
 Y \text{ (tetapan)} &= 0,7 \text{ mg/mg} \\
 K_d \text{ (tetapan)} &= 0,06 /\text{hari} \\
 \text{Rasio resirkulasi} &= 0,5
 \end{aligned}$$

Langkah pertama, yaitu menentukan biomassa aktif yang siap meremoval substrat dan NO_x dalam kondisi anoxic.

$$\begin{aligned}
 \text{MLVSS anox} &= (Q \times \text{SRT} / \text{Volume})(Y \times (\text{So}-\text{S}) / 1 + k_d \\
 &\quad \times \text{SRT}) \\
 &= (21571,75 \times 10 / 2897,64) (0,7 \times 13,6 / \\
 &\quad (1 + 0,06 \times 10)) \\
 &= 442,95 \text{ g/m}^3
 \end{aligned}$$

Selanjutnya mencari rasio konsentrasi NOx yang di resirkulasi dari bak aerobik dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Internal Recycle (IR)} &= \frac{N_o}{N_e} - 1,0 - \text{Rasio Resirkulasi} \\
 &= \frac{13,6}{2,7} - 1,0 - 0,5 \\
 &= 3,5
 \end{aligned}$$

Lalu menentukan debit resirkulasi dari bak aerobik menuju bak anoxic dengan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Debit resirkulasi} &= \text{IR} \times Q + R \times Q \\
 &= 3,5 \times 14381 + 0,5 \times 14831 \\
 &= 21571 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Konsentrasi NOx pada resirkulasi = 10,9 mg/l

$$\begin{aligned}
 \text{Maka massa NOx} &= 21571,75 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10,9 \text{ mg/l} \\
 &= 232,13 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan BOD untuk proses denitrifikasi yaitu 4 kg/kg NOx artinya kebutuhan BOD ialah 4 kali massa NOx, maka kebutuhan BOD pada proses denitrifikasi ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan BOD} &= 4 \times \text{Massa NOx} \\
 &= 4 \times 232,13 \text{ kg/hari} \\
 &= 940,52 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban BOD influent} &= 21571,75 \text{ m}^3/\text{hari} \times 52,2 \text{ mg/l} \\
 &= 1126,045 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Setelah menghitung beban yang dibutuhkan dalam proses denitrifikasi, dapat diambil kesimpulan bahwa substrat BOD yang dibutuhkan masih memenuhi kebutuhan BOD untuk proses denitrifikasi. Selanjutnya menghitung laju denitrifikasi (SDNR) menggunakan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Asumsi \%rbCOD} &= 30\% \\
 B_0 &= 0,235 \\
 B_1 &= 0,141 \\
 \text{Maka,} \\
 \text{SDNR anox} &= B_0 + B_1 (\ln (F/M \text{ anox}))
 \end{aligned}$$

$$= 0,235 + 0,141 (\ln 0,0076)$$

$$= 0,196 \text{ g NO}_3\text{-N/ g MLVSS. hari}$$

Laju denitrifikasi diatas merupakan laju pada suhu 20°C, maka perlu dilakukan koreksi suhu sebagai berikut:

$$\text{SDNR} = \text{SDNR Anox} \times 1,09^{(T-20)}$$

$$= 0,196 \times 1,09^{(30-20)}$$

$$= 0,464 \text{ g NO}_3\text{-N/ g MLVSS. hari}$$

Lalu menentukan td bak anoxic menggunakan perhitungan berikut:

$$\text{Td bak anoxic} = 0,76 \text{ jam}$$

Maka volume zona anoxic:

$$= \text{td anoxic} \times \text{debit masuk}$$

$$= \text{hari} \times 21571,75 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 683,1 \text{ m}^3$$

$$\text{Kedalaman rencana} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Luas permukaan} = 683,1 \text{ m}^3 / 3 \text{ m}$$

$$= 227,7 \text{ m}^2$$

$$\text{Rasio P:L} = 2:1$$

$$\text{Luas permukaan} = 2L^2$$

$$227,7 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L^2 = 113,85 \text{ m}^2$$

$$L = 10,41 \text{ m}$$

$$P = 2 \times L$$

$$= 20,82 \text{ m}$$

Kemudian cek NO₃-N yang dapat direduksi dalam td yang sudah dicari menggunakan perhitungan berikut:

$$\text{NOx reduksi} = V \text{ anox} \times \text{SDNR} \times \text{MLVSS}$$

$$= 683,1 \text{ m}^3 \times 0,464 \times 442,95$$

$$= 140397,8 \text{ g/hari}$$

$$= 140,4 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Massa NOx keluar} = \text{Massa NOx} - \text{NOx reduksi}$$

$$= 355 - 140,4 \text{ kg/hari}$$

$$= 214,6 \text{ kg/hari}$$

$$\% \text{Removal NOx} = (\text{Massa NOx} - \text{NOx keluar}) / \text{Massa NOx}$$

$$= (355 \text{ kg/hari} - 214,6 \text{ kg/hari}) \times 100\%$$

$$/ 355 \text{ kg/hari}$$

$$= 40,1\%$$

Cek F/M rasio untuk mengontrol ketersediaan substrat dengan biomassa:

$$\begin{aligned} F/M \text{ anox} &= Q \times S_o / V_{\text{anox}} \times X_{\text{anox}} \\ &= 21571,75 \times 13,6 / 683,1 \times 442,95 \\ &= 0,076 \text{ g/g.hari} \end{aligned}$$

Selanjutnya merencanakan unit pengaduk pada bak anoxic menggunakan Produk dari AQUAROMIX tipe AQMA 50 dengan spesifikasi:

$$\begin{aligned} \text{Mixing area} &= 32 \text{ m}^2 \\ \text{Kedalaman max} &= 4,5 \text{ m} \\ \text{Volume kapasitas} &= 144 \text{ m}^3 \\ \text{Power motor} &= 37 \text{ kW/ Rpm 1500/ 380 V/50 Hz} \end{aligned}$$

Jika diketahui kapasitas unit pengaduk/mixer untuk pengaduk bak anoxic, maka kebutuhan *mixer*:

$$\begin{aligned} \text{Volume anox} &= 683,1 \text{ m}^3 \\ \text{Kebutuhan pengaduk} &= \text{Volume anox} / \text{volume kapasitas} \\ &= 683,1 \text{ m}^3 / 144 \text{ m}^3 \\ &= 4,7 = 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

Produksi lumpur biologis

$$\text{Debit per bak} = 14381 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Y \text{ (tetapan)} = 0,7 \text{ mg/mg}$$

$$K_d \text{ (tetapan)} = 0,06 / \text{hari}$$

$$\theta_c \text{ (SRT)} = 20 \text{ hari}$$

$$[\text{BOD}]_{\text{in}} = 52,2 \text{ mg/l}$$

$$[\text{NH}_3]_{\text{in}} = 13,6 \text{ mg/l}$$

$$[\text{BOD}]_{\text{out}} = 7,8 \text{ mg/l}$$

$$[\text{NH}_3]_{\text{out}} = 2,7 \text{ mg/l}$$

Perhitungan lumpur akibat biomass,

$$\begin{aligned} P_x &= Q \times Y \times (S_o - S_e) / (1 + k_d) \text{ SRT} \\ &= 14381 \times 0,7 (52,2 - 7,8) / (1 + 0,06) \times 20 \\ &= 21,08 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan lumpur akibat proses nitrifikasi,

$$\begin{aligned} \text{Nox} &= [\text{NH}_3]_{\text{in}} - [\text{NH}_3]_{\text{out}} \\ &= (13,6 - 2,7) \text{ mg/l} \\ &= 10,9 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{xn}} &= Q \times Y \times (S_o - S_e) / (1 + k_d) \text{ SRT} \\ &= 14381 \times 0,7 (13,6 - 2,7) / (1 + 0,06) \times 20 \\ &= 5,17 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Produksi lumpur biologis

$$\begin{aligned}
 P_x \text{ bio} &= P_x + P_{xn} \\
 &= (21,08 + 5,17) \text{ kg/hari} \\
 &= 26,25 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

4.6.7 Perencanaan Bak Sedimentasi II

Bak sedimentasi II atau bak pengendap II merupakan salah satu unit yang direncanakan pada IPAL Sewon. Bak sedimentasi II berfungsi untuk menyisahkan lumpur yang berasal dari pengolahan biologis (Ghawi dan Kris, 2011). Berikut adalah perhitungan sedimentasi II pada IPAL Sewon.

Data awal perhitungan

[TSS]in	= 5,8 mg/l
[BOD]in	= 7,8 mg/l
[COD]in	= 12,8 mg/l
[TSS]out	= 0,6 mg/l
[BOD]out	= 1,2 mg/l
[COD]out	= 1,9 mg/l

Kriteria desain

Solid loading Rate	: 50-150 kg/m ² .hari	
Overflow rate (OFR)	: 15-40 m ³ /m ² .hari	(Ismail, 2010)
Weir loading rate WLR	: 125-500 m ³ /m.hari	(Metcalf dan Eddy, 2014)
Slope zona pengendapan	: 1:12	(Ghawi dan Kris, 2011)

Zona Pengendapan

Debit masuk	= 28761 m ³ /hari
Jumlah bak	= 2 unit
Debit per bak	= 14381 m ³ /hari
	= 0,166 m ³ /detik
Rasio resirkulasi	= 0,5
Debit resirkulasi	= Rasio x debit per bak
	= 7190,25 m ³ /hari
Debit rerata	= Debit masuk per bak + debit resirkulasi
	= 21571,75 m ³ /hari

Menurut Metcalf dan Eddy (2014), perencanaan unit sedimentasi II dapat dilakukan dengan cara pendekatan melalui *Solid Flux* dan *Solid Loading Rate*. Pendekatan melalui *Solid Flux* lebih ke hubungan antara konsentrasi dan kecepatan pengendapannya.

Sedangkan, *Solid Loading Rate* lebih ke hubungan antara mempertahankan biomassa dan debitnya. Pada perencanaan pengembangan ini, sedimentasi II akan direncanakan menggunakan pendekatan *Solid Loading Rate*. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{MLSS rencana} &= 3000 \text{ mg/l} \\
 \text{Solid masuk} &= Q \text{ rerata} \times \text{MLSS} \\
 &= 21571,75 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3000 \text{ mg/l} \\
 &= 64712,25 \text{ kg/hari} \\
 \text{Solid Loading} &= 100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hari} \\
 \text{As} &= \text{Solid masuk} / \text{Solid Loading Rate} \\
 &= 64712,25 \text{ kg/hari} / 100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hari} \\
 &= 647,12 \text{ m}^2 \\
 \text{As} &= 1/4 \pi d^2 \\
 647,12 \text{ m}^2 &= 1/4 \pi d^2 \\
 d^2 &= 647,12 \text{ m}^2 / (1/4 \pi) \\
 d^2 &= 824,35 \text{ m}^2 \\
 d &= 28,71 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman rencana} &= 4 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= \text{As} \times \text{kedalaman} \\
 &= 647,12 \text{ m}^2 \times 4 \text{ m} \\
 &= 2588,49 \text{ m}^3 \\
 \text{Cek OFR} &= \text{Debit rerata} / \text{As} \\
 &= 21571,75 \text{ m}^3/\text{hari} / 647,12 \text{ m}^2 \\
 &= 33,33 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (memenuhi kriteria)} \\
 \text{Cek SLR} &= \text{Debit rerata} \times \text{MLSS} / \text{As} \\
 &= 21571,75 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3 \text{ kg/m}^3 / 647,12 \\
 &\quad \text{m}^2 \\
 &= 100 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hari} \text{ (memenuhi kriteria)}
 \end{aligned}$$

Cek MLSS pada return sludge

Perhitungan MLSS pada *return sludge* digunakan untuk mengetahui konsentrasi MLSS yang terdapat pada sistem *return sludge*. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

MLSS pada bak sedimentasi II

$$X = 3000 \text{ mg/l}$$

$$\text{Rasio debit resirkulasi} = 0,5$$

$$X = \left(\frac{R}{1+R} \right) \times X \text{ dalam sistem}$$

$$\begin{aligned} X_{\text{sistem}} &= 3000 \text{ mg/l} / (0,5/1+0,5) \\ &= 9000 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Produksi lumpur

$$\begin{aligned} \text{Produksi lumpur} &= \text{Solid masuk} \times \% \text{Removal} \\ \text{Lumpur} &= 64712,25 \text{ kg/hari} \times 90\% \\ &= 58241,03 \text{ kg/hari} \\ \% \text{Solid} &= 10\% \text{ (Metcalf dan Eddy, 2014)} \\ \text{Massa solid} &= 100\%/10\% \times 58342,03 \text{ kg/hari} \\ &= 582410,25 \text{ kg/hari} \\ \text{densitas} &= 1030 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Debit solid} &= 565,45 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Waktu pengurasan} &= 24 \text{ jam sekali} \\ &= 1 \text{ hari} \\ \text{Volume solid} &= 282,72 \text{ m}^3 \\ \text{Perencanaan zona lumpur dilakukan dengan pendekatan bentuk kerucut.} \\ \text{As kerucut} &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times 100 \\ &= 314 \text{ m}^2 \\ \text{Kedalaman zona lumpur} &= \text{Volume} / \text{As Kerucut} \times 3 \\ &= 282,72 \text{ m}^3 \times 3 / 314 \text{ m}^2 \\ &= 2,57 \text{ m} \end{aligned}$$

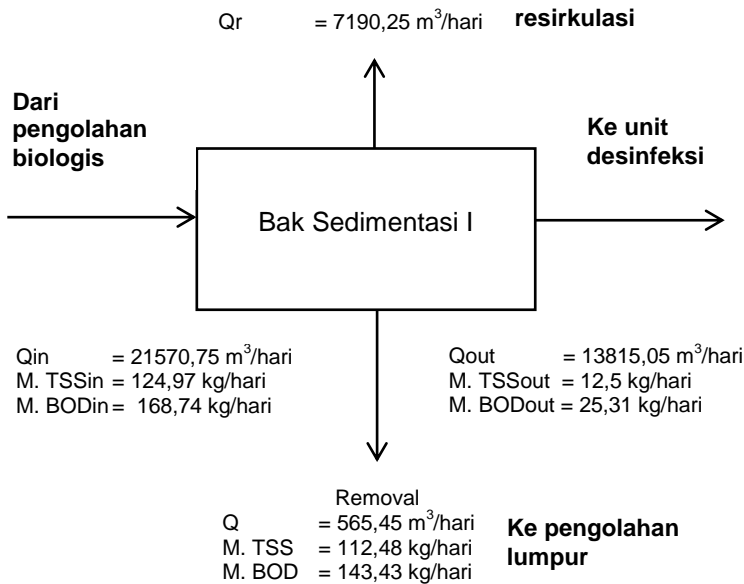
Zona Pelimpah Weir

$$\begin{aligned} \text{WLR tetapan} &= 200 \text{ m}^3/\text{m.hari} \\ \text{WLR} &= \text{debit per bak} / \text{panjang weir} \\ \text{Panjang weir} &= \text{debit per bak} / \text{WLR} \\ &= 21571,75 \text{ m}^3/\text{hari} / 200 \text{ m}^3/\text{m.hari} \\ &= 107,85 \text{ m} \\ \text{Panjang Weir} &= \text{Keliling lingkaran} \\ 107,85 &= \pi \times D \\ D &= 34,35 \text{ m} \\ D &= d + (\text{lebar weir} \times 2) \\ 34,35 &= 28,71 + \text{lebar weir} \times 2 \\ \text{lebar weir} \times 2 &= 5,64 \text{ m} \\ \text{lebar weir} &= 2,81 \text{ m} \end{aligned}$$

Kesetimbangan massa

$$[\text{TSS}]_{\text{in}} = 5,8 \text{ mg/l}$$

[BOD] _{in}	= 7,8 mg/l
[TSS] _{out}	= 0,6 mg/l
[BOD] _{out}	= 1,2 mg/l
Massa TSS _{in}	= Q x [TSS] _{in} = 21570,75 m ³ /hari x 5,8 mg/l = 124,97 kg/hari
TSS tersisih	= Massa x %removal = 124,97 kg/hari x 90% = 112,48 kg/hari
Massa TSS _{out}	= Massa TSS _{in} – TSS tersisih = (124,97 – 112,48) kg/hari = 12,5 kg/hari
Massa BOD _{in}	= Q x [BOD] _{in} = 21570,75 m ³ /hari x 7,8 mg/l = 168,74 kg/hari
BOD tersisih	= Massa x %removal = 168,74 kg/hari x 85% = 143,43 kg/hari
Massa BOD _{out}	= Massa BOD _{in} – BOD tersisih = (168,74 – 143,43) kg/hari = 25,31 kg/hari
Produksi lumpur	= Solid masuk x %Removal = 64712,25 kg/hari x 90% = 58241,03 kg/hari
%Solid	= 10% (Metcalf dan Eddy, 2014)
Massa lumpur	= 100%/10% x 58342,03 kg/hari = 582410,25 kg/hari
densitas	= 1030 kg/m ³
Debit lumpur	= 565,45 m ³ /hari
Di resirkulasi	
Debit per bak	= 14381 m ³ /hari = 0,166 m ³ /detik
Rasio resirkulasi	= 0,5
Debit resirkulasi	= Rasio x debit per bak = 7190,25 m ³ /hari



4.6.8 Perencanaan *Sludge Drying Bed (SDB)*

Pengeringan lumpur pada SDB memanfaatkan panas matahari untuk mengevaporasi kadar air dalam lumpur. Air yang berkurang ialah sebesar 20-55% tergantung keadaan awal solid dalam lumpurnya (Firdaus, 2019). Berikut perhitungan perencanaan pengembangan unit SDB pada IPAL Sewon.

Kriteria desain

Tebal media pasir	= 20-30 cm
Tebal mesia kerikil	= 20-30 cm
<i>Sludge Loading</i>	= 100-300 kg/m ² .tahun
Tebal lumpur	= 20-30 cm
Lebar bed	= 5-8 m
Panjang bed	= 6-30 m
Waktu pengeringan	= 10-15 hari
Kecepatan air inlet	= 0,75 m/s

(Metcalf dan Eddy, 2014)

Kadar solid	= 20-40%
Kadar air dalam lumpur	= 60-80%

Kecepatan air under = 0,3-1 m/detik

(Firdaus, 2019)

Direncanakan

Waktu pengeringan = 10 hari
Lapisan kerikil = 0,25 m
Lapisan pasir = 0,25 m
Tebal lumpur = 0,3 m
Pengisian = 2 hari
Pengurasan = 2 hari
Jumlah bed = 7

Direncanakan lumpur yang masuk ke SDB berasal dari Bak Sedimentasi I dan Bak Sedimentasi II.

Produksi lumpur

1. Perhitungan sesuai dengan kesetimbangan massa pada Bak Sedimentasi I

[TSS]_{in} = 77,3 mg/l

[BOD]_{in} = 74,5 mg/l

Massa TSS_{in} = Q x [TSS]_{in}

= 14381 m³/hari x 77,3 mg/l

= 1110,89 kg/hari

TSS tersisih = Massa x %removal

= 1110,89 kg/hari x 56,91%

= 632,22 kg/hari

Massa TSS_{out} = Massa TSS_{in} – TSS tersisih

= (1110,89 – 632,22) kg/hari

= 478,67 kg/hari

Massa BOD_{in} = Q x [BOD]_{in}

= 14381 m³/hari x 74,5 mg/l

= 1071,35 kg/hari

BOD tersisih = Massa x %removal

= 1071,35 kg/hari x 35,00%

= 374,97 kg/hari

Massa BOD_{out} = Massa BOD_{in} – BOD tersisih

= (1071,35 – 374,97) kg/hari

= 696,38 kg/hari

Densitas lumpur = 1030 kg/m³ (Metcalf dan Eddy, 2014)

Asumsi %solid = 6% (Metcalf dan Eddy, 2014)

Massa lumpur TSS = (100%/ %Solid) x TSS Tersisih

= 10536,93 kg/hari

Volume lumpur TSS	= Massa lumpur / densitas = 10,23 m ³ /hari
Massa lumpur BOD	= (100%/ %Solid) x BOD Tersisih = 6249,53 kg/hari
Volume lumpur BOD	= Massa lumpur / densitas = 6,07 m ³ /hari
Total debit lumpur	= Vol. Lumpur TSS + Vol. Lumpur BOD = 10,23 m ³ /hari + 6,07 m ³ /hari = 16,30 m ³ /hari
2. Perhitungan sesuai dengan kesetimbangan massa pada Bak Sedimentasi II	
Produksi lumpur	= Solid masuk x %Removal = 64712,25 kg/hari x 90% = 58241,03 kg/hari
%Solid	= 10% (Metcalf dan Eddy, 2014)
Massa lumpur	= 100%/10% x 58342,03 kg/hari = 582410,25 kg/hari
densitas	= 1030 kg/m ³
Debit lumpur	= 565,45 m ³ /hari

Penjadwalan

Penjadwalan pada SDB bertujuan untuk menjadwalkan pengisian-pengeringan-pengurasan pada unit SDB agar mengantisipasi adanya kelalaian operasional. Adapun penjadwalan SDB dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Dimensi SDB untuk Bak Sedimentasi I

Debit lumpur masuk	= Debit lumpur dari bak sedimentasi I = 16,30 m ³ /hari
Waktu pengisian	= 2 hari
Volume lumpur	= 16,30 m ³ /hari x 2 hari = 32,6 m ³
Luas per bed SDB	= Volume lumpur masuk / (tebal lumpur x jumlah bed) = 32,6 m ³ / (0,3 m x 7) = 15,52 m ²
Rasio P:L	= 3 : 1
Luas per bed SDB	= 3L x L
15,52 m ²	= 3 L ²
L ²	= 5,17 m ²

$$\begin{aligned} L &= 2,3 \text{ m} \\ P &= 3L \\ &= 6,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi SDB untuk Bak Sedimentasi II

$$\begin{aligned} \text{Debit lumpur masuk} &= \text{debit lumpur dari bak sedimentasi II} \\ &= 565,45 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Waktu pengisian} &= 2 \text{ hari} \\ \text{Volume lumpur} &= 565,45 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ hari} \\ &= 1130,9 \text{ m}^3 \\ \text{Luas per bed SDB} &= \text{Volume lumpur masuk} / (\text{tebal lumpur} \times \\ &\quad \text{jumlah bed}) \\ &= 1130,9 \text{ m}^3 / (0,3 \text{ m} \times 7) \\ &= 538,52 \text{ m}^2 \\ \text{Rasio P:L} &= 2 : 1 \\ \text{Luas per bed SDB} &= 2L \times L \\ 538,52 \text{ m}^2 &= 2 L^2 \\ L^2 &= 269,2 \text{ m}^2 \\ L &= 16,4 \text{ m} \\ P &= 2L \\ &= 32,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa underdrain




Pipa underdrain berfungsi untuk mengalirkan aliran air pada bagian bawah SDB. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Debit underflow} &= 565,45 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,00673 \text{ m}^3/\text{detik} \\ V \text{ rencana} &= 0,75 \text{ m/detik} \\ A \text{ pipa} &= 0,00673 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,75 \text{ m/detik} \\ &= 0,0089 \text{ m}^2 \\ \text{Diameter pipa} &= \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,0089}{\pi}} = 0,106 \text{ m} \\ &= 11 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tabel 4.42 Penjadwalan SDB

Bak	Hari ke-																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red													
2			Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red											
3					Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red									
4							Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red						
5									Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red				
6											Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red		
7													Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red

Keterangan

	:2 hari	Pengisian
	:10 hari	Pengeringan
	:2 hari	Pengurasan

4.6.9 Perencanaan Unit Desinfeksi

Unit desinfeksi yang direncanakan pada pengembangan IPAL Sewon berupa bak yang berfungsi untuk melarutkan bubuk kaporit lalu larutan tersebut diinjeksikan ke dalam air limbah pada kompartemen selanjutnya guna memberikan waktu kontak dengan kaporit. Desinfektan yang digunakan ialah bubuk kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) yang dilarutkan. Kaporit ketika dilarutkan dalam air akan berubah menjadi asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoclorit (OCl^-) yang keduanya memiliki sifat desinfektan terhadap bakteri patogen (Rosyidi dkk., 2010). Selanjutnya akan dihitung dosis klor untuk membunuh bakteri patogen. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

Diketahui:

Total coliform influen	= 24000 jml/100ml
Waktu kontak	= 30 menit
Total coliform effluen	= 2400 jml/100ml
n	= 2,8
b	= 4
sisa klor	= 0,5 mg/l
Debit dari bak sedimentasi II	= 13815,05 m ³ /hari

Perhitungan dosis klor

$$\frac{Nt}{No} = \left[\frac{C \times T}{b} \right]^{-n}$$

$$\frac{2400}{24000} = \left[\frac{C \times 30 \text{ menit}}{4} \right]^{-2,8}$$

$$0,1^{-\frac{1}{28}} = \left[\frac{C \times 30 \text{ menit}}{4} \right]$$

$$1,08 = \left[\frac{C \times 30 \text{ menit}}{4} \right]$$

$$C = \left[\frac{1,08 \times 4}{30 \text{ menit}} \right]$$

$$C = 0,144 \text{ mg/l}$$

$$\begin{aligned} \text{Dosis Total Cl}_2 &= 0,144 \text{ mg/l} + 0,5 \text{ mg/l} \\ &= 0,644 \text{ mg/l} \\ &= 0,000644 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{massa [Cl}_2] &= [\text{Cl}_2] \text{ total} \times Q \\ &= 0,000644 \text{ kg/m}^3 \times 13815,05 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 8,89 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar klor} &= 60\% \\ \text{massa [Ca(OCl)}_2] &= \text{Massa [Cl}_2] / \text{Kadar klor} \\ &= 8,89 \text{ kg/hari} / 60\% \\ &= 12,70 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Pembubuhan

$$\begin{aligned} \text{Massa kaporit} &= 12,70 \text{ kg/hari} \\ \text{Waktu pembubuhan} &= 1 \text{ hari sekali} \\ \text{Massa kaporit} &= 12,70 \text{ kg/hari} \times 1 \text{ hari} \\ &= 12,70 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas kaporit} &= 860 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Volume kaporit} &= 12,70 \text{ kg} / 860 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,014 \text{ m}^3 \\ &= 14 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pelarut air} &= \frac{100\% - \% \text{kadar kaporit}}{\% \text{kadar kaporit}} \times \text{Volume kaporit} \\ &= \frac{100\% - 6\%}{6\%} \times 0,014 \text{ m}^3 \\ &= 0,219 \text{ m}^3 \\ &= 219 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensi bak pembubuhan} &= \text{Volume larutan kaporit} \\ &= \text{Volume pelarut air} + \text{Volume kaporit} \\ &= (219 + 14) \text{ liter} \\ &= 233 \text{ liter} \\ &= 0,233 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total dimensi bak pembubuhan} &= 2 \text{ unit} \times 0,233 \text{ m}^3 \\ &= 0,466 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Direncanakan} & \\ \text{Lebar} &= 1 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

Kedalaman = 0,466 m

Dimensi bak kontak

Selanjutnya merencanakan bak kontak untuk memberikan waktu kontak sekaligus melarutkan kaporit dengan air limbah. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

Debit per bak = 13815,05 m³/hari

Waktu kontak = 30 menit

Volume = Debit per bak x waktu kontak
= 13815,05 m³/hari x 30 menit x 1/1440
menit/hari
= 287 m³

Kedalaman = 2 m

Lebar = 5 m

Panjang = Volume / (kedalaman x lebar)
= 287 m³ / (2 m x 5 m)
= 28,7 m

4.6.10 Profil Hidrolis

Perhitungan profil hidrolis didasarkan pada hasil perhitungan headloss dari masing-masing unit pengolahan. Pada umumnya sistem pembuangan harus mampu mengalirkan air limbah dari satu unit pengolahan ke unit pengolahan selanjutnya yang harus memiliki kemiringan yang cukup agar air dapat mengalir secara gravitasi. Untuk itu pada perencanaan ini direncanakan masing-masing unit pengolahan dibuat dengan kemiringan 1%. Elevasi muka air diawal unit bangunan didasarkan pada elevasi tanah bangunan pengolahan. Adapun rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43 Rekapitulasi Perhitungan Headloss

Jalur	Diameter pipa	Panjang Pipa	Headloss Mayor	Headloss Minor	Headloss Aksesoris	Total Headloss	Headloss Unit
	m	m	m	m	m	m	m
SP-GC	0,651193852	6,227	0,00747558	0,051020408		0,058495988	0,125548893
	0,651193852	2,73	0,003277394	0,051020408		0,054297802	
	0,651193852				0,012755102	0,012755102	
GC-BS 1	0,651193852	1,92	0,002304981	0,051020408		0,053325389	0,227455706
	0,651193852				0,015306122	0,015306122	
	0,651193852	10,9	0,013085567	0,051020408	0,015306122	0,079412097	
	0,651193852	10,9	0,013085567	0,051020408	0,015306122	0,079412097	
BS - Ano	0,651193852	8,25	0,009904213	0,051020408	0,015306122	0,076230744	0,357330427
	0,651193852	12,6	0,015126435	0,051020408	0,015306122	0,081452965	
	0,651193852	3,08	0,003697573	0,051020408		0,054717981	
	0,651193852	20,8	0,024970623	0,051020408	0,012755102	0,088746133	
	0,651193852	4,3	0,005162196	0,051020408		0,056182604	
Ano - aero	0,651193852	1,7	0,002040868	0,051020408	0,012755102	0,065816378	0,324461559
	0,651193852	21	0,025210725	0,051020408	0,015306122	0,091537255	
	0,651193852	17,5	0,021008937	0,051020408	0,012755102	0,084784447	
	0,651193852	18	0,021609193	0,051020408	0,009693878	0,082323478	
a. Aero - BS 2	0,56396349	44	0,062461877	0,051020408		0,113482285	0,113482285
b. Aero - BS	0,56396349	2,8	0,003974847	0,051020408	0,012755102	0,067750357	0,284850254

2							
	0,56396349			0,051020408	0,009693878	0,060714286	
	0,56396349	8,5	0,012066499	0,051020408	0,015306122	0,078393029	
	0,56396349	19	0,026972174	0,051020408		0,077992582	
BS 2 - Desi	0,56396349	6,7	0,00951124	0,051020408	0,012755102	0,073286751	
	0,56396349	16,2	0,022997327	0,051020408	0,015306122	0,089323858	0,162610608
	0,56396349	27,7	0,03932259	0,051020408	0,012755102	0,103098101	
	0,56396349	17,7	0,025126709	0,051020408	0,015306122	0,09145324	0,194551341
	0,797564817	118	0,111845658	0,051020408		0,162866066	0,162866066

4.7 Perhitungan BOQ

Bill of quantity merupakan akumulasi kebutuhan bahan atau alat yang dibutuhkan pada saat proses konstruksi perencanaan pengembangan IPAL Sewon. Nilai koefisien didasarkan pada Angka Harga Satuan Pokok (AHSP) dan Harga Satuan disesuaikan dengan Perbup Bantul No. 131 Tahun 2019. Terdapat 2 pokok tahapan dalam konstruksi IPAL Sewon, yaitu tahap persiapan dan pekerjaan utama. Tahap persiapan tentunya berbeda tiap unit IPAL, seperti kegiatan pembersihan lahan ringan, pembongkaran, dan perataan urug. Sedangkan tahap pekerjaan utama antara lain penggalian atau perataan urug, pengangkutan tanah keluar-masuk proyek, pekerjaan kolom dan balok beton bertulang, pekerjaan dinding beton bertulang, plat atau lantai beton bertulang, pemasangan peralatan aerasi dan pemasangan perpipaan. Rincian koefisien kebutuhan pekerja, bahan, dan alat pada masing-masing pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 4.44 hingga Tabel 4.50.

Tabel 4.44 Pembersihan Lahan Ringan

Pekerja	Koefisien	Satuan
Mandor	0,050	Orang hari
Pembantu tukang	0,100	Orang hari

Tabel 4.45 Penggalian Tanah Biasa

Pekerja	Koefisien	Satuan
Mandor	0,075	Orang hari
Pembantu tukang	0,025	Orang hari

Tabel 4.46 Pekerjaan Dinding Beton Bertulang

Upah		
Pekerja	Koefisien	Satuan
Mandor	0,264	Orang Hari
Tukang	1,312	Orang Hari
Tukang	0,277	Orang Hari
Tukang	1,059	Orang Hari
Pembantu tukang	1,666	Orang Hari

Bahan		
Bahan	Koefisien	Satuan
Semen Portland 40 Kg	8,40	Zak
Pasir Cor	0,54	m ³
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	m ³
Besi Beton Polos	157,8	kg
Paku Usuk	3,20	kg
Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	2,8	Lembar
Kawat Beton	2,25	kg
Kayu Meranti Bekisting	0,24	m ³
Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,16	m ³
Minyak Bekisting	1,60	Liter

Tabel 4.47 Pekerjaan Plat Beton Bertulang

Pekerjaan beton K-225		
Pekerja/Bahan	Koefisien	Satuan
Mandor	0,028	Orang Hari
Tukang	0,277	Orang Hari
Pembantu tukang	1,665	Orang Hari
Semen PC 40 Kg	9,275	Zak
Pasir Cor	0,436	m ³
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,551	m ³
Biaya air	0,215	m ³
Pekerjaan pembesian dengan besi beton		
Pekerja/Bahan	Koefisien	Satuan
Mandor	0,0007057	Orang Hari
Tukang	0,0070626	Orang Hari
Pembantu tukang	0,0070674	Orang Hari
Besi beton polos	1,05	kg
Kawat beton	0,015	kg

Pekerjaan bekisting lantai		
Pekerja/Bahan	Koefisien	Satuan
Mandor	0,001	Orang Hari
Tukang	0,007	Orang Hari
Pembantu tukang	0,007	Orang Hari
Paku usuk	0,4	kg
Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	0,35	Lembar
Kayu Meranti Bekisting	0,04	m ³
Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,015	m ³
Minyak Bekisting	0,2	Liter

Tabel 4.48 Pengurangan Tanah Penutup

Upah		
Pekerja	Koefisien	Satuan
Mandor	0,3	Orang hari
Tukang	0,01	Orang hari
Bahan		
Tanah urug	1,2	m ³

Tabel 4.49 Pekerjaan Kolom Beton Bertulang

Upah		
Pekerja	Koefisien	Satuan
Mandor	0,267	Orang Hari
Tukang	1,311	Orang Hari
Tukang	0,277	Orang Hari
Tukang	1,059	Orang Hari
Pembantu tukang	0,007	Orang Hari

Bahan		
Bahan	Koefisien	Satuan
Semen PC 40 Kg	8,4	Zak
Pasir Cor	0,54	m ³
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	m ³
Besi Beton Polos	157,5	kg
Paku Usuk	3,2	kg
Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	2,8	Lembar
Kawat Beton	2,25	kg
Kayu Meranti Bekisting	0,32	m ³
Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,12	m ³
Minyak Bekisting	1,6	Liter

Tabel 4.50 Pekerjaan Sloof Beton Bertulang

Upah		
Pekerja	Koefisien	Satuan
Mandor	0,325	Orang Hari
Tukang	1,573	Orang Hari
Tukang	0,277	Orang Hari
Tukang	1,412	Orang Hari
Pembantu tukang	5,704	Orang Hari
Bahan		
Bahan	Koefisien	Satuan
Semen PC 40 Kg	8,4	Zak
Pasir Cor	0,54	m ³
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	m ³
Besi Beton Polos	210	kg
Paku Usuk	2	kg
Kawat Beton	3	kg
Kayu Meranti Bekisting	0,27	m ³
Minyak Bekisting	0,6	Liter

Berikut contoh perhitungan volume pekerjaan pada perencanaan pengembangan sumur pengumpul IPAL Sewon.

Diketahui:

Panjang unit = 10,32 m

Lebar unit = 5,16 m

Kedalaman unit = 3 m

Jumlah unit = 1

Tebal beton = 0,5 m

Pembersihan lahan

Pembersihan lahan = luas permukaan unit

= panjang x lebar

= 53,26 m²

Penggalian tanah

Penggalian tanah menggunakan rumus trapesium seperti berikut:

$$V \text{ galian} = \frac{A + B}{2} \times h \times p$$

(Persamaan 4-2)

Dimana:

A = lebar galian atas

B = lebar galian bawah

h = kedalaman galian = kedalaman unit

p = panjang galian = panjang unit

Penggalian direncanakan melebihi 2 m dari panjang dan lebar rencana unit tersebut. Hal ini diasumsikan agar tidak terjadi hal yang tak terduga, seperti jebolnya tanah.

Maka untuk sumur pengumpul:

Panjang saat penggalian = 10,32 m + 2 m = 12,32 m

Lebar saat penggalian = 5,16 m + 2 m = 7,16 m

Penggalian tanah = $\frac{7,16 \text{ m} - 5,16 \text{ m}}{2} \times 3 \text{ m} \times 12,32 \text{ m}$

= 36,96 m³

Pembangunan plat/lantai beton

Volume lantai beton = luas permukaan unit x tebal beton

= 53,26 m² x 0,5 m

= 26,63 m³

Pembangunan dinding beton

Volume dinding beton = luas permukaan dinding unit x tebal beton

= (2 x panjang x kedalaman x tebal

beton) + (2 x lebar x kedalaman x tebal

$$\begin{aligned}
& \text{beton)} \\
& = (2 \times 10,32 \times 3 \times 0,5) + (2 \times 5,16 \times 3 \times \\
& \quad 0,5) \text{ m}^3 \\
& = 27,87 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Pekerjaan kolom beton

Volume tiap kolom beton

$$\begin{aligned}
& = \text{tebal beton} \times \text{tebal beton} \times \text{kedalaman} \\
& = 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\
& = 0,75 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Pekerjaan sloof beton

Volume tiap sloof beton

$$\begin{aligned}
& = \text{tebal beton} \times \text{tebal beton} \times \text{keliling unit} \\
& = 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 30,96 \text{ m} \\
& = 7,74 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan seluruh volume kebutuhan dapat dilihat pada bagian Lampiran.

4.8 Perhitungan RAB

RAB merupakan akumulasi rencana anggaran biaya kebutuhan bahan atau alat yang dibutuhkan pada saat proses konstruksi perencanaan pengembangan IPAL Sewon. Nilai ini didasarkan pada perkalian antara kebutuhan dan harga satuan suatu barang atau jasa (Dirjen Cipta Karya, 2018). Berikut contoh perhitungan pada pekerjaan pembersihan lahan ringan.

Diketahui:

Koefisien pekerja:

$$\text{Mandor} = 0,0504 \text{ OH}$$

$$\text{Pembantu tukang} = 0,1009 \text{ OH}$$

$$\text{Volume pekerjaan} = 4681,41 \text{ m}^3$$

Harga satuan

$$\text{Mandor} = \text{Rp } 85.000,- / \text{m}^3 \text{ OH}$$

$$\text{Pembantu tukang} = \text{Rp } 60.000,- / \text{m}^3 \text{ OH}$$

Maka,

Biaya Mandor

Kebutuhan

$$\begin{aligned}
& = \text{Volume pekerjaan} \times \text{koefisien mandor} \\
& = 4681,41 \text{ m}^3 \times 0,0504 \text{ OH} \\
& = 235,94 \text{ m}^3 \text{ OH}
\end{aligned}$$

Biaya mandor = Kebutuhan x harga satuan mandor
 = $235,94 \text{ m}^3 \text{ OH} \times \text{Rp } 85.000,- / \text{m}^3 \text{ OH}$
 = Rp 20.055.190,-

Biaya pembantu tukang

Kebutuhan = Volume pekerjaan x koefisien pembantu tukang
 = $4681,41 \text{ m}^3 \times 0,1009 \text{ OH}$
 = $472,35 \text{ m}^3 \text{ OH}$

Biaya mandor = Kebutuhan x harga satuan mandor
 = $472,35 \text{ m}^3 \text{ OH} \times \text{Rp } 60.000,- / \text{m}^3 \text{ OH}$
 = Rp 28.341.297,-

Adapun rincian RAB pada proses konstruksi perencanaan pengembangan IPAL Sewon dapat dilihat di Lampiran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada perencanaan ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji laboratorium terkait effluen IPAL Sewon menunjukkan bahwa sistem yang terjadi pada IPAL masih berjalan dengan baik karena effluen yang diujikan masih dibawah baku mutu menurut PermenLHK no. 68 Tahun 2016. Sedangkan dalam aspek desain dan operasional, ada beberapa unit pada IPAL Sewon yang tidak berjalan dengan baik dan masih belum memenuhi kriteria desain.
2. Berdasarkan hasil perhitungan proyeksi debit dengan pendekatan proyeksi penduduk, IPAL Sewon saat ini masih bisa ditingkatkan kapasitas pengolahannya menjadi 28.761 m³/hari (diluar kapasitas eksisting, yakni 15.500 m³/hari) dengan menggunakan skema unit pengembangan baru, yakni sumur pengumpul, grit chambers, bak sedimentasi I, bak anoxic, bak aerasi, bak sedimentasi II, dan bak pengering lumpur yang membutuhkan total anggaran biaya sebesar Rp 5.957.000.000,-.

5.2 Saran

Adapun hal yang dapat disarankan pada perencanaan ini, antara lain:

1. Perlu dipertimbangkan jaringan sistem penyaluran air limbah (SPAL) terpusat yang melewati daerah-daerah yang direncanakan pada perencanaan ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ambat, R. T. dan Prasetyo, R. A. 2015. "Perancangan Bak Prasedimentasi". **Jurnal Potensi** 17 (1) : 23-19
- Ariani, N. 2011. Otomisasi IPAL Sistem Mobile di Baristand Industri Surabaya. **Jurnal Riset Industri** 5 (2) : 183-194
- Asadiya, A. dan Karnaningroem, N. 2018. Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit Arang Aktif. **Jurnal Teknik ITS** 7 (1) : 18-22
- Astria, F., Subito, M., Nugraha, D., Wiria. 2014. "Rancang Bangun Alat Ukur pH dan Suhu Berbasis Short Message Service (SMS) Gateway". **Jurnal Metrik** 1 (1) : 47-55
- Ayuningtyas, R. 2009. Proses Pengolahan Limbah Cair di RSUD Dr. Moewardi Surakarta. Laporan Khusus Universitas Sebelas Maret 2009. UNS: Surakarta
- Badan Pusat Statistik Yogyakarta. 2013. Provinsi D.I. Yogyakarta dalam Angka 2013. Yogyakarta: BPS
- Badan Pusat Statistik Yogyakarta. 2019. Provinsi D.I. Yogyakarta dalam Angka 2019. Yogyakarta: BPS
- Badan Pusat Statistik Yogyakarta. 2018. Statistik Air Bersih D.I. Yogyakarta Tahun 2018. Yogyakarta: BPS
- Baick, S.C., Gough, R.H., Adkinson, R.W. 1992. "Use of Three-Stage Aerated Lagoon System for Disposal of Dairy Plant Processing Waste". **Journal of Env Sci. Health** 27 (2): 329-346
- Balai PIALAM. 2013. Dokumen IPAL Sewon Tahun 2013. Yogyakarta: Balai PIALAM

- Balai PIALAM. 2017. Dokumen IPAL Sewon Tahun 2017. Yogyakarta: Balai PIALAM
- Balai PIALAM. 2019. Dokumen IPAL Sewon Tahun 2019. Yogyakarta: Balai PIALAM
- Direktorat Jendral Cipta Karya. 2018. Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Buku A-F. Jakarta: Kementerian PUPR
- Buth, J.M., Ross, M.R., McNeill, K., Arnold, W.A. 2011. "Removal and Formation of Chlorinated Triclosan Derivatives in Wastewater Treatment Plants Using Chlorine and UV Disinfection". **Elsevier Journal of Chemosphere** 84: 1238-1243
- Fatmawati, R., Masrevaniah, A., Solichinn, M. 2012. "Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowodengan Menggunakan Paket Program qual2kw". **Jurnal Teknik Pengairan** 3 (2) : 122-131
- Fatmawati, N.S., Hermana, J., Slamet, A. 2016. "Optimasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Magetan". **Jurnal Teknik ITS** 5 (2) : 79-85
- Firdaus, E. D., Marsono, B. D. 2019. Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur (IPLT) Kota Madiun. Surabaya: ITS
- Ghawi, G. A., dan Kris, J. 2011. "Improvement performance of Secondary Clarifier by a Computational Fluids Dynamic Model". **Journal of Slovak Civil Engineering** 19(4) : 1-11
- Hardiana, S. 2014. "Pengembangan Metode Analisis Parameter Minyak dan Lemak pada Contoh Uji Air". **Jurnal Teknologi** 1 (1) : 1-6

- Ismail, T. 2010. Perencanaan Desain Bak Pengendap II. Malang: Universitas Brawijaya
- Jimenez, J., Miller, M., Bott, C., Murthy, S., Clipperier, H., Wett, B. 2015. "High-Rate Activated Sludge System for Carbon Management Evaluation of Crucial Process Mechanisms and Design Parameters". **Water Research** 1-7
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. Peraturan Menteri No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Sekretariat Negara: Jakarta
- Kurniawan, A., Dewi, N. A. 2014. "Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Kota Bogor Menggunakan Air Hujan untuk Debit Penggelontoran". **J. Manusia dan Lingkungan** 22 (1) : 39-51
- Lestari, S. 2016. Keefektifan Penambahan Dosis Tawas dalam Menurunkan Kadar TSS pada Limbah Cair Rumah Makan. Artikel Penelitian Universitas Muhammadiyah Surakarta 2016. Surakarta: UMY
- Metcalf dan Eddy. 2014. Wastewater Engineering Treatment and Resources Recovery. New York: Mcgraw Hill Education
- Mataram I. M. 2010. "Desain Kontrol Aerator Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Dengan *Fuzzy Logic*". **Jurnal Teknologi Elektro** 9 (2) 132-142
- Mahvi, A. H. 2008. "Sequencing Batch Reactor A Promising Technology". **Iranian Journal of Env. Health and Science Eng.** 5(2) : 79-90
- Mohammad, H. 2019. "Evaluation of Wastewater Treatment Plant Operating Extended Aeration and Nutrients Removal". **Journal Waste Tech** 7(1) : 19-26
- Nurjanah, I.S., Slamet, A. 2019. Evaluasi Kinerja IPAL Komunal di Kabupaten Gresik. Surabaya: ITS

- Ningtyas, R. 2015. "Pengolahan Air Limbah dengan Proses Lumpur Aktif". **Jurnal Teknik Kimia** 1 (1): 1-11
- Oktarina, D., dan Haki, H. 2013. "Perencanaan IPLT Sistem Kolam Kota Palembang". **Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan** 1 (1) : 74-79
- Parkson Corporation. 2011. Extended Aeration Treatment System. Artikel Water Today. Chennai: Fullide
- Paul, J., dan Eldredge, M. 2000. Wastewater Technology Fact Sheet Oxidation Ditch. Washington: US EPA
- Pemerintah Kabupaten Bantul. 2019. Peraturan Bupati No. 131 Tahun 2019 Tentang Standarisasi Harga Pokok Pekerjaan. Sekretariat Kabupaten: Bantul
- Pemerintah Provinsi DIY. 2013. Peraturan Daerah DIY No. 2 Tahun 2013 Tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik. Sekretariat Provinsi: Yogyakarta
- Pemerintah Provinsi DIY. 2013. Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Yogyakarta: Sekretariat Provinsi
- Peitz, C., Xavier, C.R. 2019. "Evaluation of Aerated Lagoon Modified with Spongy Support Medium Treating Kraft Pulp Mill Effluent". **Spanish Redin Journal of Tech.** 92: 70-79
- Prameswari, R.A., dan Purnomo, A. 2014. "Perencanaan Pelayanan Air Limbah Komunal di Desa Krasak Kecamatan Jatibarang Kota Indramayu. **Jurnal Teknik POMITS** 3 (2) : 81-84
- Purwanta, J. 2013. Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup di IPAL Sewon Melalui Kajian Biaya Pemantauan dan Pengendalian Kualitas Air dan Lingkungan Sistem

- Jaringan Limbah. Prosiding Konferensi Teknik Industri (IEC) 2013. Yogyakarta: UPNV Yogyakarta
- Purwatiningrum, O. 2018. "Gambaran IPAL Domestik Komunal di Kelurahan Simokerto, Surabaya. **Jurnal Kesehatan Lingkungan** 10 (2) : 243-253
- Purwita, L.D., dan Soewondo, P. 2010. "Penyisihan Senyawa Organik Biowaste Fraksi Cair Menggunakan Sequencing Batch Reactor Anaerob". **Jurnal Tek. Ling.** 16 (2): 138-149
- Qasim, S. 1998. Wastewater treatment plants: planning, design, and operation. CRC Press: Boca Raton
- Retnosari, A., dan Shovitri, M. 2013. "Kemampuan Isolat *Bacillus* sp. dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik". **Jurnal Sains dan Seni POMITS** 2 (1) : 7-11
- Republik Indonesia. 2009. Undang-Undang Republik Indonesia No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Sekretariat Negara: Jakarta
- Reynold, T. D., dan Richards, P. A. 1996. *Unit Operations And Processes In Environmental Engineering*. Boston: PWS Publishing Company
- Rini, T. 2018. Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah Domestik. Surabaya: Penebar Media Pustaka
- Rizkiyanti, D. dan Alfiah, T. 2018. Kinerja Trickling Filter untuk Mengolah Limbah Cair Katering dengan Variasi Media Bioball dan Batu Apung ditinjau dari Parameter BOD dan COD. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI 2018. ITATS: Surabaya

- Rosidi, M. dan Razif, M. 2017. "Perencanaan Instalasi Air Limbah Domestik Industri Kertas Halus". **Jurnal Teknik ITS** 6(1) : 40-43
- Said. 2008. Buku Pengolahan Limbah Domestik DKI Jakarta. Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum
- Samina., Setiani, O., Purwanto. 2013. "Efektivitas IPAL Domestik di Kota Cirebon terhadap Penurunan Pencemar Organik dan *e-coli*". **Jurnal Ilmu Lingkungan** 11 (1) : 36-42
- Setiawati, R. 2016. "Perencanaan IPAL Domestik di Kecamatan Simokerto Kota Surabaya". **Jurnal Teknik ITS** 5 (2) : 42-46
- Setianingsih, N. I., Djarwanti., Romadhon, M. S. 2016. "Perencanaan Bak Pengendap pada Sistem Lumpur Aktif Industri Biskuit dengan Metode Grafis". **JRTTPI** 7(2) : 99-104
- Sitorus, B. 2011. "Perencanaan Fasilitas Penyaring Sampah Unit Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum PT Tirta Cisadane Serpong". **Jurnal Fakultas Teknik** 7(1): 25-36
- Suheri, A., Kusmana, C., Purwanto, M., Setiawan, Y. 2019. "Model Prediksi Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Jumlah Penduduk di Kawasan Perkotaan Sentul City". **JSIL** 4 (3): 207-218
- Susanthi, D., Purwanto, M., Suprihatin. 2018. "Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor". **Jurnal Teknologi Lingkungan** 19 (2) : 229-238
- Triyono, A. 2015. Kajian Immobilisasi Logam Berat pada Lumpur IPAL Sewon dan Potensi Pemanfaatannya sebagai Material Bangunan. Prosiding Universitas Gadjah Mada 2015. Yogyakarta: UGM

- Water Environment Federation. 2017. Liquid Stream Fundamentals: Sedimentation. Virginia: WEF
- Widayani, P. 2016. "Pemanfaatan Citra Worldview-2 untuk Analisis Kepadatan Penduduk dan Proyeksi Kebutuhan Pemukiman di Kota Magelang Tahun 2012-2022". **Jurnal IPTEK Pertanahan** 6(2): 39-54
- Widayat, W., Suprihatin., Herlambang, A. 2010. "Penyisihan Amonia dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku PDAM-IPA Bojong Renged dengan Proses Biofiltrasi menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon". **Jurnal Ahli Lingkungan** 6(1): 64-76
- Yanita, F., Haji, A., Suharto, B. 2016. "Evaluasi Kinerja IPAL PT SIER-PIER". **J. SDA Lingkungan** 1 (2): 18-26

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN

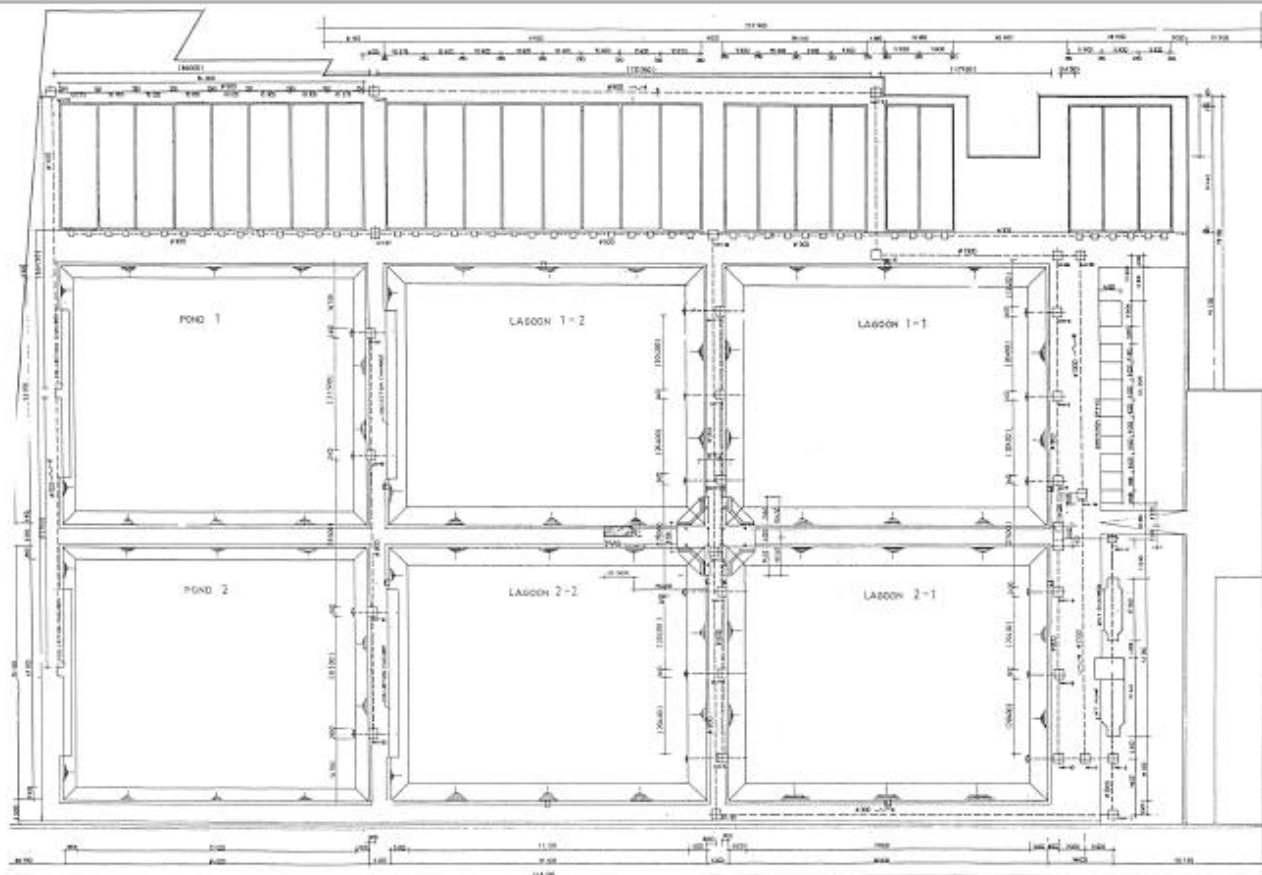




LAMPIRAN 1

AS BUILT DRAWING
EKSISTING IPAL SEWON





GENERAL LAYOUT PLAN

AS - BUILT DRAWING



THE REPUBLIC OF INDONESIA
 MINISTRY OF PUBLIC WORKS,
 URBAN PLANNING AND CONSTRUCTION
 GENERAL DIRECTORATE OF
 URBAN SETTLEMENTS
 SOUTH AREA



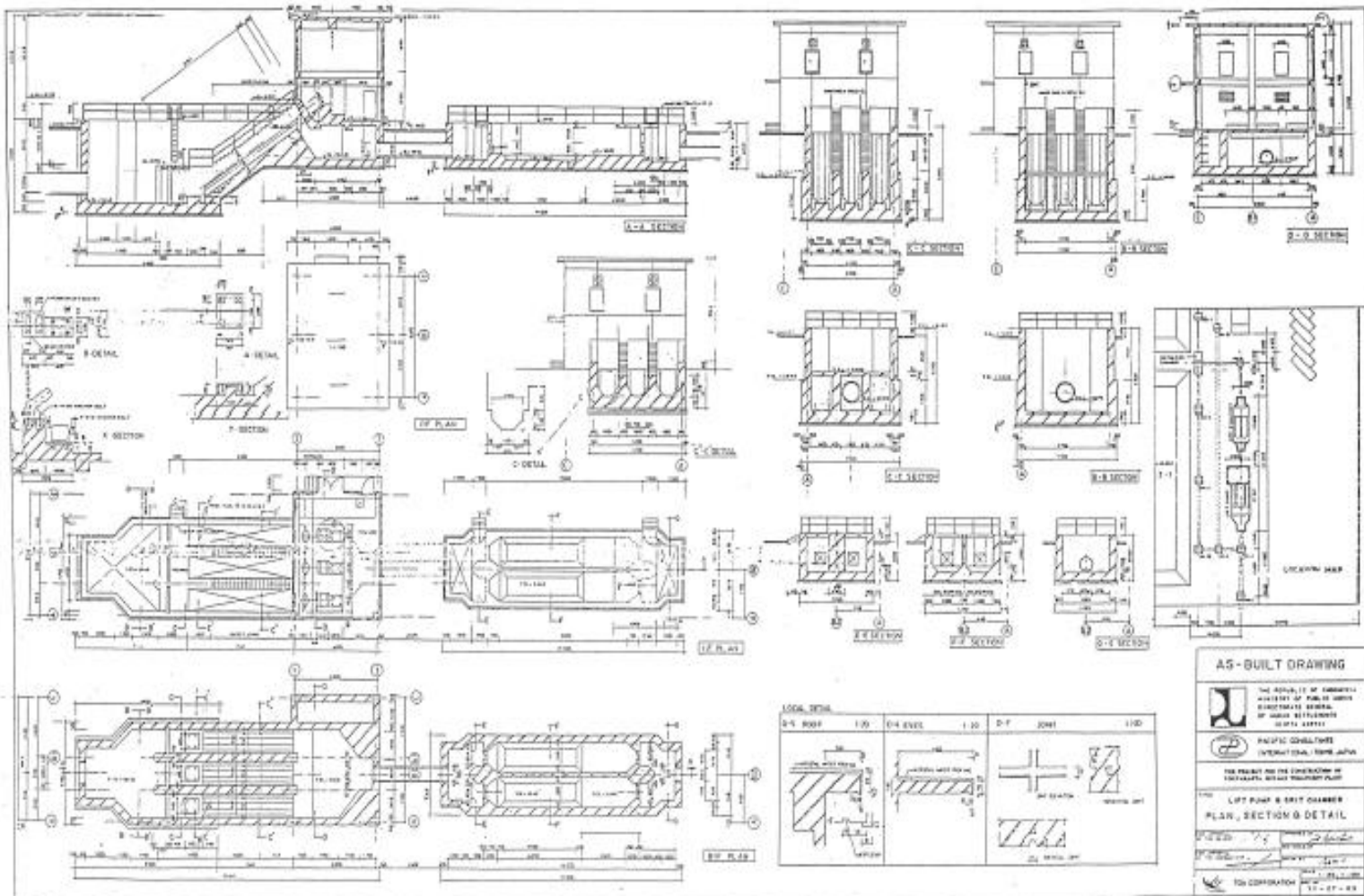
PT. KAWA CONSULTING
 INTERNATIONAL - SOUTH AREA

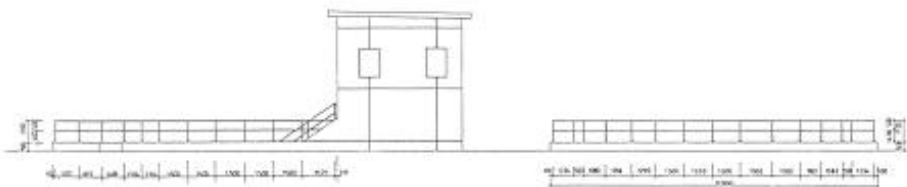
FOR PREPARE FOR THE CONSTRUCTION OF
 THE FACILITY SERVICE TREATMENT PLANT

7718

GENERAL LAYOUT PLAN

DESIGNED BY <i>[Signature]</i>	CHECKED BY <i>[Signature]</i>
DATE 11/2018	SCALE 1:500
TOA CORPORATION (P) NO. 11 VE - CT - 01	





NORTH ELEVATION
SCALE 1/4" = 1'-0"

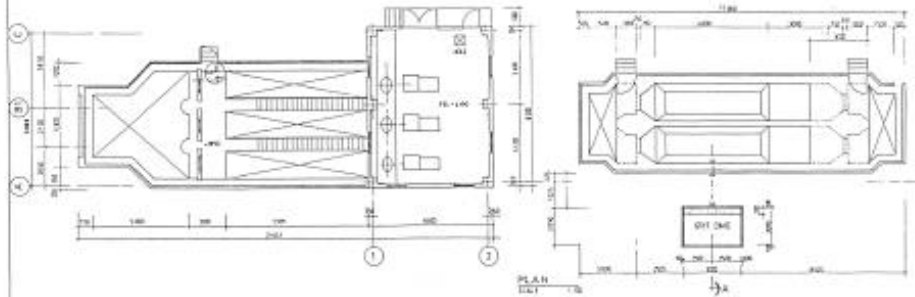
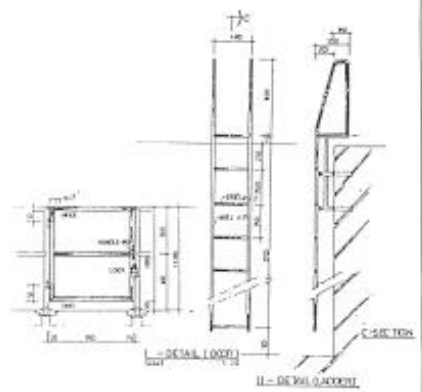


EAST ELEVATION
SCALE 1/4" = 1'-0"

WEST ELEVATION
SCALE 1/4" = 1'-0"



SOUTH ELEVATION
SCALE 1/4" = 1'-0"

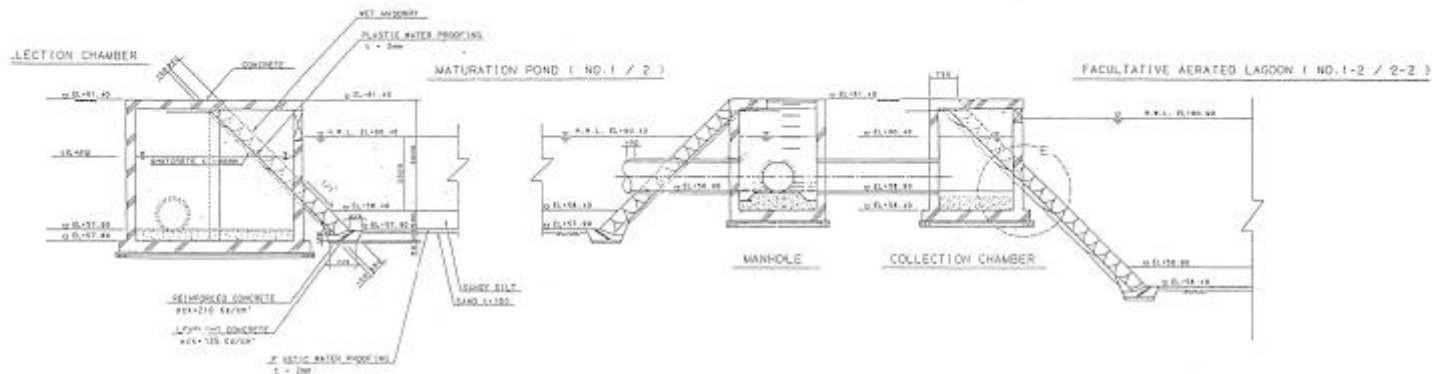


PLAN
SCALE 1/4" = 1'-0"

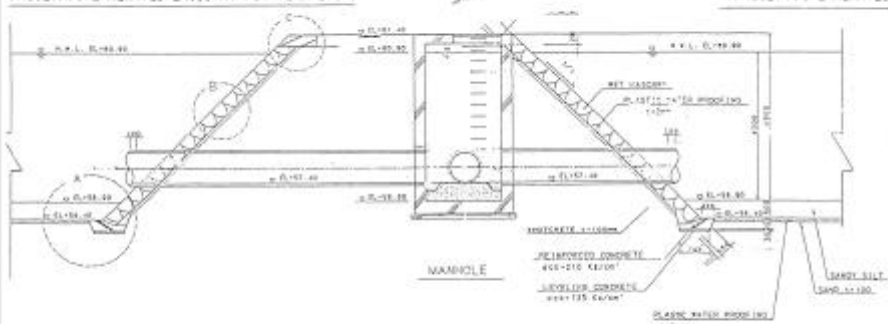
A - SECTION GRIST DIKE
SCALE 1/4" = 1'-0"

AS - BUILT DRAWING	
THE REPUBLIC OF INDONESIA MINISTRY OF PUBLIC WORKS NATIONAL OFFICE OF URBAN PLANNING AND CONSTRUCTION (DPRD)	
PT. TOA CORPORATION JAWA BARU - INDONESIA	
THE PROJECT FOR THE CONSTRUCTION OF SUCABANGSARANG WASTEWATER TREATMENT PLANT	
TITLE LIFT PUMP & GRIST CHAMBER ELEVATION, HAND BAILING - DETAIL GRIST DIKE	
PREPARED BY: <i>[Signature]</i> CHECKED BY: <i>[Signature]</i> DATE: 11/11/2018	APPROVED BY: <i>[Signature]</i> DATE: 11/11/2018

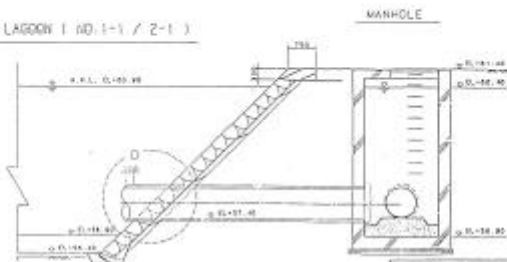
SECTION VIEW OF LAGOON / POND



FACULTATIVE AERATED LAGOON (NO.1-2 / 2-2)



FACULTATIVE AERATED LAGOON (NO.1-1 / 2-1)



MANHOLE



AS - BUILT DRAWING



THE REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF PUBLIC WORKS
DIRECTORATE GENERAL
OF URBAN SETTLEMENTS
(CITY PLANNING)



PACIFIC CONSULTANTS
INTERNATIONAL-TOKYO, JAPAN

THIS PROJECT WAS THE CONTRIBUTION OF
INDONESIA IN AID TREATMENT PLANT

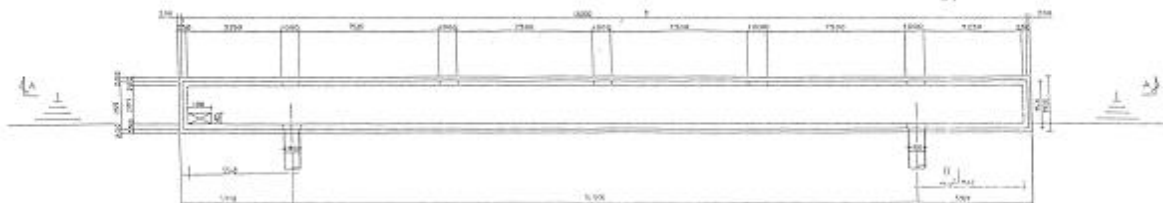
10/4

SECTION VIEW OF LAGOON/POND

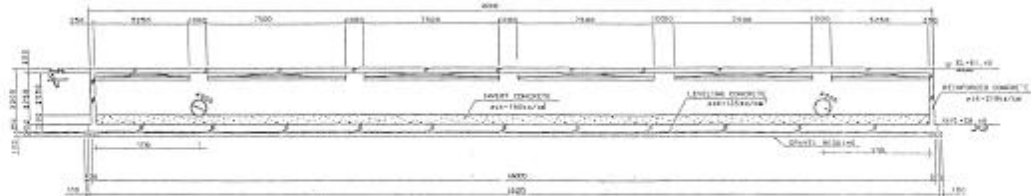
DESIGNED BY	APPROVED BY
DRAWN BY	CHECKED BY
SCALE	DATE
TOKYO CORPORATION	11-90
	TY-CF-16

COLLECTION CHAMBER FOR LAGOON 1-2

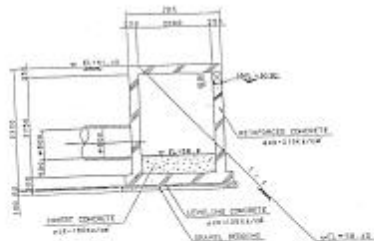
SCALE 1/20



A-A SECTION



B-B SECTION



AS - BUILT DRAWING



THE REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF PUBLIC WORKS,
URBANIZATION AND
HUMAN SETTLEMENTS
(KORPRI) (KORPRI)



PT. TIGA SAKTI
INDONESIA (PT. TIGA SAKTI)

THIS AS-BUILT FOR THE CONSTRUCTION OF

COLLECTION CHAMBER FOR LAGOON 1 - 2
(1 2 3)

DATE OF WORK

BY THE ARCHITECT

DATE OF WORK

APPROVED BY

DATE

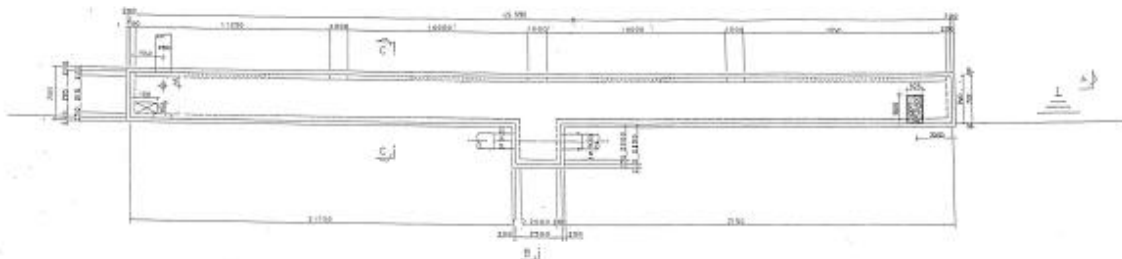
DATE

PT. TIGA SAKTI

PT. TIGA SAKTI

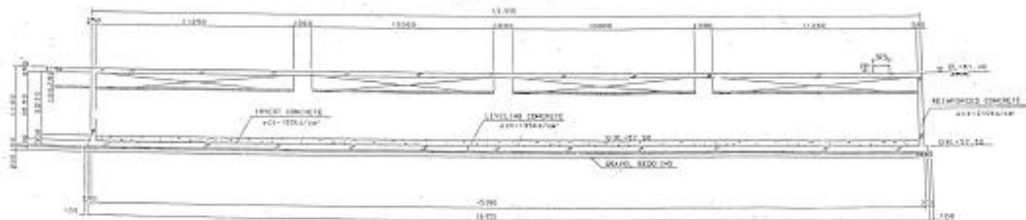
COLLECTION CHAMBER FOR POND 1

SCALE



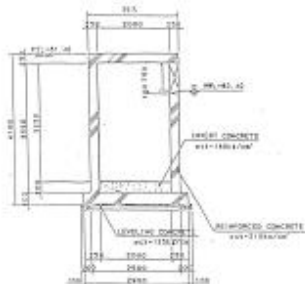
A-A SECTION

SCALE



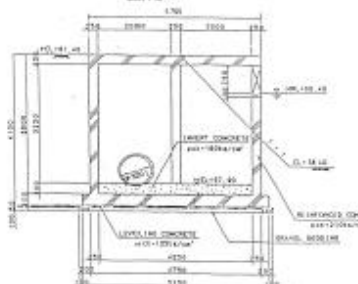
C-C SECTION

SCALE



B-B SECTION

SCALE



AS - BUILT DRAWING



THE REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF PUBLIC WORKS
AND INFRASTRUCTURE
GENERAL DIRECTORATE OF
WATER UTILIZATION
(DPA. KASAB)



PACIFIC CONSULTANTS
INTERNATIONAL (KCPD, JAPAN)

THIS PROJECT FOR THE CONSULTATION OF
INDONESIA WATER TREATMENT PLANT

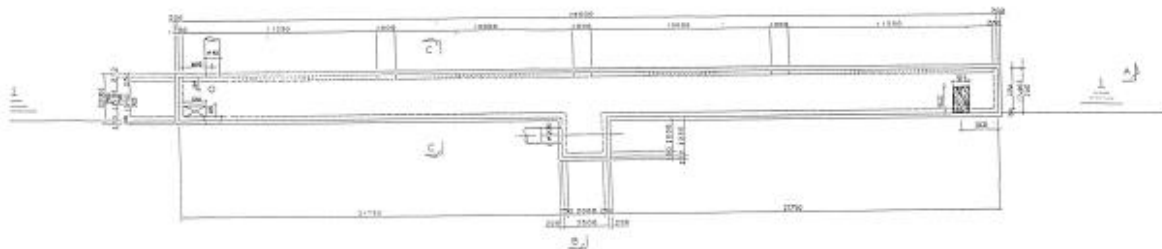
1154
COLLECTION CHAMBER FOR POND 1
1 / 1 / 1

DATE OF APPROVAL
BY THE CLIENT
DATE OF APPROVAL
BY THE CONSULTANT

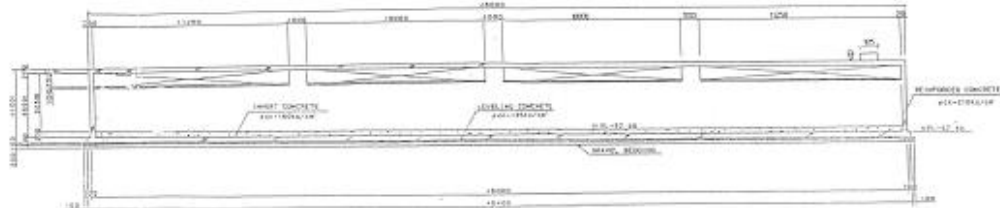
FOR CORPORATION

COLLECTION CHAMBER FOR POND 2

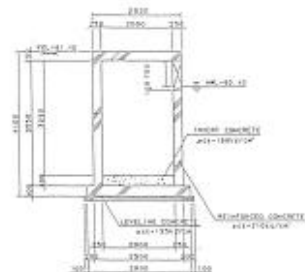
PLAN
B1



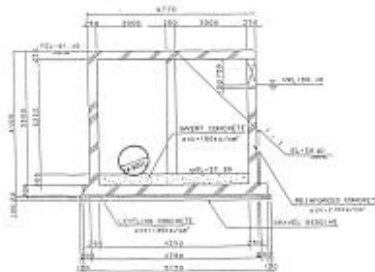
A-A SECTION



C-C SECTION



B-B SECTION



AS - BUILT DRAWING



THE STATE OF HAWAII
DEPARTMENT OF PUBLIC WORKS
OFFICE OF WATER RESOURCES
1220A KAPIUNANI



PACIFIC CONSULTANTS
INTERNATIONAL, TOKYO, JAPAN

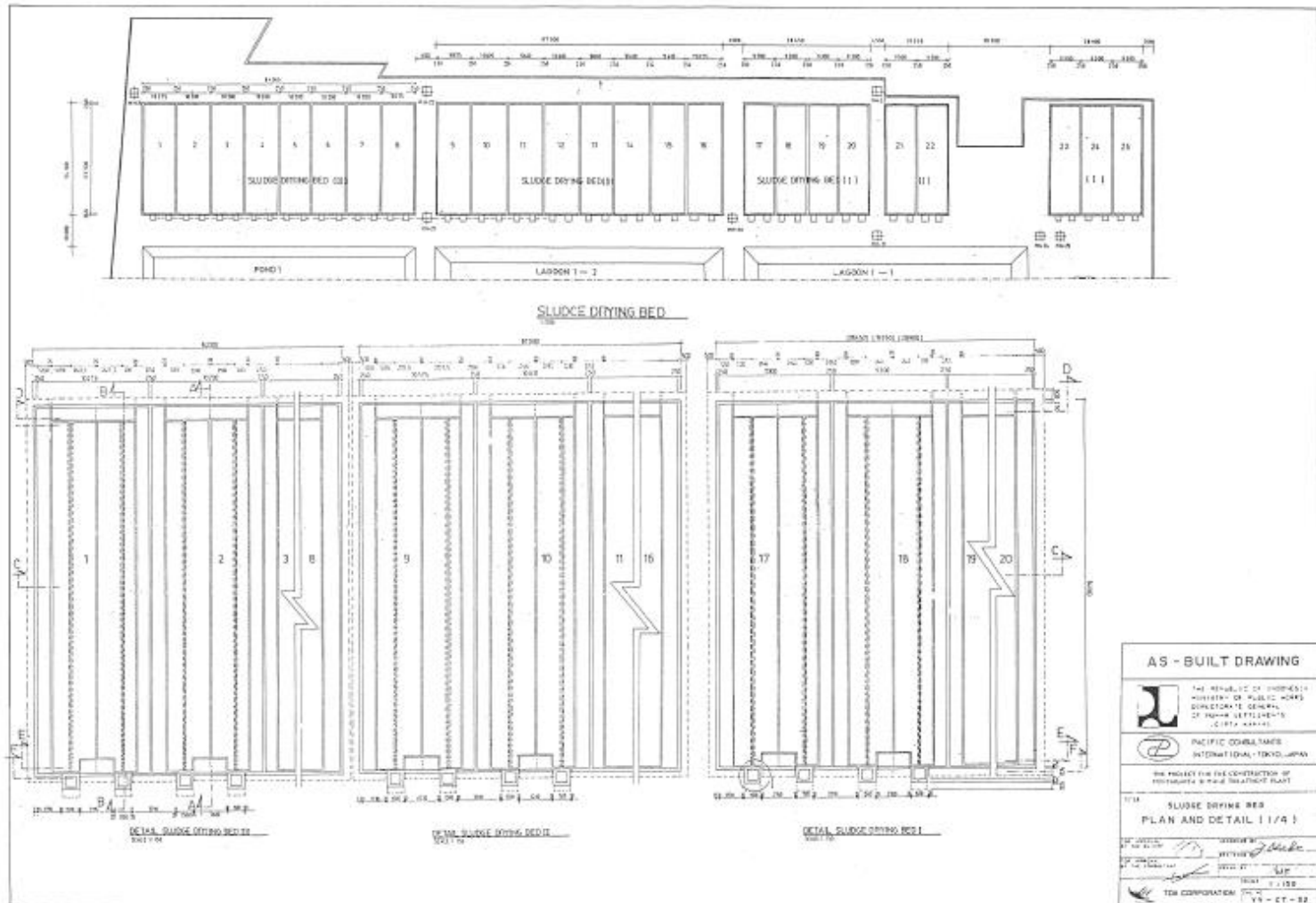
BE SUBJECT FOR THE CONSTRUCTION OF
POLYMERASE LIGASE TREATMENT PLANT

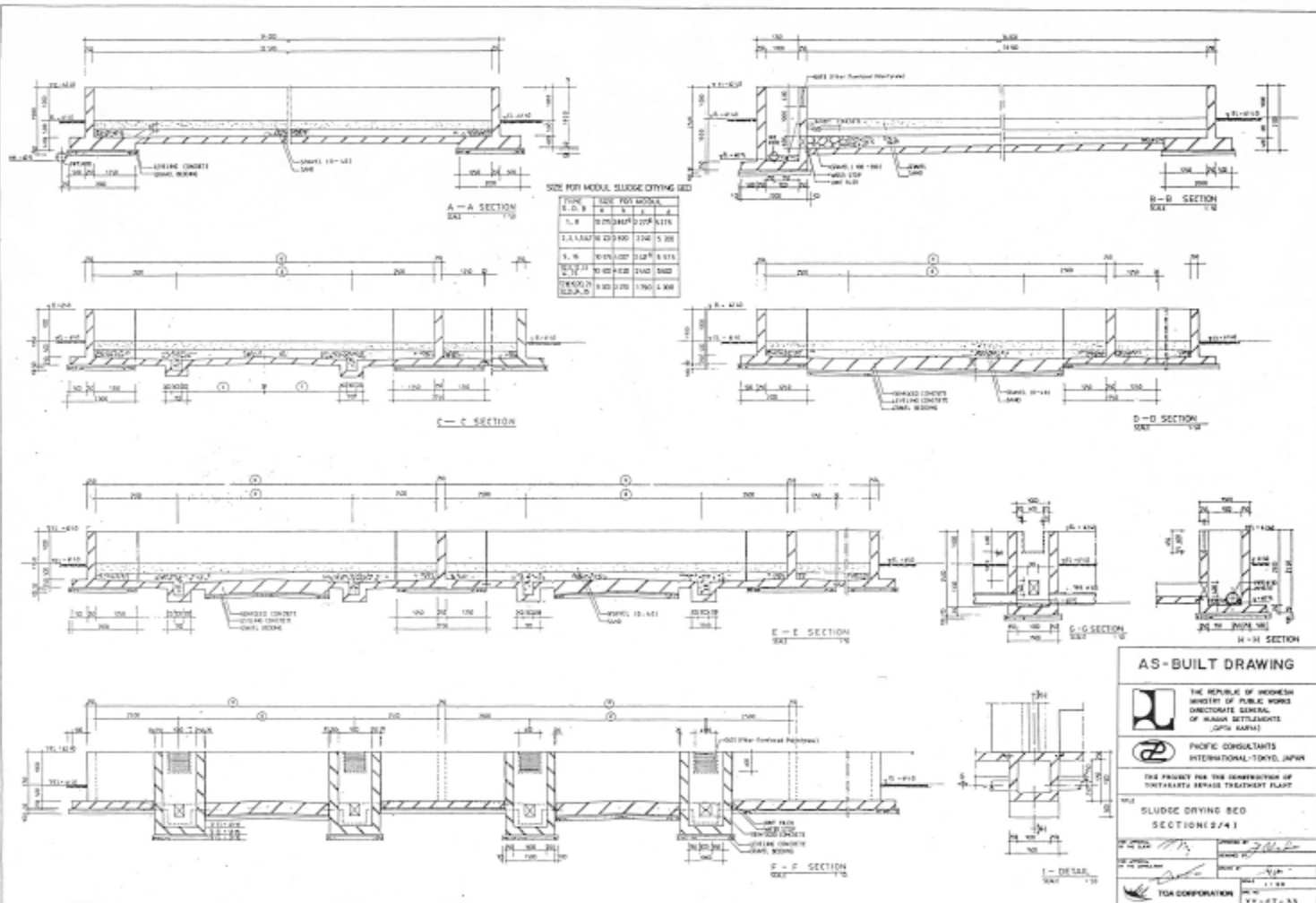
COLLECTION CHAMBER FOR POND 2
(2 / 5)

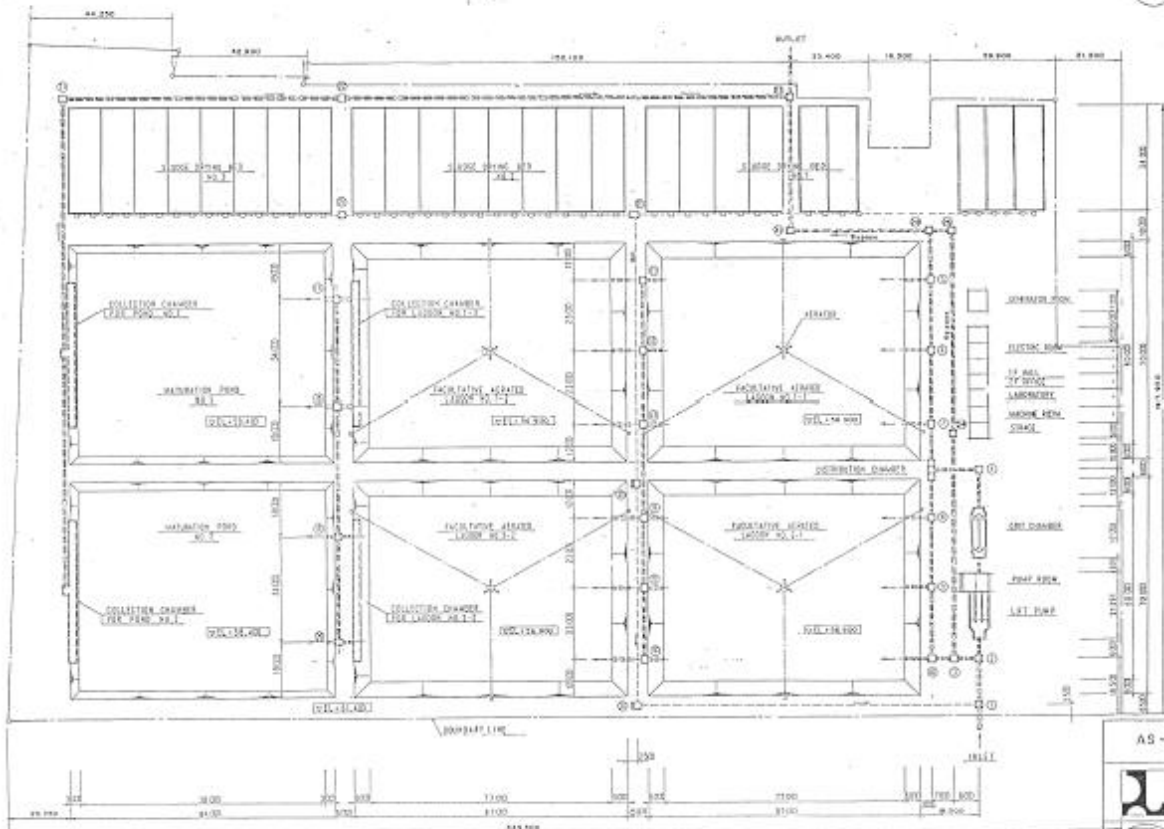
DATE: 11/11/00	DESIGNER: J. M. ...
BY: M. ...	CHECKED: J. M. ...
SCALE: 1" = 10'-0"	DATE: 11/11/00
PROJECT: TOW CORPORATION	NO. OF SHEETS: 25



TOW CORPORATION
NO. OF SHEETS: 25
PROJECT: TOW CORPORATION







AS - BUILT DRAWING



THE REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF PUBLIC WORKS
DIRECTORATE GENERAL
OF WORK SETTLEMENTS
(CIRTA BUREAU)



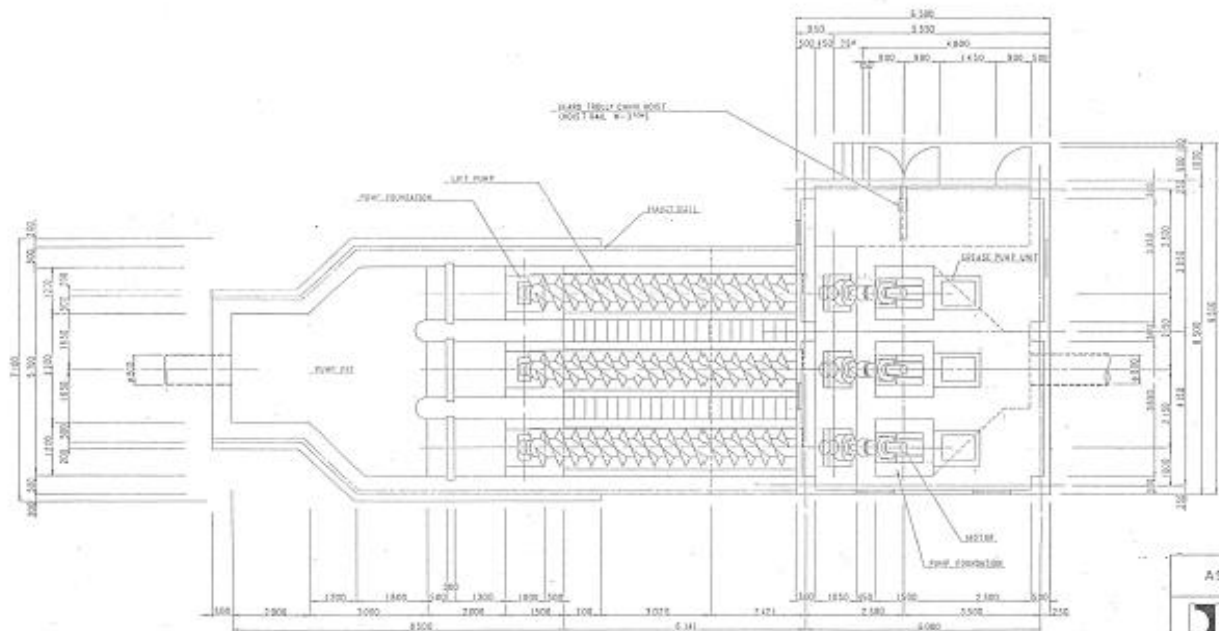
PACIFIC CONSULTANTS
INTERNATIONAL - TOKYO, JAPAN

THE PROJECT FOR THE CONSTRUCTION OF
SOURABAYA SEWER TREATMENT PLANT

1152

GENERAL LAYOUT PLAN (1/10)

DESIGNED BY <i>[Signature]</i>	CHECKED BY <i>[Signature]</i>
DATE 1971.11.02	SCALE 1/10
PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL - TOKYO, JAPAN	



AS - BUILT DRAWING



THE REPUBLIC OF MYANMAR
 MINISTRY OF PUBLIC WORKS
 DIRECTORATE GENERAL
 OF URBAN SETTLEMENTS
 (DGP, KARVA)



PACIFIC CONSULTANTS
 INTERNATIONAL - (PACI, JAPAN)

THE PROJECT FOR THE CONSTRUCTION OF
 YOKARATHI SEWAGE TREATMENT PLANT

SIZE

LIFT SHAFT AND PUMP ROOM (1/25)

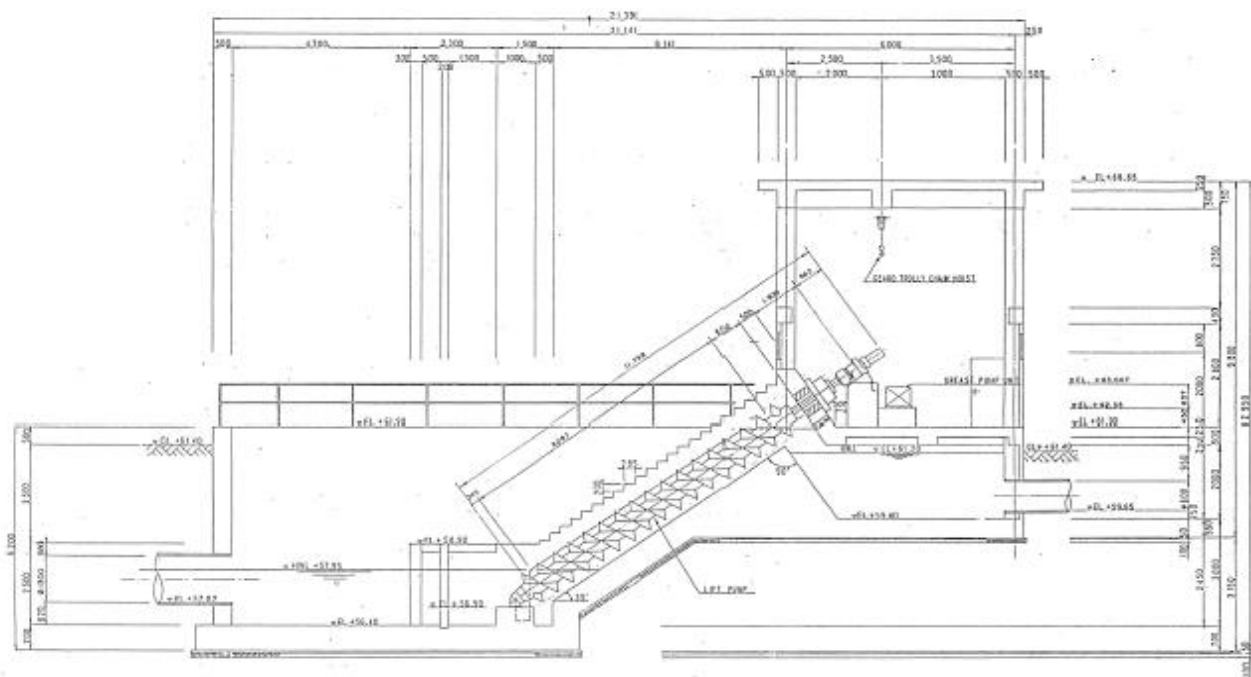
DATE: 11/21
 DRAWN BY: [Signature]
 CHECKED BY: [Signature]
 APPROVED BY: [Signature]

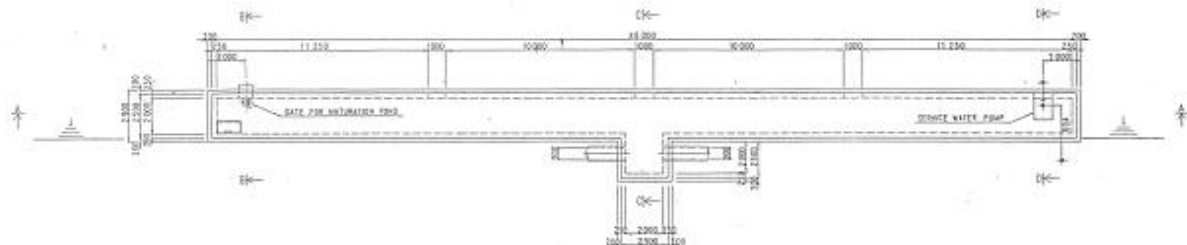
DATE: 11/21
 DRAWN BY: [Signature]
 CHECKED BY: [Signature]
 APPROVED BY: [Signature]



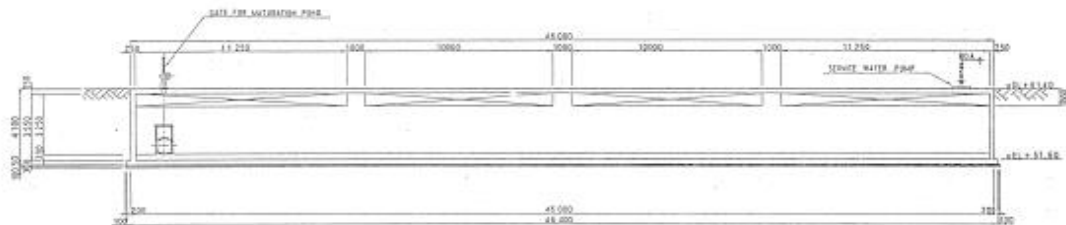
TKC CORPORATION

NO. 1250
 11/21

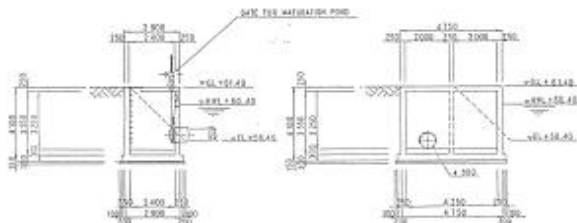




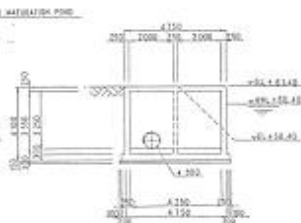
PLAN



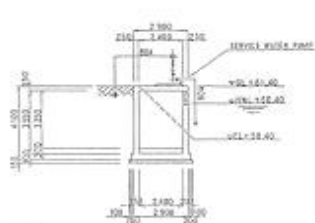
A-A SECTION



B-B SECTION



C-C SECTION



D-D SECTION

AS-BUILT DRAWING



THE REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF PUBLIC WORKS
DIRECTORATE GENERAL
OF PUBLIC BUILDINGS
JEMBER KAMATI



PACIFIC CONSULTANTS
INTERNATIONAL - TOKYO, JAPAN

FOR PROJECT FOR THE CONSTRUCTION OF
THE PANGRAN BIPULI WASTEWATER TREATMENT PLANT

TYPE
COLLECTION CHAMBER
FOR MATURATION POND

DATE APPROVED BY THE CLIENT	APPROVED BY
DATE APPROVED BY THE OWNER	DATE
BY	BY
NO. 1110	NO. 1110
YDA CORPORATION	YDA CORPORATION



LAMPIRAN 2
DOKUMENTASI
KEGIATAN SAMPLING
DAN SURVEY
LAPANGAN





(a)



(b)



(c)



(d)

Keterangan:

Gambar (a) Kegiatan sampling pada sumur pengumpul

Gambar (b) Kegiatan sampling pada outlet Kolam Fakultatif
Laguna Aerasi

Gambar (c) Kegiatan sampling pada outlet IPAL

Gambar (d) Perbaikan manhole di jalan raya



(e)



(f)



(g)



(h)

Keterangan:

Gambar (e) Unit pompa eksisting IPAL

Gambar (f) Unit grit chambers eksisting IPAL

Gambar (g) Area IPAL

Gambar (h) Unit SDB eksisting



LAMPIRAN 3

HASIL LABORATORIUM

KUALITAS AIR LIMBAH

IPAL SEWON



Pengujian Instalasi Laboratorium Fisika Kimia Air

No Contoh Uji : 2020-01049-K
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 16-03-2020
 Uraian :
 2020-01049-K : Contoh uji limbah cair Sumur Pengumpul IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	pH*	-	7,3	6,0 - 9,0	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD*	mg/L	74,5	30	SNI 6989.72-2009
3	COD*	mg/L	142	100	SNI 6989.2-2009
4	Amonia	mg/L	13,5975	10	SNI 06-6989.30-2005
5	TSS	mg/L	103	30	In House Methode

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : BM Air Limbah Domestik (Per MenLH dan Kehutanan No. : P 68/Menlhk/Setjend/Kum.1/8/2016)

Contoh Uji tidak diawetkan.

pH melebihi waktu simpan sehingga tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 16-03-2020
 Kepala Instalasi Laboratorium
 Fisika Kimia Air

(Kristina Eri Faryanti S.Si)
 NIP : 196908201992032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Fisika Kimia Air

No Contoh Uji : 2020-01050-K
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 16-03-2020
 Uraian :
 2020-01050-K : Contoh uji limbah cair Inlet Grit Chambers IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	pH*	-	7,3	6,0 - 9,0	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD*	mg/L	54,8	30	SNI 6989.72-2009
3	COD*	mg/L	129,5	100	SNI 6989.2-2009
4	Amonia	mg/L	13,39	10	SNI 06-6989.30-2005
5	TSS	mg/L	91	30	In House Methode

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : Baku Air Limbah Domestik (Per MenLH dan Kehutanan No. : P 68/Menlhk/Setjend/Kum.1/8/2016)

:
 Contoh Uji tidak diawetkan pH melebihi waktu simpan sehingga tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 16-03-2020
 Kepala Instalasi Laboratorium
 Fisika Kimia Air

(Kristina Eri Faryanti S.Si)
 NIP : 196908201992032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Fisika Kimia Air

No Contoh Uji : 2020-01051-K
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 25-02-2020 s/d 16-03-2020
 Uraian :
 2020-01051-K : Contoh uji limbah cair Outlet Grit Chambers IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	pH*	-	7,3	6,0 - 9,0	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD*	mg/L	48,5	30	SNI 6989.72-2009
3	COD*	mg/L	122	100	SNI 6989.2-2009
4	Amonia	mg/L	10,8	10	SNI 06-6989.30-2005
5	TSS	mg/L	71	30	In House Methode

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : BM Air Limbah Domestik (Per MenLH dan Kesehatan No. : P 68/Menlhk/Setjend/Kum.1/8/2016)

Contoh Uji tidak diawetkan.

pH melebihi waktu simpan sehingga tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 16-03-2020
 Kepala Instalasi Laboratorium
 Fisika Kimia Air

(Kristina Eri Faryanti S.Si)
 NIP : 196908201992032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Fisika Kimia Air

No Contoh Uji : 2020-01052-K
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 16-03-2020
 Uraian :
 2020-01052-K : Contoh uji limbah cair Outlet FAL 1 A IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	pH*	-	7,4	6,0 - 9,0	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD*	mg/L	18,8	30	SNI 6989.72-2009
3	COD*	mg/L	34,9	100	SNI 6989.2-2009
4	Amonia	mg/L	10,8062	10	SNI 06-6989.30-2005
5	TSS	mg/L	14	30	In House Methode

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : BM Air Limbah Domestik (Per MenLH dan Kehutanan No. : P 68/Menlhk/Setjend/Kum.1/8/2016)

:
 Contoh Uji tidak diawetkan pH melebihi waktu simpan sehingga tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 16-03-2020
 Kepala Instalasi Laboratorium
 Fisika Kimia Air

(Kristina Eri Faryanti S.Si)
 NIP : 196908201992032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Fisika Kimia Air

No Contoh Uji : 2020-01053-K
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 16-03-2020
 Uraian :
 2020-01053-K : Contoh uji limbah cair Outlet FAL 1 B IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	pH*	-	7,6	6,0 - 9,0	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD*	mg/L	10,5	30	SNI 6989.72-2009
3	COD*	mg/L	53,4	100	SNI 6989.2-2009
4	Amonia	mg/L	9,0118	10	SNI 06-6989.30-2005
5	TSS	mg/L	15	30	In House Methode

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**): BM Air Limbah Domestik (Per MenLH dan Kehutanan No. : P 68/Menlhk/Setjend/Kum.1/8/2016)

:

Contoh Uji tidak diawetkan pH melebihi waktu simpan sehingga tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 16-03-2020
 Kepala Instalasi Laboratorium
 Fisika Kimia Air

(Kristina Eri Faryanti S.Si)
 NIP : 196908201992032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Fisika Kimia Air

No Contoh Uji : 2020-01054-K
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 16-03-2020
 Uraian :
 2020-01054-K : Contoh uji limbah cair Outlet FAL 2 A IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	pH*	-	7,6	6,0 - 9,0	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD*	mg/L	14,1	30	SNI 6989.72-2009
3	COD*	mg/L	34,2	100	SNI 6989.2-2009
4	Amonia	mg/L	8,1	10	SNI 06-6989.30-2005
5	TSS	mg/L	10	30	In House Methode

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**): BM Air Limbah Domestik (Per MenLH dan Kehutanan No. : P 68/Menlhk/Setjend/Kum.1/8/2016)

Contoh Uji tidak diawetkan.

pH melebihi waktu simpan sehingga tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 16-03-2020
 Kepala Instalasi Laboratorium
 Fisika Kimia Air

(Kristina Eri Faryanti S.Si)
 NIP : 198908201992032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Fisika Kimia Air

No Contoh Uji : 2020-01055-K
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 16-03-2020
 Uraian :
 2020-01055-K : Contoh uji limbah cair Outlet FAL 2 B IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	pH*	-	7,7	6,0 - 9,0	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD*	mg/L	20,9	30	SNI 6989.72-2009
3	COD*	mg/L	34,9	100	SNI 6989.2-2009
4	Amonia	mg/L	8,0947	10	SNI 06-6989.30-2005
5	TSS	mg/L	16	30	In House Methode

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : BM Air Limbah Domestik (Per MenLH dan Kehutanan No. : P 68/Menlhk/Setjend/Kum.1/8/2016)

Contoh Uji tidak diawetkan.

pH melebihi waktu simpan sehingga tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu

- Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 16-03-2020
 Kepala Instalasi Laboratorium
 Fisika Kimia Air

(Kristina Eri Faryanti S.Si)
 NIP : 196908201992032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Fisika Kimia Air

No Contoh Uji	: 2020-01056-K
Jenis Contoh Uji	: Limbah Cair
Asal Contoh Uji	: Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
Pengambil contoh uji	: Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
Tgl. diambil/diterima	: 24-02-2020 / 24-02-2020
Tgl. Pengujian	: 24-02-2020 s/d 16-03-2020
Uraian	:
2020-01056-K	: Contoh uji limbah cair Outlet Kolam Maturasi IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	pH*	-	7,7	8,0 - 9,0	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD*	mg/L	12,6	30	SNI 6989.72-2009
3	COD*	mg/L	38	100	SNI 6989.2-2009
4	Amonia	mg/L	2,79	10	SNI 06-6989.30-2005
5	TSS	mg/L	17	30	In House Methode

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : BM Air Limbah Domestik (Per MenLH dan Kehutanan No. : P 68/Menhk/Setjend/Kum.1/8/2016)

: Contoh Uji tidak diawetkan.

pH melebihi waktu simpan sehingga tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu

- Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 16-03-2020
Kepala Instalasi Laboratorium
Fisika Kimia Air

(Kristina Eri Faryanti S.Si)
NIP : 196908201992032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji : 2020-00530-B
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 28-02-2020
 Waktu Pengambilan / Pengujian : 09:00 / 13:45
 Uraian :
 2020-00530-B : Contoh uji limbah cair Sumur Pengumpul IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	Total Coliform*	Jumlah/100 mL	240.10 ⁴	3000	APHA 2012 Section 9221-B

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : Air Limbah Domestik (PerMenLHK no 68/Menlhk/2016)

- Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 10-03-2020
 Kepala Instalasi
 Laboratorium Biologi Lingkungan

(Anies Mulyani SKM, M.Sc)
 NIP : 196809151988032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji : 2020-00530-B
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 28-02-2020
 Waktu Pengambilan / Pengujian : 09:00 / 13:45
 Uraian :
 2020-00530-B : Contoh uji limbah cair Sumur Pengumpul IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	Total Coliform*	Jumlah/100 mL	240.10 ⁴	3000	APHA 2012 Section 9221-B

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : Air Limbah Domestik (PerMenLHK no 68/Menlhk/2016)

- Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 10-03-2020
 Kepala Instalasi
 Laboratorium Biologi Lingkungan

(Anies Mulyani SKM, M.Sc)
 NIP : 196809151988032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji : 2020-00531-B
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 28-02-2020
 Waktu Pengambilan / Pengujian : 09:15 / 14:00
 Uraian :
 2020-00531-B : Contoh uji limbah cair Inlet Grit Chambers IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	Total Coliform*	Jumlah/100 mL	170.10 ⁴	3000	APHA 2012 Section 9221-B

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**): Air Limbah Domestik (PerMenLHK no 68/Menlhk/2016)

- Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 10-03-2020
 Kepala Instalasi
 Laboratorium Biologi Lingkungan

(Anies Mulyani SKM, M.Sc)
 NIP : 196809151988032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji	: 2020-00532-B
Jenis Contoh Uji	: Limbah Cair
Asal Contoh Uji	: Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
Pengambil contoh uji	: Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
Tgl. diambil/diterima	: 24-02-2020 / 24-02-2020
Tgl. Pengujian	: 24-02-2020 s/d 28-02-2020
Waktu Pengambilan / Pengujian	: 09:30 / 13:40
Uraian	:
2020-00532-B	: Contoh uji limbah cair Outlet Grit Chambers IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	Total Coliform*	Jumlah/100 mL	240.10 ⁴	3000	APHA 2012 Section 9221-B

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : Air Limbah Domestik (PerMenLHK no 68/Menlhk/2016)

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 10-03-2020
 Kepala Instalasi
 Laboratorium Biologi Lingkungan

(Anies Mulyani SKM, M.Sc)
 NIP : 196809151988032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji : 2020-00533-B
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 28-02-2020
 Waktu Pengambilan / Pengujian : 09:45 / 13:45
 Uraian :
 2020-00533-B : Contoh uji limbah cair Outlet FAL 1 A IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	Total Coliform*	Jumlah/100 mL	240.10 ⁴	3000	APHA 2012 Section 9221-B

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**): Air Limbah Domestik (PerMenLHK no 68/Menlhk/2016)

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.

2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 10-03-2020

Kepala Instalasi
 Laboratorium Biologi Lingkungan

(Anies Mulyani SKM, M.Sc)

NIP : 196809151988032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji	: 2020-00534-B
Jenis Contoh Uji	: Limbah Cair
Asal Contoh Uji	: Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
Pengambil contoh uji	: Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
Tgl. diambil/diterima	: 24-02-2020 / 24-02-2020
Tgl. Pengujian	: 24-02-2020 s/d 28-02-2020
Waktu Pengambilan / Pengujian	: 10:00 / 13:50
Uraian	:
2020-00534-B	: Contoh uji limbah cair Outlet FAL 1 B IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	Total Coliform*	Jumlah/100 mL	240.10 ²	3000	APHA 2012 Section 9221-B

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : Air Limbah Domestik (PerMenLHK no 68/Menlhk/2016)

- Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 10-03-2020
Kepala Instalasi
Laboratorium Biologi Lingkungan

(Anies Mulyani SKM, M.Sc)
NIP : 198809151988032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji : 2020-00535-B
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 28-02-2020
 Waktu Pengambilan / Pengujian : 10:15 / 13:45
 Uraian :
 2020-00535-B : Contoh uji limbah cair Outlet FAL 2 A IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	Total Coliform*	Jumlah/100 mL	160.10 ⁴	3000	APHA 2012 Section 9221-B

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**): Air Limbah Domestik (PerMenLHK no 68/Menlhk/2016)

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 10-03-2020
 Kepala Instalasi
 Laboratorium Biologi Lingkungan

(Anies Mulyani SKM, M.Sc)
 NIP : 196809151988032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji : 2020-00536-B
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 28-02-2020
 Waktu Pengambilan / Pengujian : 10:30 / 13:50
 Uraian :
 2020-00536-B : Contoh uji limbah cair Outlet FAL 2 B IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	Total Coliform*	Jumlah/100 mL	240.10 ⁴	3000	APHA 2012 Section 9221-B

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**): Air Limbah Domestik (PerMenLHK no 68/Menlhk/2016)

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.

2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 10-03-2020

Kepala Instalasi
Laboratorium Biologi Lingkungan

(Anies Mulyani SKM, M.Sc)

NIP : 196809151988032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji : 2020-00537-B
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
 Pengambil contoh uji : Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
 Tgl. diambil/diterima : 24-02-2020 / 24-02-2020
 Tgl. Pengujian : 24-02-2020 s/d 28-02-2020
 Waktu Pengambilan / Pengujian : 10:45 / 13:30
 Uraian :
 2020-00537-B : Contoh uji limbah cair Outlet Kolam Maturasi IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	Total Coliform*	Jumlah/100 mL	16.10 ^e	3000	APHA 2012 Section 9221-B

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**): Air Limbah Domestik (PerMenLHK no 68/Menlhk/2016)

Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.

2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 10-03-2020

Kepala Instalasi
Laboratorium Biologi Lingkungan

(Anies Mulyani SKM, M.Sc)

NIP : 196809151988032001

Pengujian Instalasi Laboratorium Biologi Lingkungan

No Contoh Uji	: 2020-00538-B
Jenis Contoh Uji	: Limbah Cair
Asal Contoh Uji	: Maulana Dyandi S.P (Mhs ITS Surabaya), Jl. ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur,
Pengambil contoh uji	: Maulana Dyandi S.P (Pelanggan)
Tgl. diambil/diterima	: 24-02-2020 / 24-02-2020
Tgl. Pengujian	: 24-02-2020 s/d 28-02-2020
Waktu Pengambilan / Pengujian	: 11:00 / 13:35
Uraian	:
2020-00538-B	: Contoh uji limbah cair Outlet Desinfeksi IPAL Sewon - Area Sawah, Pendowoharjo, Sewon, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Kadar Maksimum **)	Metode Uji
1	Total Coliform*	Jumlah/100 mL	$7,9.10^2$	3000	APHA 2012 Section 9221-B

Keterangan:

*) : Parameter Terakreditasi

**) : Air Limbah Domestik (PerMenLHK no 68/Menlhk/2016)

- Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BBTKLPP Yogyakarta kecuali secara lengkap.

Yogyakarta, 10-03-2020
Kepala Instalasi
Laboratorium Biologi Lingkungan

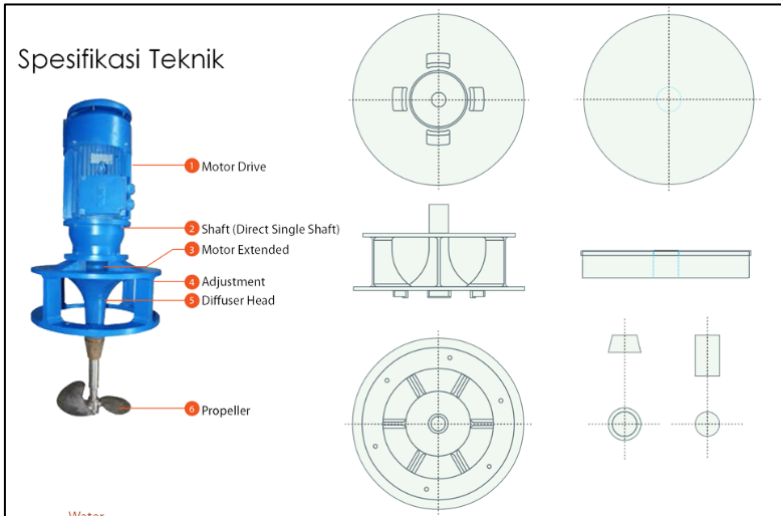
(Anies Mulyani SKM, M.Sc)
NIP : 198809151988032001



LAMPIRAN 4
SPEKIFIKASI POMPA
DAN PERALATAN
AERASI



KATALOG MIXER BAK ANOXIC



Konstruksi Material AQUROMIX	
Type/Model	Surface Aerator and Cooler
Motor Driver	Customized Original: elektrik Totally enclose fan cooled F insulation with service duty factor 1.1
Motor shaft	Stainless steel 304 Direct single shaft Dynamically balanced
Motor bearing	Spherical type bearing heavy duty Lubricated by grease
Propeller	Stainless steel 304 Dynamically balanced
Diffuser head	Cast iron epoxy coated
Intake cone	Stainless steel 304
Adjustment	Stainless steel 304
Float skin	Fiber Reinforced Polyester (FRP) Filled closed cell polyurethane foam

Product Specification AQUAROMIX					
Type	Power motor	Water depth max (m)	Mixing area (m)	Oxygen area (m)	Impingement dia (m)
AQMA 05	5.5 Hp/ 3.7kw/ Rpm 1500/3 Phase/380 V/50 Hz	2.5	13.7	45.7	4.5
AQMA 07	7.5 Hp/ 5 kw / Rpm 1500/3 Phase/380 V/50 Hz	2.5	15.24	48.7	5.4
AQMA 10	10 Hp/ 7.5kw/ Rpm 1500/3 Phase/380 V/50 Hz	3.5	15.5	52.4	5.4
AQMA 15	15 Hp/ 11kw/ Rpm 1500/ 3 Phase/380 V/50 Hz	3.5	18.8	60.9	6
AQMA 20	20 Hp/ 15kw/ Rpm 1500/ 3 Phase/380 V/50 Hz	3.7	21.9	70.1	6
AQMA 25	25 Hp/ 18kw/ Rpm 1500/ 3 Phase/380 V/50 Hz	3.7	24.3	77.7	7.3
AQMA 30	30 Hp/ 22kw/ Rpm 1500/ 3 Phase/380 V/50 Hz	4	26.8	85.3	7.3
AQMA 40	40 Hp/ 30kw/ Rpm 1500/ 3 Phase/380 V/50 Hz	4.25	31	99	7.9
AQMA 50	50 Hp/ 37kw/ Rpm 1500/ 3 Phase/380 V/50 Hz	4,5	32	100.5	7.9

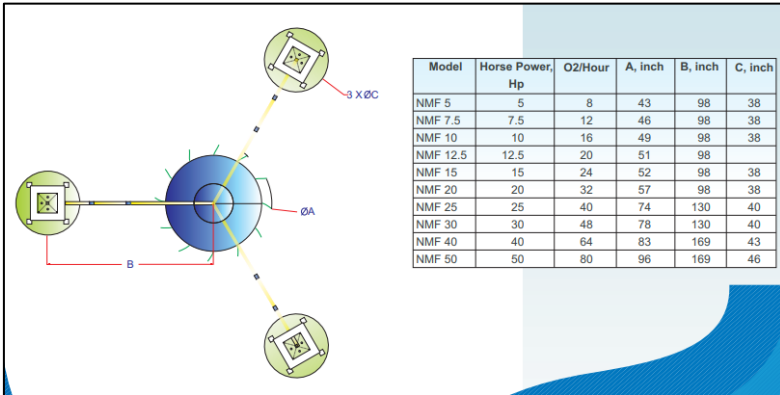
Sumber: <https://www.tatatirta.co.id/aquaromix-mixer-cooler/>

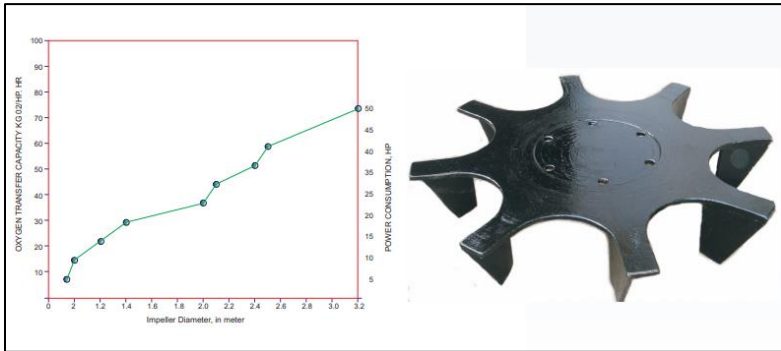
KATALOG SURFACE AERATOR BAK AERASI

NeoTech
Water Solutions



High Efficiency
Surface Aerators





Performance Figures:				Hydraulic Parameters:			
Impeller Diameter mm	Speed rpm	Oxygen Transfer Kg/O ₂ .hr.	Power Hp	Splashing Diameter, mm	Splashing Height, mm	Velocity, m/sec	Discharge Capacity, m ³ /hr
700	107	8	5	3470	567	3.9	270
700	134	12	7.5	5050	890	4.91	337
1000	94	16	10	5360	893	4.92	482
1200	83	24	15	6100	1000	5.21	612
1400	75	32	20	6840	1115	5.49	752
1800	54	36	22.5	6460	955	5.09	896
2000	48	40	25	6540	932	5.02	986
2300	42	48	30	6900	943	5.05	1141
2400	42	56	35	7420	1027	5.278	1242
2500	42	64	40	7940	1115	5.49	1346
3200	32	80	50	8380	1060	5.36	1681

Sumber: <https://4.imimg.com/data4/KO/DL/MY-12980311/floating-surface-aerator>

KATALOG POMPA



(a)



(b)



(c)



(d)

Keterangan : a. Pompa Sumur Pengumpul
b. Pompa Resirkulasi
c. Pompa Lumpur Bak Sedimentasi I
d. Pompa Lumpur Bak Sedimentasi II

Sumber: Groundfos Trading Indonesia, 2020

a. **Pompa sumur pengumpul**



SUBMERSIBLE WASTEWATER PUMPS

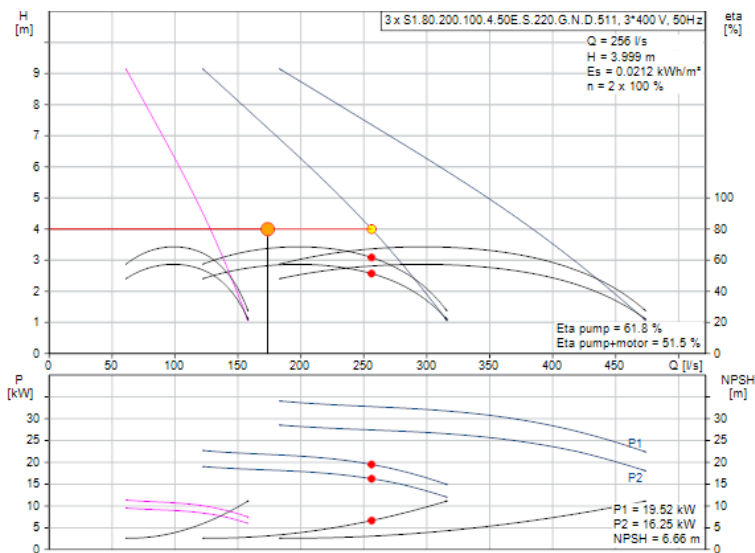
S1.80.200.100.4.50E.S.220.G.N.D.511

Product number 95113688

Suitable for

- Commercial wastewater
- Flood control
- Wastewater treatment
- Wastewater transport

The S pumps are a range of free-flow channel impeller pumps specifically designed for pumping sewage and wastewater in a wide range of municipal and industrial applications



Type	S1.80.200.100.4.50E.S.220.G.N.D.511
Flow	256 l/s (+48%)
H geodetic	4 m
H total	4 m
Flow total	625063 m ³ /year
Max starts per hour	20
Power P1	19.52 kW
Power P2 required in the duty point	16.25 kW
NPSH required	6.654 m
Eta pump	61.8 %
Eta motor	83.3 %
Eta pump+motor	51.5 % =Eta pump * Eta motor
Eta total	51.5 % =Eta relative to the duty point
Speed	1456 rpm
Energy consumption	13242 kWh/Year
Price	On request
Life cycle cost	/10Years

TECHNICAL

Actual calculated flow	256 l/s
Max flow	158 l/s
Resulting head of the pump	4 m
Head max	9.2 m
Actual impeller diameter	220 mm
Type of impeller	1-CHANNEL
Maximum particle size	80 mm
Primary shaft seal	SIC-SIC
Secondary shaft seal	SIC-CARBON
Approvals on nameplate	CE, EAC
Curve tolerance	ISO9906:2012 3B2
Cooling jacket	without cooling jacket

MATERIALS

Pump housing	Cast iron
Pump housing	EN 1561 EN-GJL-250
Pump housing	AISI A48 30
Impeller	Cast iron
Impeller	EN 1561 EN-GJL-250
Impeller	AISI A48 30
Motor	Cast iron
Motor	EN 1561 EN-GJL-250
Motor	AISI A48 30

b. Pompa Resirkulasi



SUBMERSIBLE WASTEWATER PUMPS

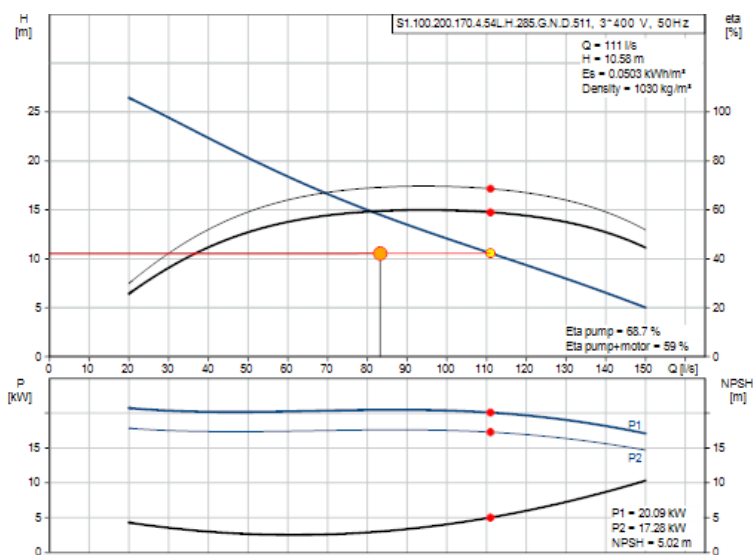
S1.100.200.170.4.54L.H.285.G.N.D.511

Product number 95113517

Suitable for

- Commercial wastewater
- Flood control
- Wastewater treatment
- Wastewater transport

The S pumps are a range of free-flow channel impeller pumps specifically designed for pumping sewage and wastewater in a wide range of municipal and industrial applications



Type	S1.100.200.170.4.54L.H.285.G.N.D.5
Flow	111 l/s (+33%)
H geodetic	10.5 m
H total	10.58 m (+0%)
Flow total	299620 m³/year
Max starts per hour	20
Power P1	20.09 kW
Power P2 required in the duty point	17.28 kW
NPSH required	5.022 m
Eta pump	68.7 %
Eta motor	86.0 %
Eta pump+motor	59.0 % =Eta pump * Eta motor
Eta total	59.0 % =Eta relative to the duty point
Speed	1451 rpm
Energy consumption	15068 kWh/Year
Price	On request
Life cycle cost	/10Years

TECHNICAL

Actual calculated flow	111 l/s
Max flow	148 l/s
Resulting head of the pump	10.58 m
Head max	26.1 m
Actual impeller diameter	285 mm
Type of impeller	1-CHANNEL
Maximum particle size	100 mm
Primary shaft seal	SIC-SIC
Secondary shaft seal	SIC-CARBON
Approvals on nameplate	CE, EAC
Curve tolerance	ISO9906:2012 3B
Cooling jacket	with cooling jacket

MATERIALS

Pump housing	Cast iron
Pump housing	EN 1561 EN-GJL-250
Pump housing	AISI A48 30
Impeller	Cast iron
Impeller	EN 1561 EN-GJL-250
Impeller	AISI A48 30
Motor	Cast iron
Motor	EN 1561 EN-GJL-250
Motor	AISI A48 30

c. Pompa Lumpur Bak Sedimentasi I



SUBMERSIBLE WASTEWATER PUMPS

SEG.40.09.2.50B

Product number 96075897

Suitable for

- Commercial wastewater
- Flood control
- Wastewater transport

Submersible Grundfos SEG sewage grinder pumps (0.9-4 kW) are designed for pumping wastewater, sludge-containing water, and sewage. Fitted with a patented grinder system designed to grind the media.

Type	SEG.40.09.2.50B
Flow	1.43 l/s (+614%)
H geodetic	10.81 m
H total	10.81 m
Flow total	722 m ³ /year
Max starts per hour	30
Power P1	1.116 kW
Power P2 required in the duty point	0.766 kW
NPSH required	10 m
Eta pump	20.4 %
Eta motor	68.6 %
Eta pump+motor	14.0 % =Eta pump * Eta motor
Eta total	14.0 % =Eta relative to the duty point
Speed	2860 rpm
Energy consumption	156 kWh/Year
Price	On request
Life cycle cost	/10Years

TECHNICAL

Actual calculated flow	1.43 l/s
Max flow	4.44 l/s
Resulting head of the pump	10.81 m
Head max	14.4 m
Type of impeller	GRINDER SYSTEM
Primary shaft seal	SIC/SIC
Secondary shaft seal	LIPSEAL
Approvals on nameplate	PA-I
Curve tolerance	ISO9906:2012 3B2

MATERIALS

Pump housing	Cast iron
Pump housing	EN1561 EN-GJL-200
Impeller	Cast iron
Impeller	EN1561 EN-GJL-200

d. Pompa Lumpur Bak Sedimentasi II



SUBMERSIBLE WASTEWATER PUMPS

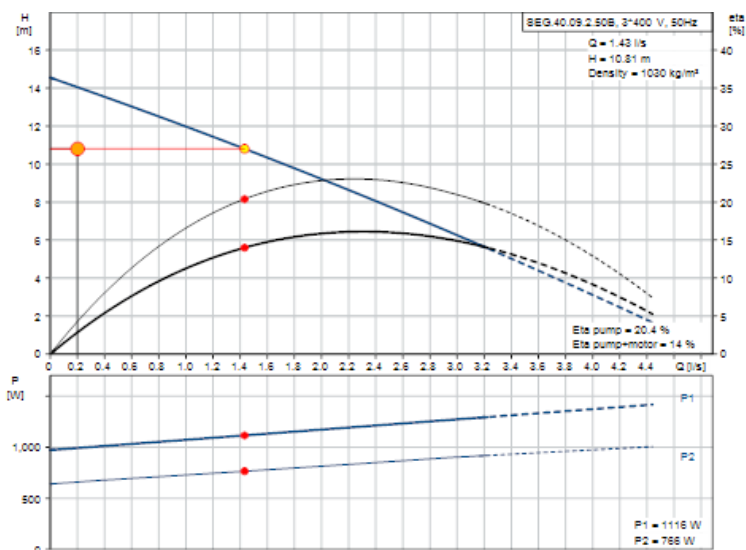
SEG.40.09.2.50B

Product number 96075897

Suitable for

- Commercial wastewater
- Flood control
- Wastewater transport

Submersible Grundfos SEG sewage grinder pumps (0.9-4 kW) are designed for pumping wastewater, sludge-containing water, and sewage. Fitted with a patented grinder system designed to grind the media.



Type	SEG.40.09.2.50B
Flow	1.43 l/s (+614%)
H geodetic	10.81 m
H total	10.81 m
Flow total	722 m ³ /year
Max starts per hour	30
Power P1	1.116 kW
Power P2 required in the duty point	0.766 kW
NPSH required	10 m
Eta pump	20.4 %
Eta motor	68.6 %
Eta pump+motor	14.0 % = Eta pump * Eta motor
Eta total	14.0 % = Eta relative to the duty point
Speed	2860 rpm
Energy consumption	156 kWh/Year
Price	On request
Life cycle cost	/10Years

TECHNICAL

Actual calculated flow	1.43 l/s
Max flow	4.44 l/s
Resulting head of the pump	10.81 m
Head max	14.4 m
Type of impeller	GRINDER SYSTEM
Primary shaft seal	SIC/SIC
Secondary shaft seal	LIPSEAL
Approvals on nameplate	PA-I
Curve tolerance	ISO9906:2012 3B2

MATERIALS

Pump housing	Cast iron
Pump housing	EN1561 EN-GJL-200
Impeller	Cast iron
Impeller	EN1561 EN-GJL-200



LAMPIRAN 5

Bill Of Quantity (BOQ)

Bill of Quantity (BOQ)

A. Volume Pekerjaan Pembangunan							
1. Unit Sumur pengumpul							
Pekerjaan	Panjang	Lebar	Kedalaman	Volume	Jumlah	Total	Satuan
Pembersihan lahan	10,32	5,16	3	53,26	1	53,26	m ²
Penggalian	12,32	7,16	3	36,96	1	36,96	m ³
Pembangunan plat beton bertulang	10,32	5,16	0,5	26,63	1	26,63	m ³
Pembangunan dinding beton bertulang	10,32	5,16	3	27,87	1	27,87	m ³
Pengurugan tanah penutup	0	0	0	0,00	1	0,00	m ³
Pekerjaan kolom beton bertulang	0,5	0,5	3	0,75	8	6	m ³
Pekerjaan sloof beton bertulang	30,96	0,5	0,5	7,74	1	7,74	m ³
2. Unit Grit Chambers							
Pekerjaan	Panjang	Lebar	Kedalaman	Volume	Jumlah	Total	Satuan
Pembersihan lahan	10,95	3	2	32,85	1	32,85	m ²
Penggalian	12,95	5	2	25,90	1	25,90	m ³
Pembangunan plat beton bertulang	10,95	3	0,5	16,43	1	16,43	m ³
Pembangunan dinding beton bertulang	10,95	3	2	16,74	1	16,74	m ³
Pengurugan tanah penutup	0	0	0	0,00	1	0,00	m ³
Pekerjaan kolom beton bertulang	0,5	0,5	2	0,5	8	4	m ³
Pekerjaan sloof beton bertulang	27,90645	0,5	0,5	6,98	1	6,976612	m ³

3. Bak Sedimentasi I							
Pekerjaan	Panjang	Lebar	Kedalaman	Volume	Jumlah	Total	Satuan
Pembersihan lahan	26,81	13,41	3,5	359,51	2	719,02	m ²
Penggalian	28,81	15,40	3,5	100,85	2	201,70	m ³
Perforated Baffle	13,41	0,5	3,5	23,46	2	46,92	m ³
Pembangunan plat beton bertulang	26,81	13,41	0,5	179,76	2	359,51	m ³
Pembangunan dinding beton bertulang	26,81	13,41	3,5	84,47	2	168,93	m ³
Pekerjaan kolom beton bertulang	0,5	0,5	3,5	0,875	8	7	m ³
Pekerjaan sloof beton bertulang	80,44	0,5	0,5	20,11	2	40,22	m ³
4. Bak Aerasi							
Pekerjaan	Panjang	Lebar	Kedalaman	Volume	Jumlah	Total	Satuan
Pembersihan lahan	35,89	17,94	3	643,89	2	1287,78	m ²
Penggalian	37,89	19,94	3	113,65	2	227,31	m ³
Pembangunan plat beton bertulang	35,89	17,94	0,5	321,95	2	643,89	m ³
Pembangunan dinding beton bertulang	35,89	17,94	3	96,89	2	193,78	m ³
Pekerjaan kolom beton bertulang	0,5	0,5	3	0,75	8	6	m ³
Pekerjaan sloof beton bertulang	107,65	0,5	0,5	26,91	2	53,8285	m ³

5. Bak Sedimentasi II							
Pekerjaan	Luas lingkaran		Kedalaman	Volume	Jumlah	Total	Satuan
Pembersihan lahan	647,1225		4	647,1225	2	1294,245	m ³
Penggalian	647,1225		4	2588,49	2	5176,98	m ³
Pembangunan plat beton bertulang	647,1225		0,5	323,5613	2	647,12	m ³
Pembangunan dinding beton bertulang*	107,85	0,5	4	215,71	2	431,42	m ³
*keliling lingkaran							
6. SDB							
Pekerjaan	Panjang	Lebar	Kedalaman	Volume	Jumlah	Total	Satuan
Pembersihan lahan	47,07	11,76	0,3	166,063	7	1162,441	m ²
Penggalian	49,07	13,76	1	49,07	7	343,49	m ³
Pembangunan plat beton bertulang	47,07	11,76	0,5	276,77	7	1937,40	m ³
Pembangunan dinding beton bertulang	47,07	11,76	0	10,59	7	74,13	m ³
Pekerjaan kolom beton bertulang	0,5	0,5	2	0,5	7	3,5	m ³
Pekerjaan sloof beton bertulang	117,66	0,5	0,5	29,42	7	205,905	m ³

B. Pengadaan Pipa									
Jalur Pipa	Panjang Pipa	Debit	Debit	V	Across	Diameter	Diameter	diameter pakai	Kebutuhan per Batang
	m	m ³ /hari	m ³ /det	m/det	m ²	m	mm	mm	buah
SP-GC	8,9	28761	0,3328	1	0,332882	0,65119	651,1939	710	2
GC-BS 1	33	28761	0,3328	1	0,332882	0,65119	651,1939	710	6
BS 1 - Ano	93,32	28761	0,3328	1	0,332882	0,65119	651,1939	710	16
Ano - Aero	60,93	28761	0,3328	1	0,332882	0,65119	651,1939	710	11
Aero - BS 2	31,6	21571,75	0,2496	1	0,249673	0,56396	563,9635	560	6
	44	21571,75	0,2496	1	0,249673	0,56396	563,9635	560	8
BS 2 - Desi	22,2	21571,75	0,2496	1	0,249673	0,56396	563,9635	560	4
	45,1	21571,75	0,2496	1	0,249673	0,56396	563,9635	560	8
	118	43143,5	0,4993	1	0,499346	0,79756	797,5648	800	20
BS 2 - Ano	142,83	21571,75	0,2496	1,5	0,166449	0,46047	460,4743	500	24
	122,3	21571,75	0,2496	1,5	0,166449	0,4604	460,4743	500	21
BP 1 - simpang	161,98	16,3	0,0001	1	0,000189	0,01550	15,50251	20	27
BS 2 - simpang	62,4	565,45	0,0065	1	0,006545	0,09130	91,30728	110	11
BS 2 - simpang	20	565,45	0,0065	1	0,006545	0,09130	91,30728	110	4

simpang - SDB	95,5	1147,2	0,0132	1,5	0,008852	0,10619	106,1897	110	16
------------------	------	--------	--------	-----	----------	---------	----------	-----	----



 pipa@solusibersama.co.id
 The Quality Residence Blok F-24
 Jatikalang, Krian Sidoarjo
 www.hargapipaair.com
 (031) 9989-4287
 0812-3307-8263

DAFTAR HARGA PIPA HDPE

Diameter		Standart Packaging	S.12.5 SDR.26 PN.6		S.10 SDR.21 PN.8		S.8 SDR.17 PN.10		S.6.3 SDR.13.6 PN.12.5		S.5 SDR.11 PN.16		S.4 SDR.9 PN.20		S.3.2 SDR.7.4 PN.25	
(mm)	(Inch)	(mtr/rol)	Tebal (mm)	Harga	Tebal (mm)	Harga	Tebal (mm)	Harga	Tebal (mm)	Harga	Tebal (mm)	Harga	Tebal (mm)	Harga	Tebal (mm)	Harga
20	1/2"	250	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	5.798	2,3	7.935	3,0	9.308
25	3/4"	250	-	-	-	-	-	-	1,9	7.477	2,3	8.850	-	-	-	-
32	1"	250	-	-	-	-	1,9	11.597	2,4	12.055	2,9	14.497	-	-	-	-
40	1 1/4"	100	-	1,9	12.360	2,4	15.260	3,0	18.769	3,7	22.432	-	-	-	-	-
50	1 1/2"	100	2,0	16.480	2,4	19.838	3,0	24.110	3,7	28.994	4,6	34.945	-	-	-	-
63	2"	100	2,4	24.873	3,0	30.825	3,8	38.607	4,7	45.780	5,8	55.546	7,1	77.215	8,6	88.660
75	2 1/2"	50	2,9	35.403	3,6	44.101	4,5	53.104	5,5	65.007	6,8	77.673	8,4	107.735	10,3	122.843
90	3"	50	3,5	51.273	4,3	63.176	5,4	76.452	6,6	93.991	8,2	112.313	10,1	157.025	12,3	181.136
110	4"	6	4,3	76.910	5,3	94.306	6,6	114.297	8,1	138.103	10,0	167.402	12,3	221.880	15,1	271.780
160	6"	6	6,2	161.450	7,7	198.227	9,5	239.429	11,8	292.839	14,6	355.405	17,9	467.108	21,9	521.586
200	8"	6	7,7	250.416	9,6	309.167	11,9	374.785	14,7	456.121	18,2	554.090	22,4	732.174	27,4	816.715
250	10"	6	9,6	390.198	11,9	479.011	14,8	582.779	18,4	713.557	22,7	864.021	27,9	1.140.532	34,2	1.272.989
315	12"	6	12,1	619.708	15,0	760.863	18,7	927.808	23,2	1.133.512	28,6	1.371.568	35,2	1.788.319	43,1	2.015.693
355	14"	6	13,6	784.974	16,9	966.110	21,1	1.179.598	26,1	1.437.339	32,2	1.740.403	39,7	2.409.859	48,5	2.561.543
400	16"	6	15,3	995.715	19,1	1.230.719	23,7	1.493.343	29,4	1.824.333	36,3	2.210.563	44,7	3.063.597	54,7	3.261.214
450	18"	6	17,2	1.300.762	21,5	1.606.420	26,7	1.968.997	33,3	2.401.161	40,9	3.291.168	-	-	61,5	4.128.593
500	20"	6	19,1	1.597.569	23,9	1.979.222	29,6	2.421.762	36,9	2.964.865	45,4	3.589.762	-	-	-	-
560	22"	6	21,4	2.016.151	26,7	2.488.143	33,2	3.050.931	41,2	3.721.761	50,8	4.501.547	-	-	-	-
630	24"	6	24,1	2.539.874	30,0	3.130.741	37,3	3.845.367	46,3	4.700.690	57,2	5.698.847	-	-	-	-
710*	28"	6	27,2	3.648.971	33,9	4.493.764	42,1	5.513.285	52,2	6.169.109	-	-	-	-	-	-
800	32"	6	30,6	4.621.338	38,1	5.696.100	47,4	6.990.606	-	-	-	-	-	-	-	-
900	36"	6	34,4	6.816.489	42,9	8.404.502	53,3	10.347.195	-	-	-	-	-	-	-	-
1000	40"	6	38,2	8.410.701	47,7	10.384.124	59,3	12.745.304	-	-	-	-	-	-	-	-
1200	48"	6	45,9	12.109.725	57,2	14.941.218	67,9	17.957.052	-	-	-	-	-	-	-	-

C. Pengadaan pompa dan peralatan aerasi			
No	Jenis alat	Merk	Kebutuhan Unit
1	Pompa	Groundfos	8
2	<i>Surface Aerator</i> Bak Aerasi	NeoTech™	4
3	<i>Mixer</i> Bak Anoxic	AQUAROMIX	12



LAMPIRAN 6

Rencana Anggaran Biaya (RAB)



Rencana Anggaran Biaya Pengembangan IPAL Sewon

A. Pekerjaan Pembangunan

Pembersihan lahan ringan				
Pekerja	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Mandor	232,99	Orang hari	Rp 97.000	Rp 22.599.832
Pembantu tukang	466,44	Orang hari	Rp 71.000	Rp 33.117.112
			Akumulasi	Rp 55.716.944
Penggalian tanah biasa				
Pekerja	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Mandor	453,12	Orang hari	Rp 97.000	Rp 43.952.681,74
Pembantu tukang	151,04	Orang hari	Rp 71.000	Rp 10.723.850,18
			Akumulasi	Rp 54.676.532
Pekerjaan dinding beton bertulang				
Pekerja	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Mandor	246,34	Orang Hari	Rp 97.000	Rp 23.895.075,21
Tukang	1223,25	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 102.753.357,80
Tukang	258,77	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 21.736.287,98
Tukang	988,01	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 82.993.102,41
Pembantu tukang	1553,64	Orang Hari	Rp 71.000	Rp 110.308.200,39
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Semen Portland 40	5,20	Zak	Rp 51.000	Rp 265.294,83

Kg				
Pasir Cor	503,61	m ³	Rp 380.000	Rp 191.373.438,03
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	755,42	m ³	Rp 331.000	Rp 250.044.505,22
Besi Beton Polos	21,02	Kg	Rp 13.500	Rp 283.822,64
Paku Usuk	0,43	Kg	Rp 14.800	Rp 6.309,83
Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	2611,33	Lembar	Rp 130.000	Rp 339.473.350,12
Kawat Beton	0,31	Kg	Rp 20.000	Rp 6.282,61
Kayu Meranti Bekisting	223,83	m ³	Rp 3.350.400	Rp 749.915.282,79
Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	149,22	m ³	Rp 4.710.000	Rp 702.821.749,04
Minyak Bekisting	1,49	m ³	Rp 30.100	Rp 44.914,94
			Akumulasi	Rp 2.575.920.974

Pekerjaan plat beton bertulang				
Pekerja/Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Mandor	103,53	Orang Hari	Rp 97.000	Rp 10.042.443,66
Tukang	1017,61	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 85.478.994,88
Pembantu tukang	6109,75	Orang Hari	Rp 71.000	Rp 433.792.288,02
Semen PC 40 Kg	22,59	Zak	Rp 51.000	Rp 1.151.960,14
Pasir Cor	1599,98	m ³	Rp 380.000	Rp 607.991.302,54
Batu Pecah Mesin	2021,02	m ³	Rp 331.000	Rp 668.958.813,10

1/2 cm				
Biaya air	788,53	m ³	Rp 20.000	Rp 15.770.548
Pekerja/Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Mandor	2,59	Orang Hari	Rp 97.000	Rp 251.055,76
Tukang	25,90	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 2.175.816,30
Pembantu tukang	25,92	Orang Hari	Rp 71.000	Rp 1.840.332,73
Besi beton polos	0,55	Kg	Rp 13.500	Rp 7.426,83
Kawat beton	0,01	Kg	Rp 26.900	Rp 221,54
Pekerja/Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Mandor	2,59	Orang Hari	Rp 97.000	Rp 251.055,76
Tukang	25,90	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 2.175.816,30
Pembantu tukang	25,92	Orang Hari	Rp 71.000	Rp 1.840.332,73
Paku usuk	0,21	Kg	Rp 14.800	Rp 3.101,72
Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	1283,65	Lembar	Rp 130.000	Rp 166.874.403,65
Kayu Meranti Bekisting	146,70	m ³	Rp 3.350.400	Rp 491.512.968,79
Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	55,01	m ³	Rp 4.710.000	Rp 259.113.771,83
Minyak Bekisting	0,73	Liter	Rp 30.100	Rp 22.078,77
			Akumulasi	Rp 2.749.254.733

Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi+bekisting)				
Pekerja	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Mandor	8,15	Orang Hari	Rp 97.000	Rp 790.402,92
Tukang	40,00	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 3.360.404,51
Tukang	8,46	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 710.854,83
Tukang	32,31	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 2.714.173,06
Pembantu tukang	0,22	Orang Hari	Rp 71.000	Rp 15.304,45
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Semen PC 40 Kg	0,1701	Zak	Rp 51.000	Rp 8.676
Pasir Cor	16,47	m ³	Rp 380.000	Rp 6.258.600
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	24,705	m ³	Rp 331.000	Rp 8.177.355
Besi Beton Polos	0,686	Kg	Rp 13.500	Rp 9.264
Paku Usuk	0,0139	Kg	Rp 14.800	Rp 206
Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	85,4	Lembar	Rp 130.000	Rp 11.102.000
Kawat Beton	0,01027	Kg	Rp 26.900	Rp 276
Kayu Meranti Bekisting	9,76	m ³	Rp 3.350.400	Rp 32.699.904
Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	3,66	m ³	Rp 4.710.000	Rp 17.238.600
Minyak Bekisting	48,8	Liter	Rp 30.100	Rp 1.468.880
Akumulasi				Rp 84.554.902

Pekerjaan sloof beton bertulang (200 kg besi+bekisting)				
Pekerja	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Mandor	105,01	Orang Hari	Rp 97.000	Rp 10.186.271,18
Tukang	507,58	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 42.636.629,43
Tukang	89,48	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 7.516.072,57
Tukang	455,52	Orang Hari	Rp 84.000	Rp 38.263.641,66
Pembantu tukang	1839,58	Orang Hari	Rp 71.000	Rp 130.610.440,90
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga satuan	Total biaya
Semen PC 40 Kg	1,80	Zak	Rp 51.000	Rp 91.734,85
Pasir Cor	174,14	m ³	Rp 380.000	Rp 66.173.978,22
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	261,21	m ³	Rp 331.000	Rp 86.461.526,81
Besi Beton Polos	9,67	Kg	Rp 13.500	Rp 130.606,54
Paku Usuk	0,09	Kg	Rp 14.800	Rp 1.363,65
Kawat Beton	0,14	Kg	Rp 26.900	Rp 3.895,89
Kayu Meranti Bekisting	87,07	m ³	Rp 3.350.400	Rp 291.722.758,72
Minyak Bekisting	0,19	Liter	Rp 30.100	Rp 5.824,08
			Akumulasi	Rp 673.804.744,50

B. Pengadaan Pipa

Diameter pakai	Kebutuhan per Batang	Harga per batang	Harga Total	Keterangan
mm	buah	Rp	Rp	Pipa
710	2	Rp3.648.971	Rp7.297.942	Air Limbah
710	6	Rp3.648.971	Rp21.893.826	
710	16	Rp3.648.971	Rp58.383.536	
710	11	Rp3.648.971	Rp40.138.681	
560	6	Rp2.016.151	Rp12.096.906	
560	8	Rp2.016.151	Rp16.129.208	
560	4	Rp2.016.151	Rp8.064.604	
560	8	Rp2.016.151	Rp16.129.208	
800	20	Rp4.621.338	Rp92.426.760	
500	24	Rp1.597.569	Rp38.341.656	
500	21	Rp1.597.569	Rp33.548.949	
20	27	Rp5.798	Rp156.546	Lumpur
110	11	Rp76.910	Rp846.010	
110	4	Rp76.910	Rp307.640	
110	16	Rp76.910	Rp1.230.560	

C. Pengadaan Pompa dan Peralatan Aerasi

No	Jenis alat	Merk	Kebutuhan Unit	Harga per unit	Harga per unit	Harga Total
				USD	IDR	
1	Pompa	Groundfos	9	634	Rp9.510.000	Rp85.590.000
2	Fine Bubble Diffuser	YULONG	114	3	Rp45.000	Rp5.130.000
3	Blower	Luomei	4	282	Rp4.230.000	Rp16.920.000

D. Rencana Anggaran Biaya Total

Pekerjaan	Total Biaya	
Pembersihan lahan ringan	Rp	55.716.944
Penggalian tanah biasa	Rp	54.676.532
Pekerjaan dinding beton bertulang	Rp	2.575.920.974
Pekerjaan plat beton bertulang	Rp	2.749.254.733
Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi+bekisting)	Rp	84.554.902
Pekerjaan sloof beton bertulang (200 kg besi+bekisting)	Rp	673.804.745
Pengadaan pipa	Rp	346.992.032
Pengadaan pompa dan peralatan aerasi	Rp	232.200.000
Rencana Anggaran Biaya Total	Rp	6.773.120.861
Pembulatan	Rp	6.774.000.000



LAMPIRAN 7

Detailed Engineering Design





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMAHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIJA PRADANA
 NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

LOKASI DAN LAHAN IPAL SEWON

LEGENDA

- LAHAN IPAL EKSTING
- LAHAN IPAL PENGEMBANGAN

NO. LAMPIRAN

I

SKALA

1:300



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MULLANA DYANDI SATRIA PRADANA
NRP 03211640003026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

LAYOUT PERENCANAAN
PENGEMBANGAN IPAL SEWON

LEGENDA

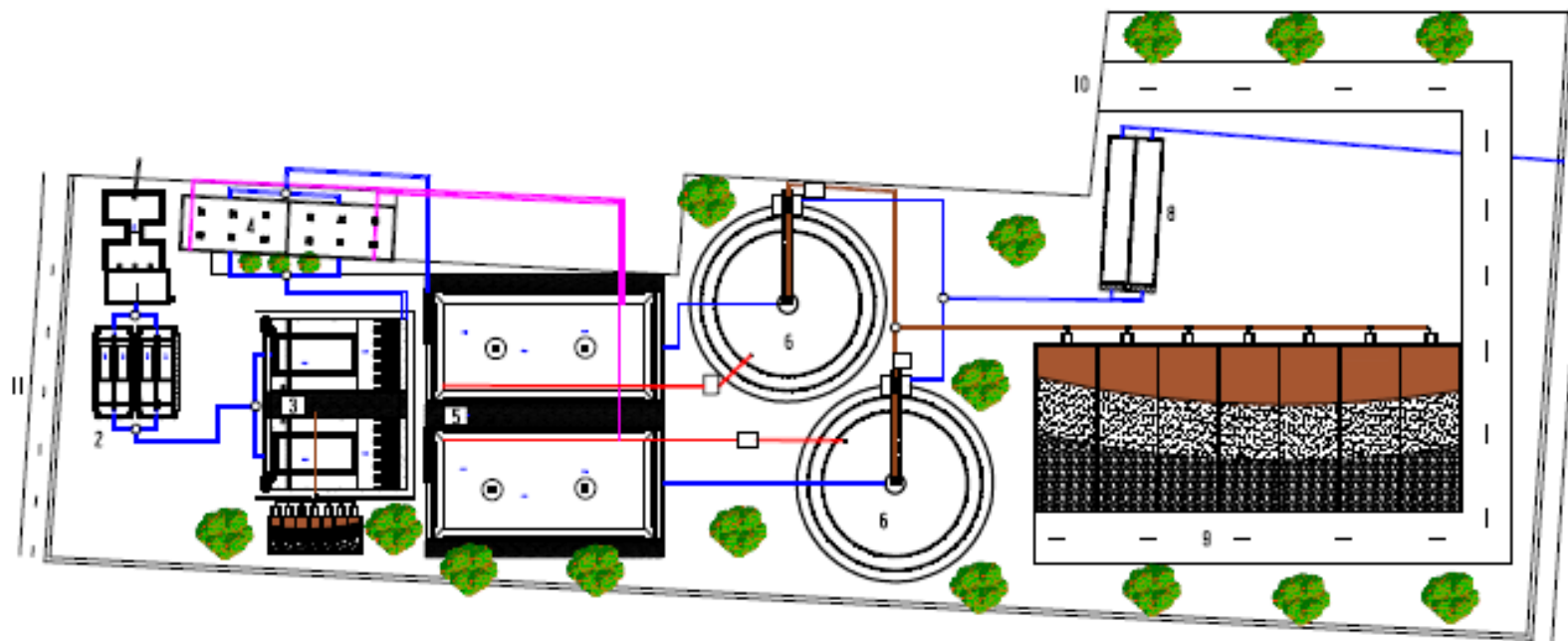
	RESERKULASI
	AIR LIMBAH
	LUMPUR
	INTERNAL RECYCLE

NO. LAMPIRAN

2

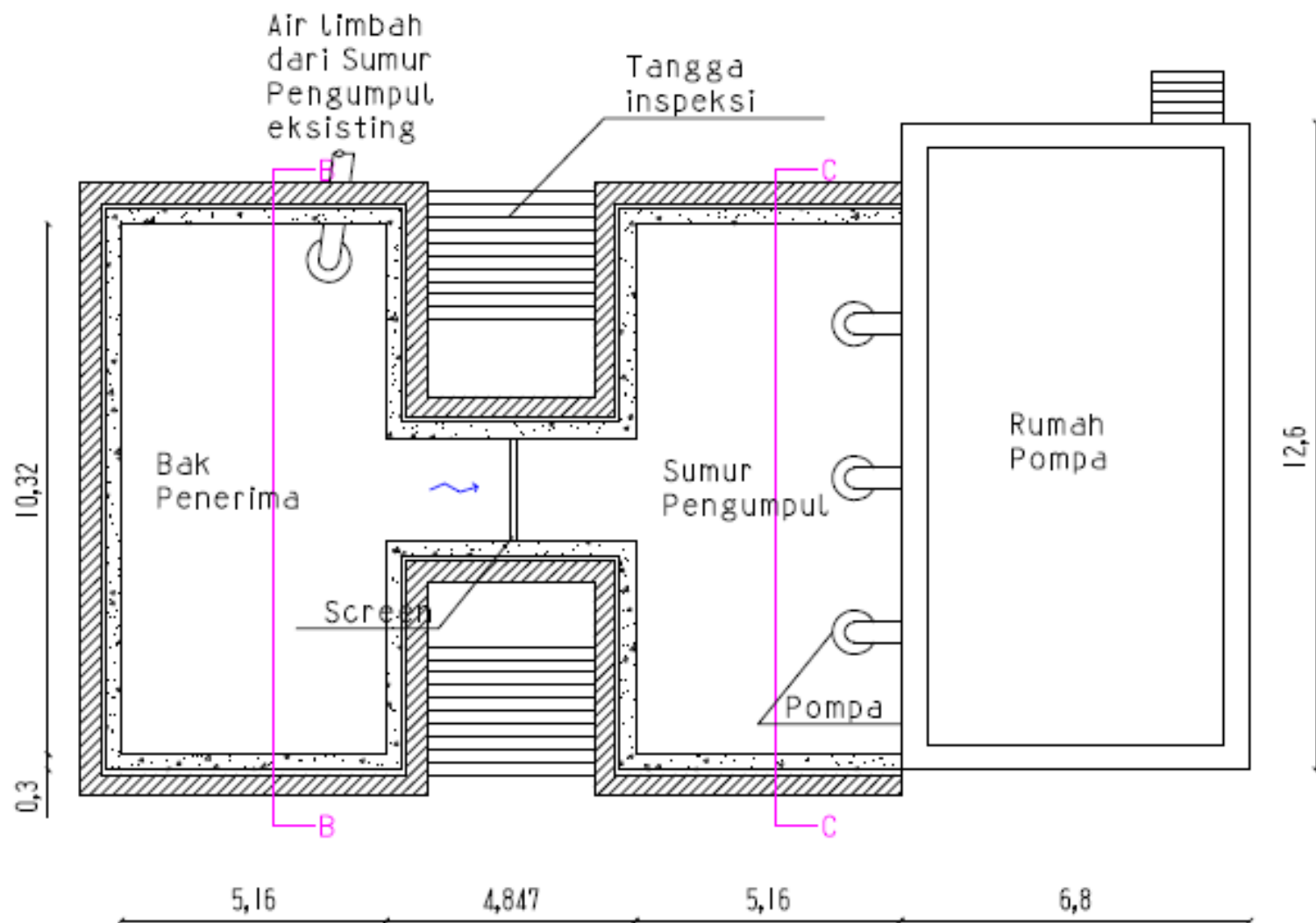
SKALA

1:150



KETERANGAN

1. Sumur Pengumpul
2. Grit Chambers
3. Bak Sedimentasi I
4. Bak Anoxic
5. Bak Aerasi
6. Bak Sedimentasi II
7. SDB
8. Desinfeksi
9. Jalur Inspeksi
10. Jalur menuju IPAL Eksisting
11. Jalan Desa Pendowoharjo



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MALLANA DYANDI SATRIJA PRADANA
NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

DENAH SUMUR PENGUMPUL BARU

LEGENDA

-  Batu Bata
-  Beton

NO. LAMPIRAN

3

SKALA

1:15



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

POTONGAN SUMUR PENGUMPUL

LEGENDA

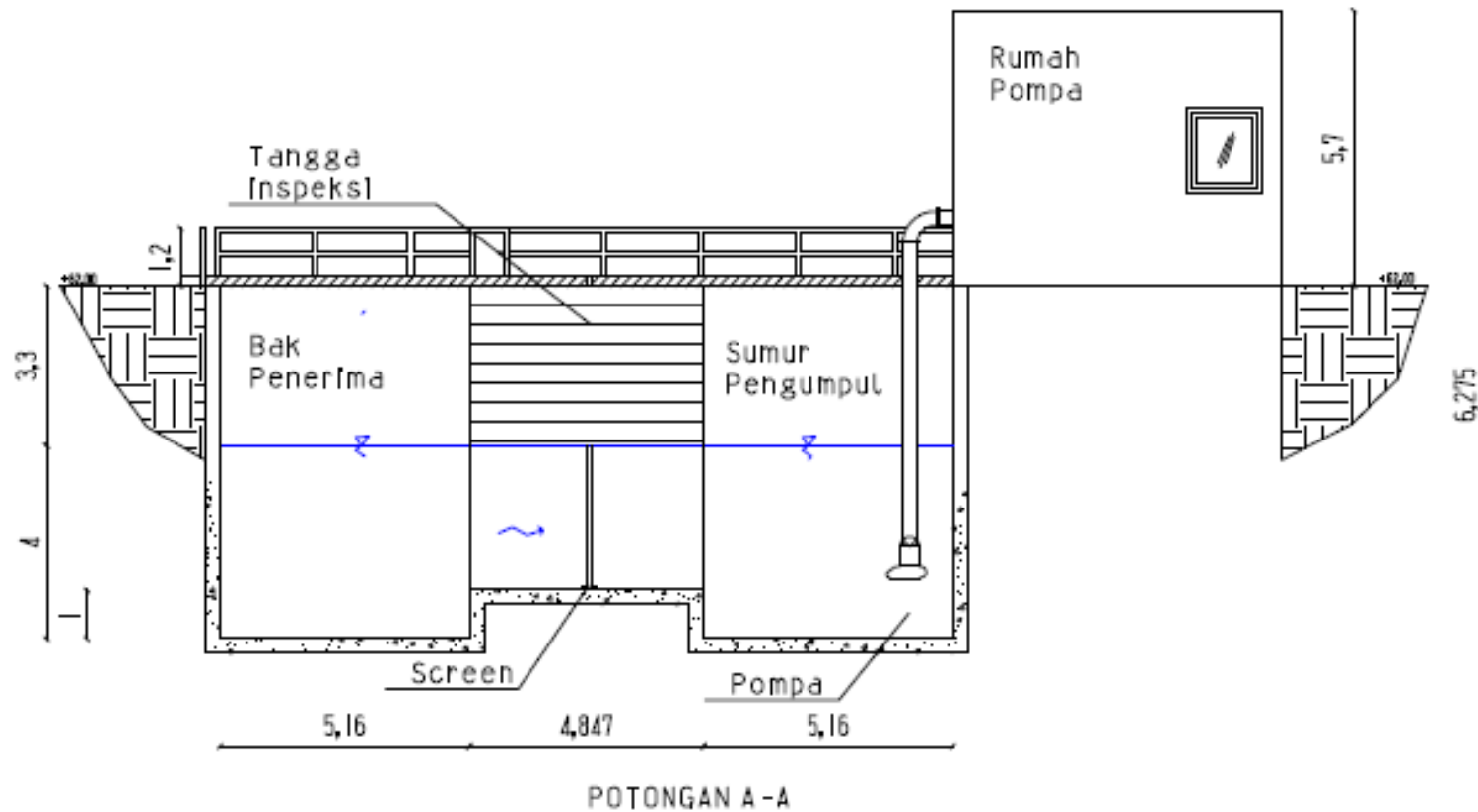
-  Batu Bata
-  Beton
-  Tanah

NO. LAMPIRAN

4

SKALA

1:15





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMAHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

POTONGAN SUMUR PENGUMPUL
 (2)

LEGENDA

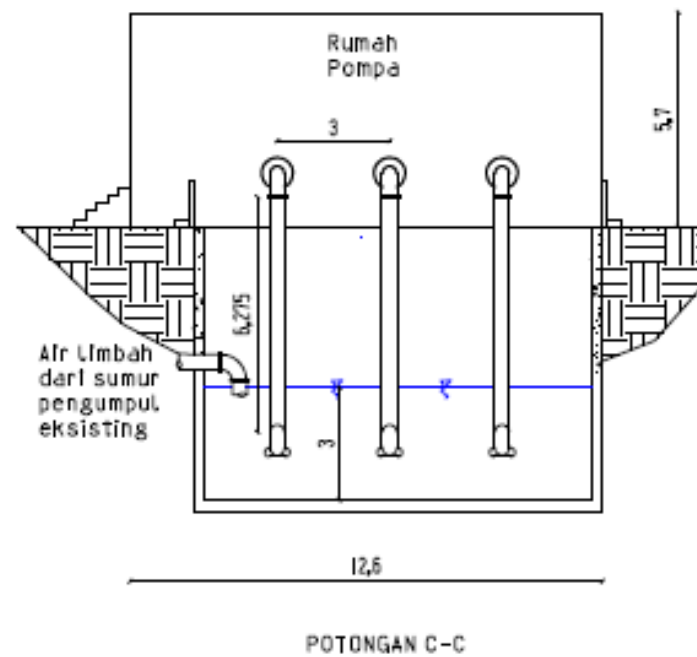
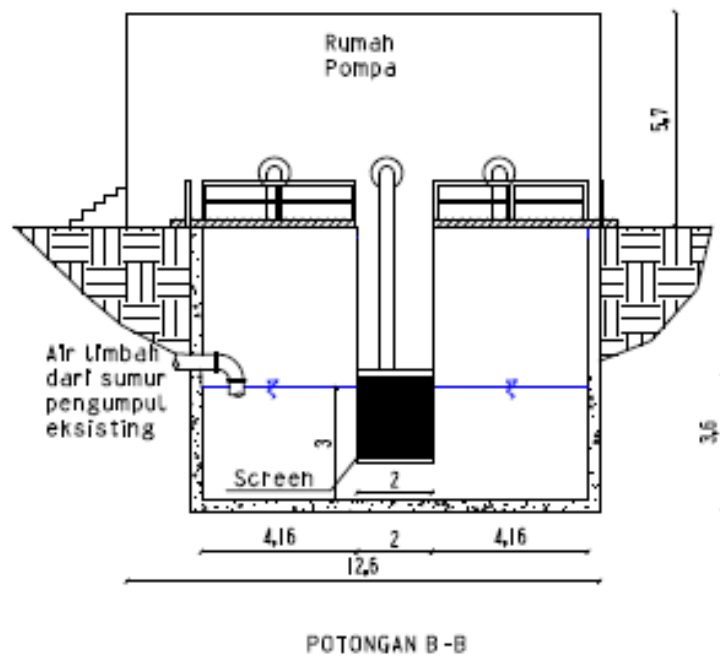
-  Batu Bata
-  Beton
-  Tanah

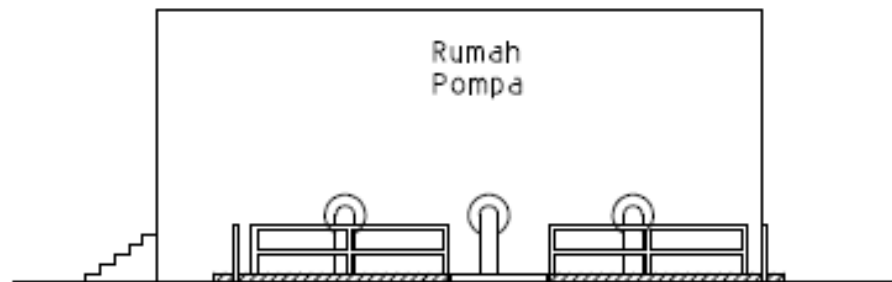
NO. LAMPIRAN

5

SKALA

1:15





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
DAN KEBUMAHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
NRP 0321154000026


DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

TAMPAK SUMUR PENGUMPUL

LEGENDA

 Batu Beta

 Beton

 Tanah

NO. LAMPIRAN

6

SKALA

1:15



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMAHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULLANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

LAYOUT GRIT CHAMBERS

LEGENDA

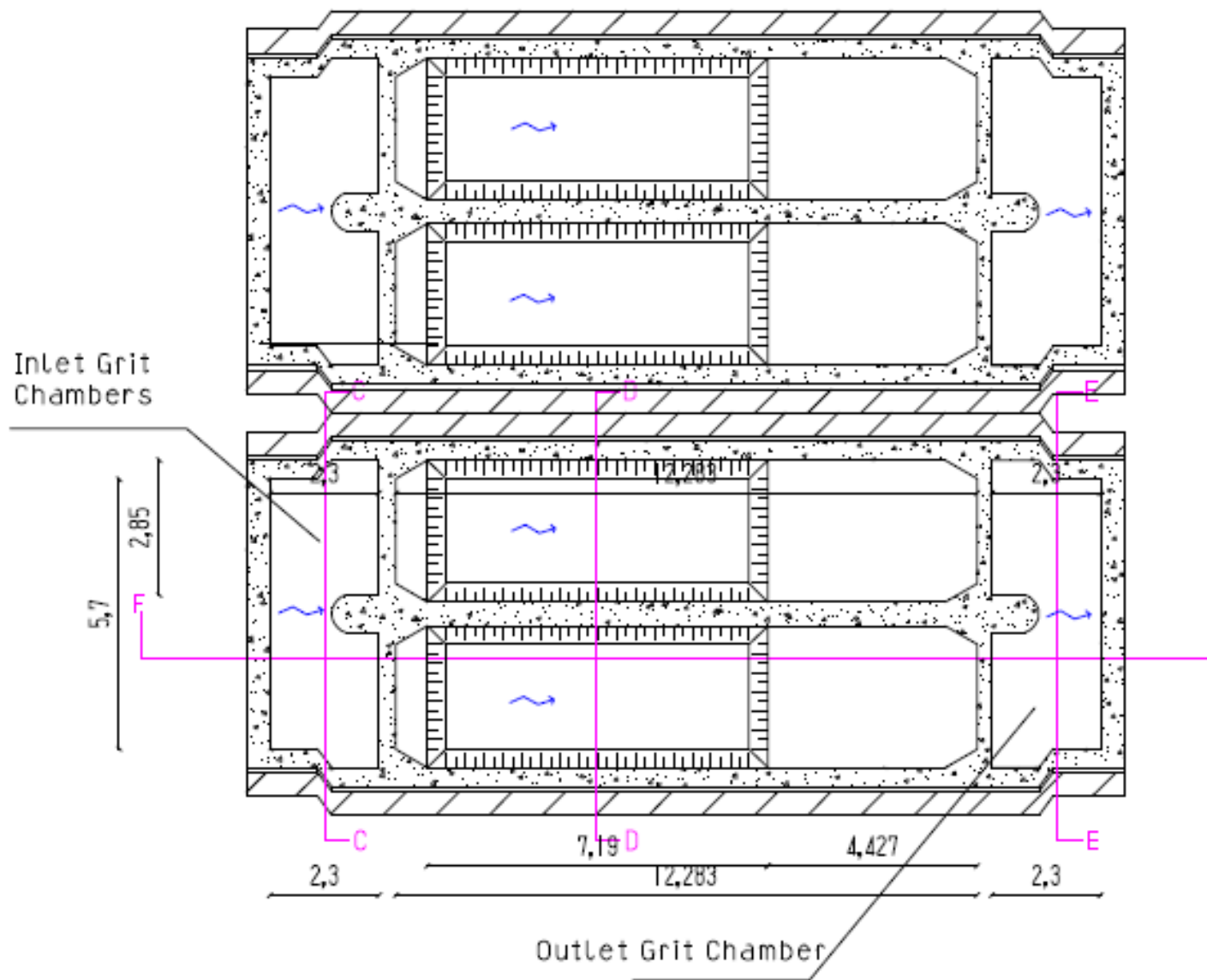
-  Batu Beta
-  Beton
-  Tanah

NO. LAMPIRAN

1

SKALA

1:15





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMAHAN
 (INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA)

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

POTONGAN GRIT CHAMBERS

LEGENDA

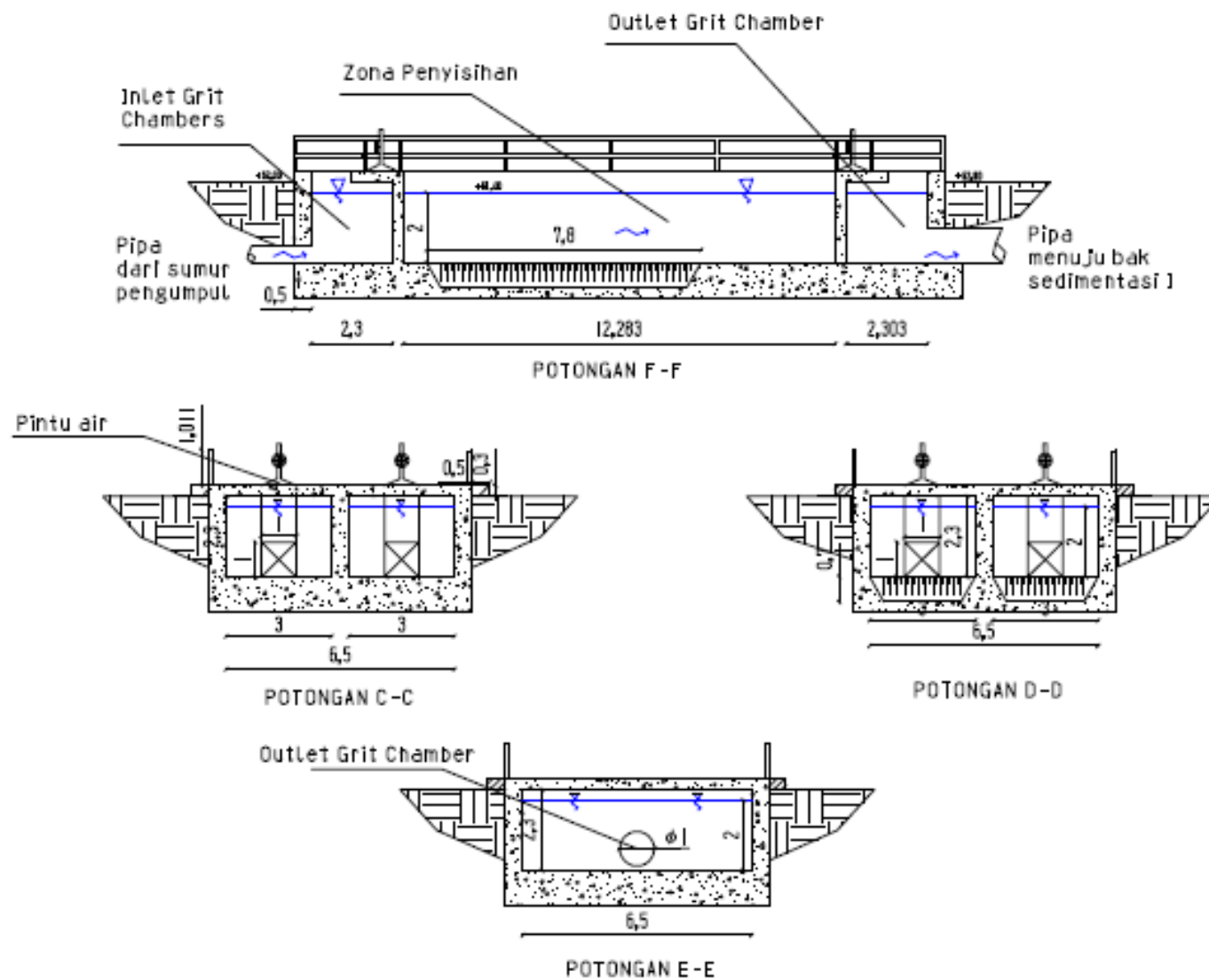
-  Batu Bata
-  Beton
-  Tanah

NO. LAMPIRAN

8

SKALA

1:20





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIJA PRADANA
 NRP 03211540000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

LAYOUT BAK SEDIMENTASI I

LEGENDA

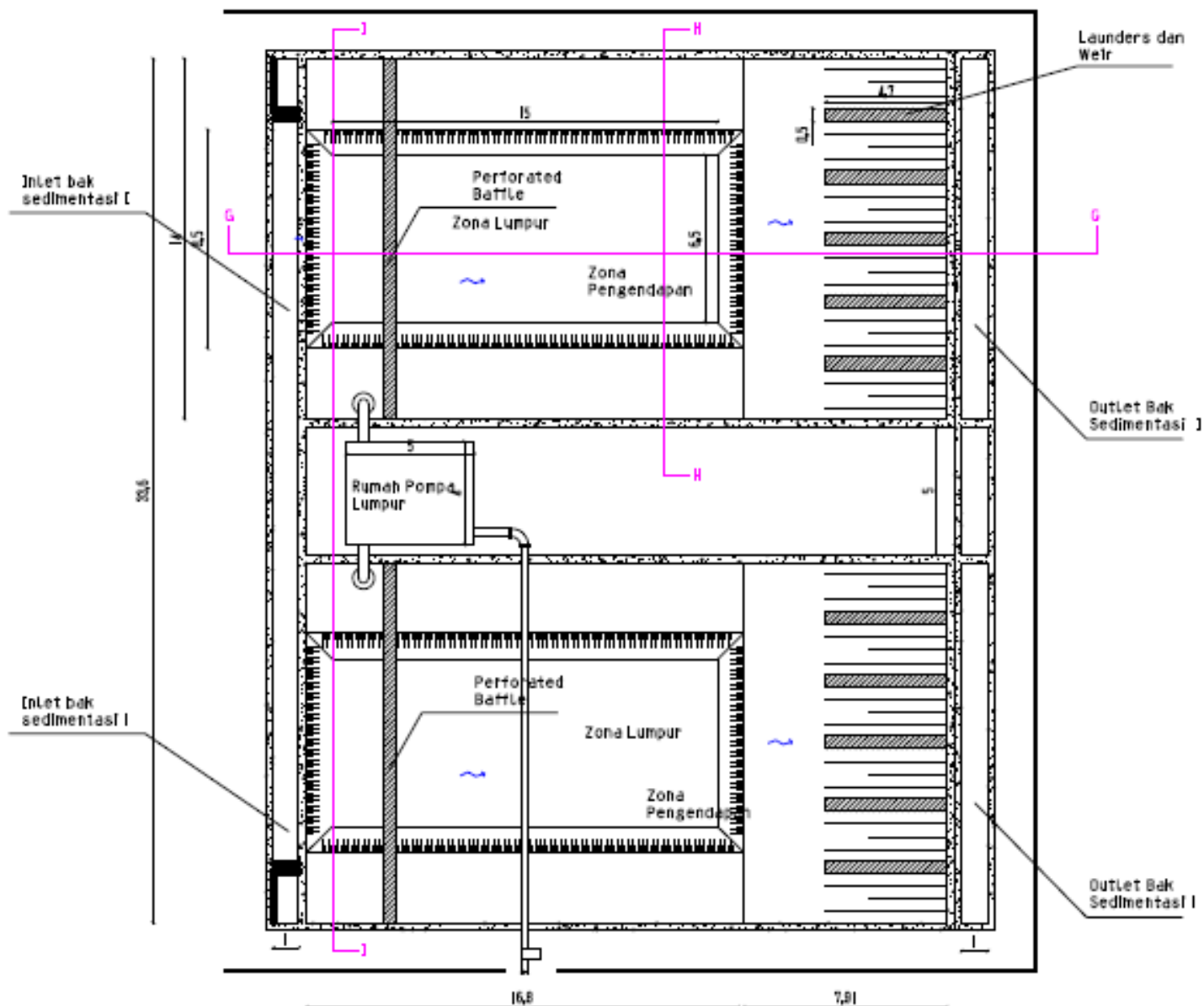
-  Batu Bata
-  Beton
-  Tanah

NO. LAMPIRAN

9

SKALA

1:25





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMAHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 03211640000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

POTONGAN BAK SEDIMENTASI 1

LEGENDA

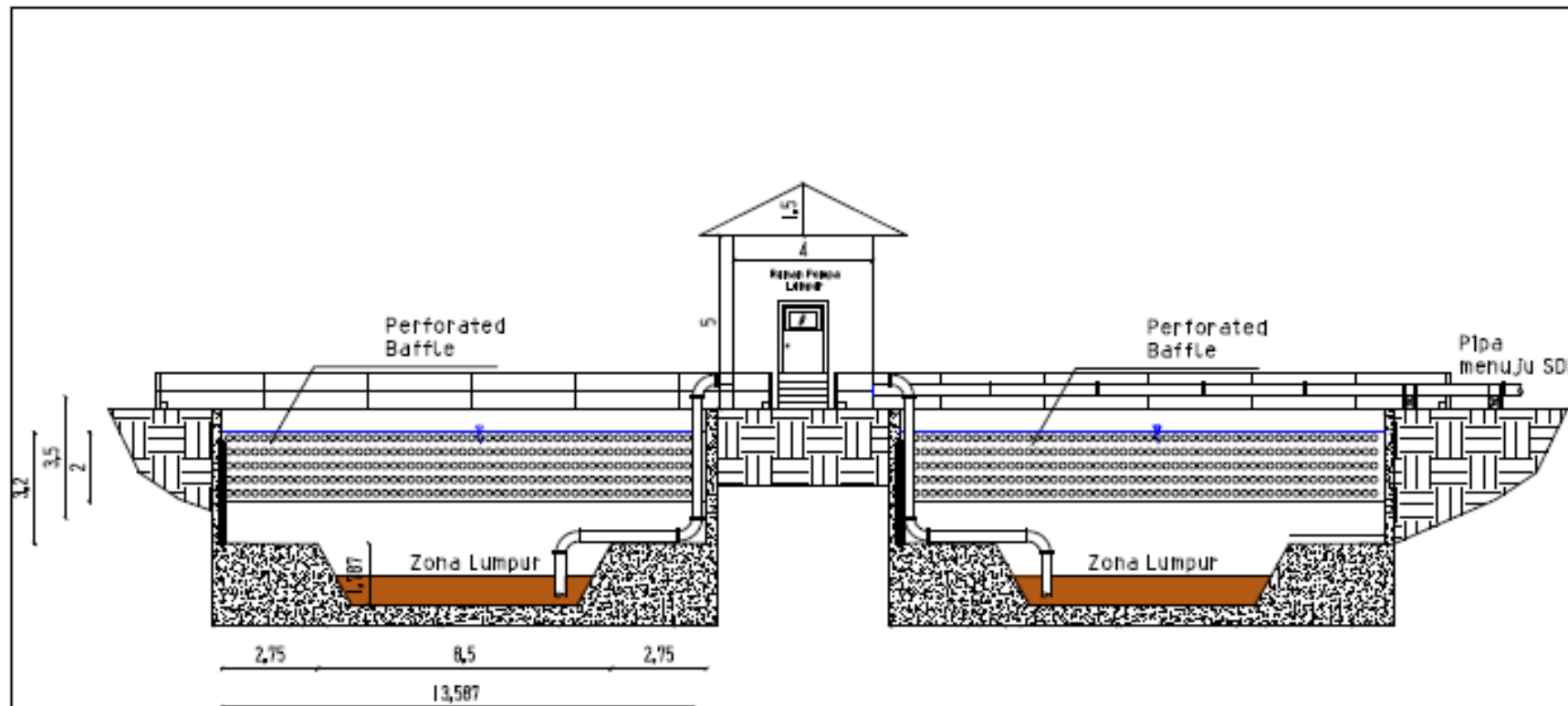
-  Batu Bata
-  Beton
-  Tanah

NO. LAMPIRAN

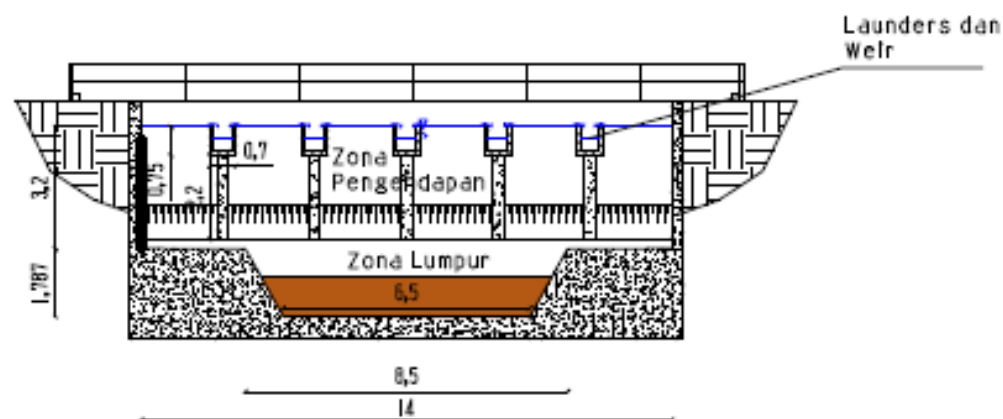
10

SKALA

1:20



POTONGAN 1-1



POTONGAN 1-1



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMAHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 0321154000025

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

Potongan Bak Sedimentasi I (2)

LEGENDA

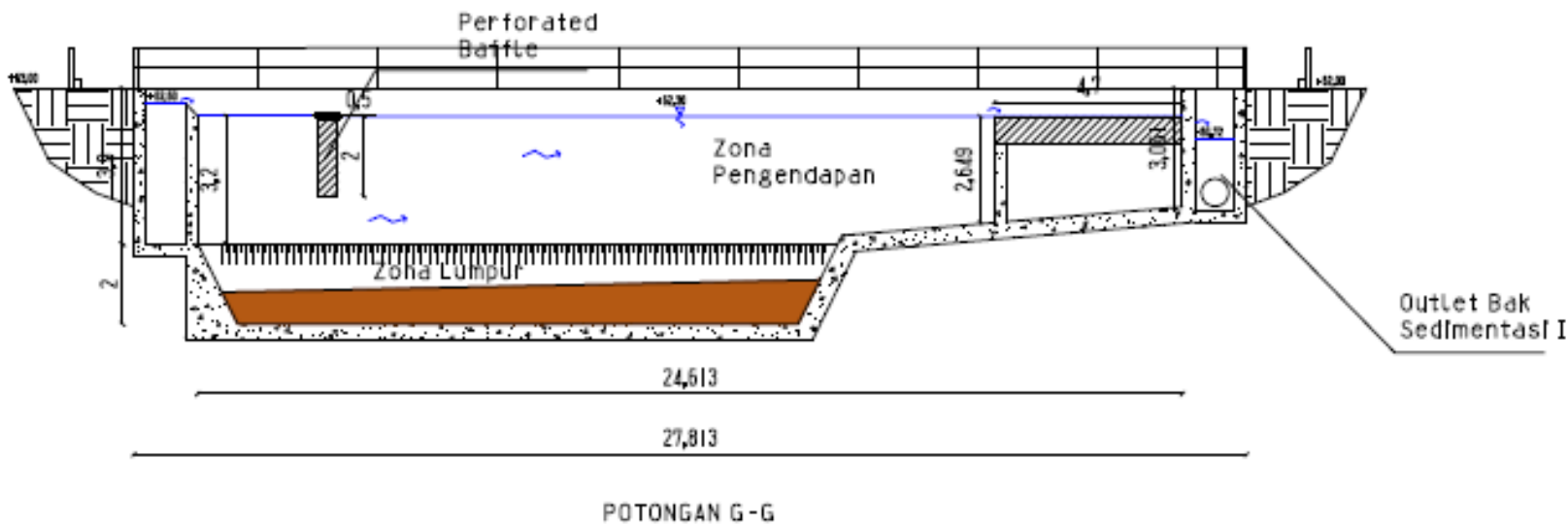
- | | | | |
|---|-----------|---|--------|
|  | Batu Bata |  | Lumpur |
|  | Beton | | |
|  | Tanah | | |

NO. LAMPIRAN

II

SKALA

1:20





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
DAN KEBUMAHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

LAYOUT BAK ANOXIC

LEGENDA

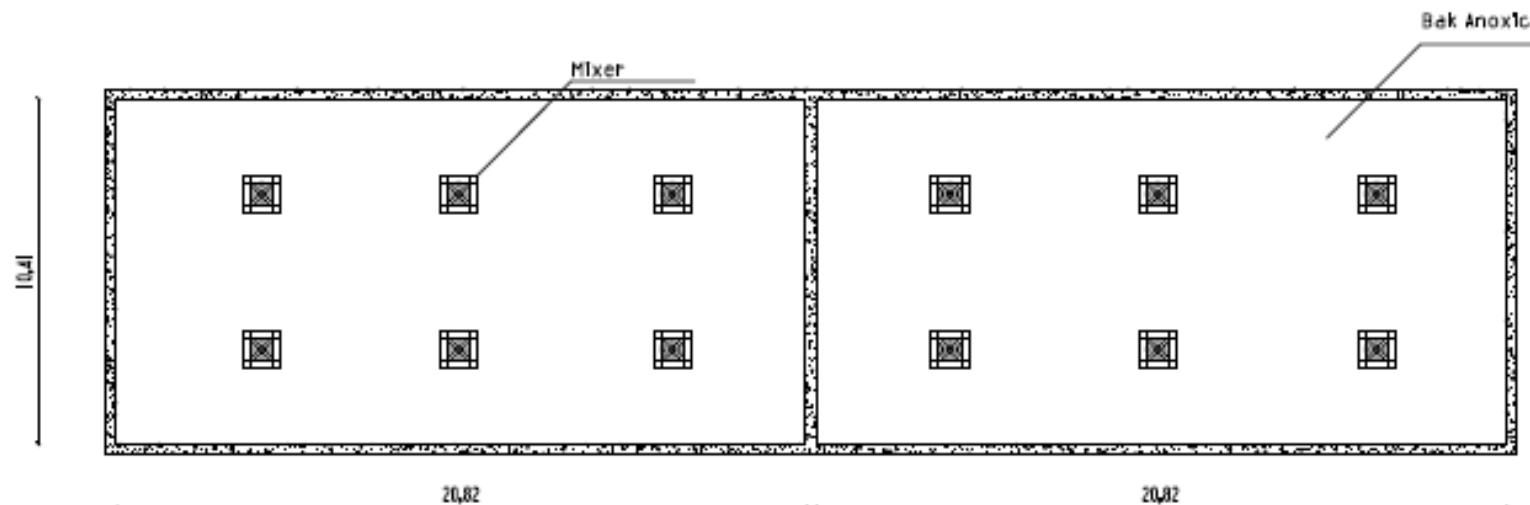
 Beton

NO. LAMPIRAN

12

SKALA

1:10





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMAHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

POTONGAN BAK ANOXIC

LEGENDA

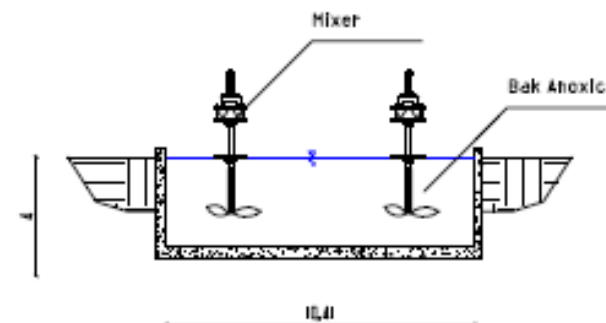
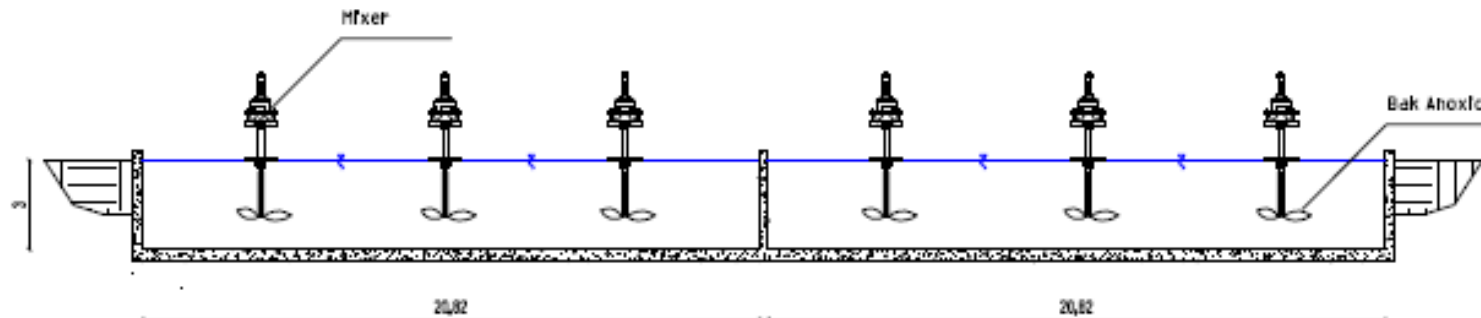
-  Beton
-  Tanah

NO. LAMPIRAN

13

SKALA

1:10





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMAHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 0321164000026





DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

LAYOUT BAK AERASI

LEGENDA

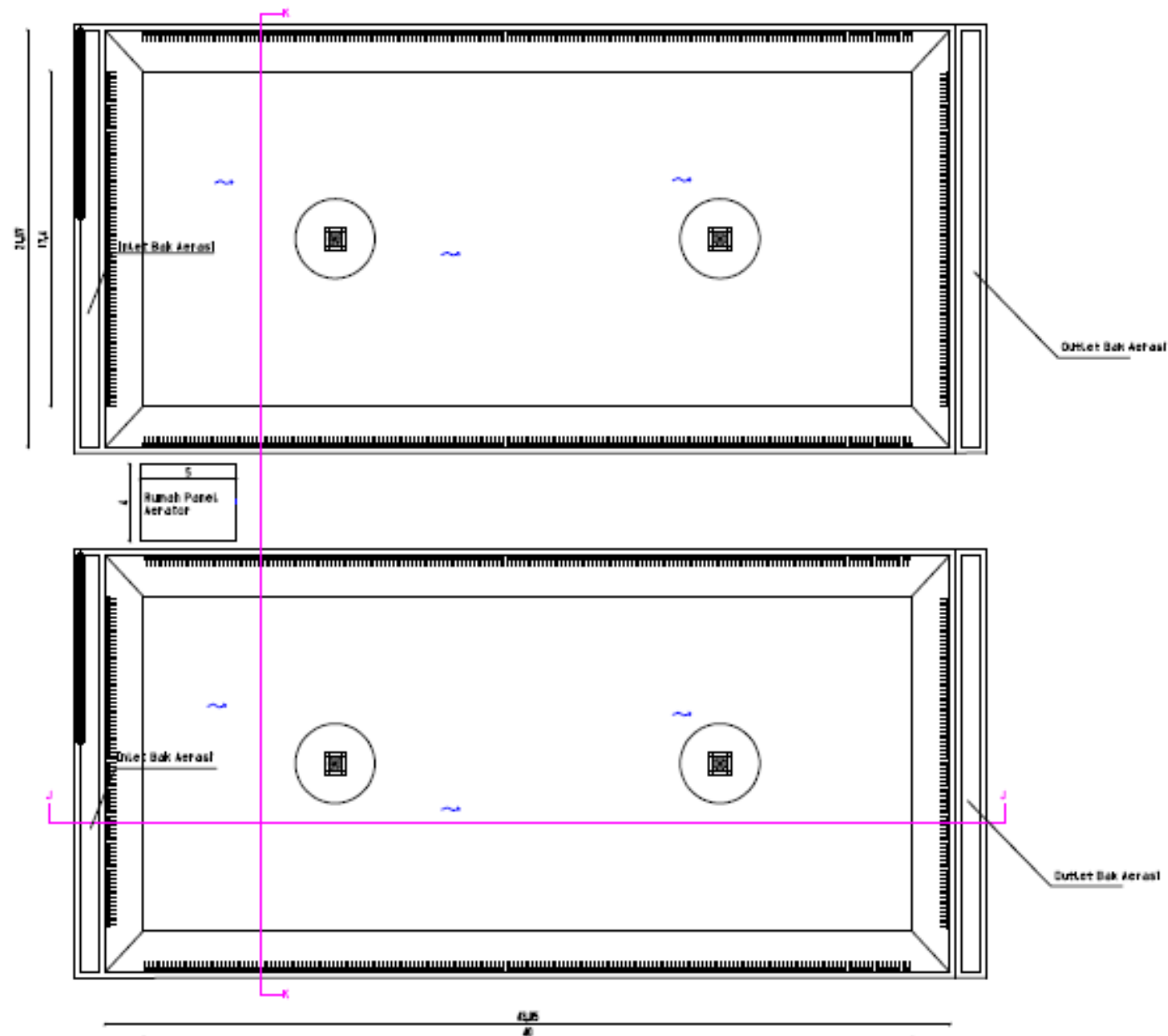
- | | |
|---|---|
|  Batu Bata |  SURFACE AERATOR |
|  Beton | |
|  Tanah | |

NO. LAMPIRAN

1a

SKALA

1:35





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MALLANA DYANDI SATRIA PRADANA
NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

Layout Bak Aerasf

LEGENDA

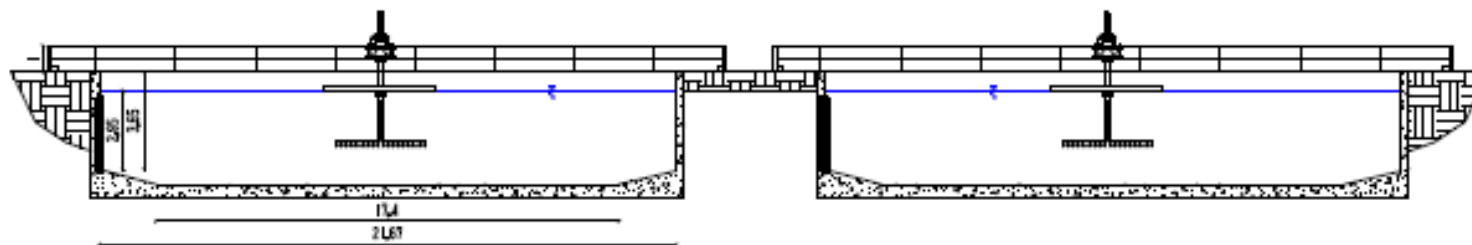
-  Batu Bata
-  Beton
-  Tanah

NO. LAMPIRAN

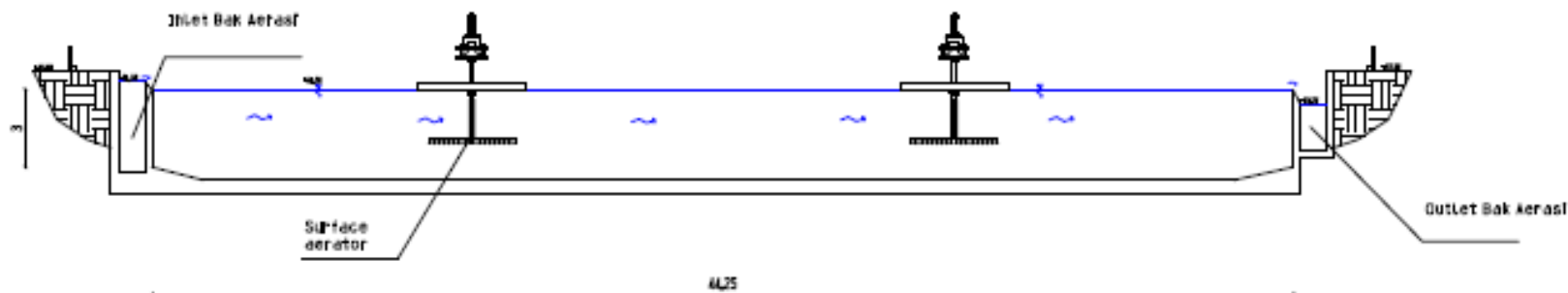
15

SKALA

1:30



POTONGAN J-J



POTONGAN K-K



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
DAN KEBUMAHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

LAYOUT BAK SEDIMENTASI II

LEGENDA

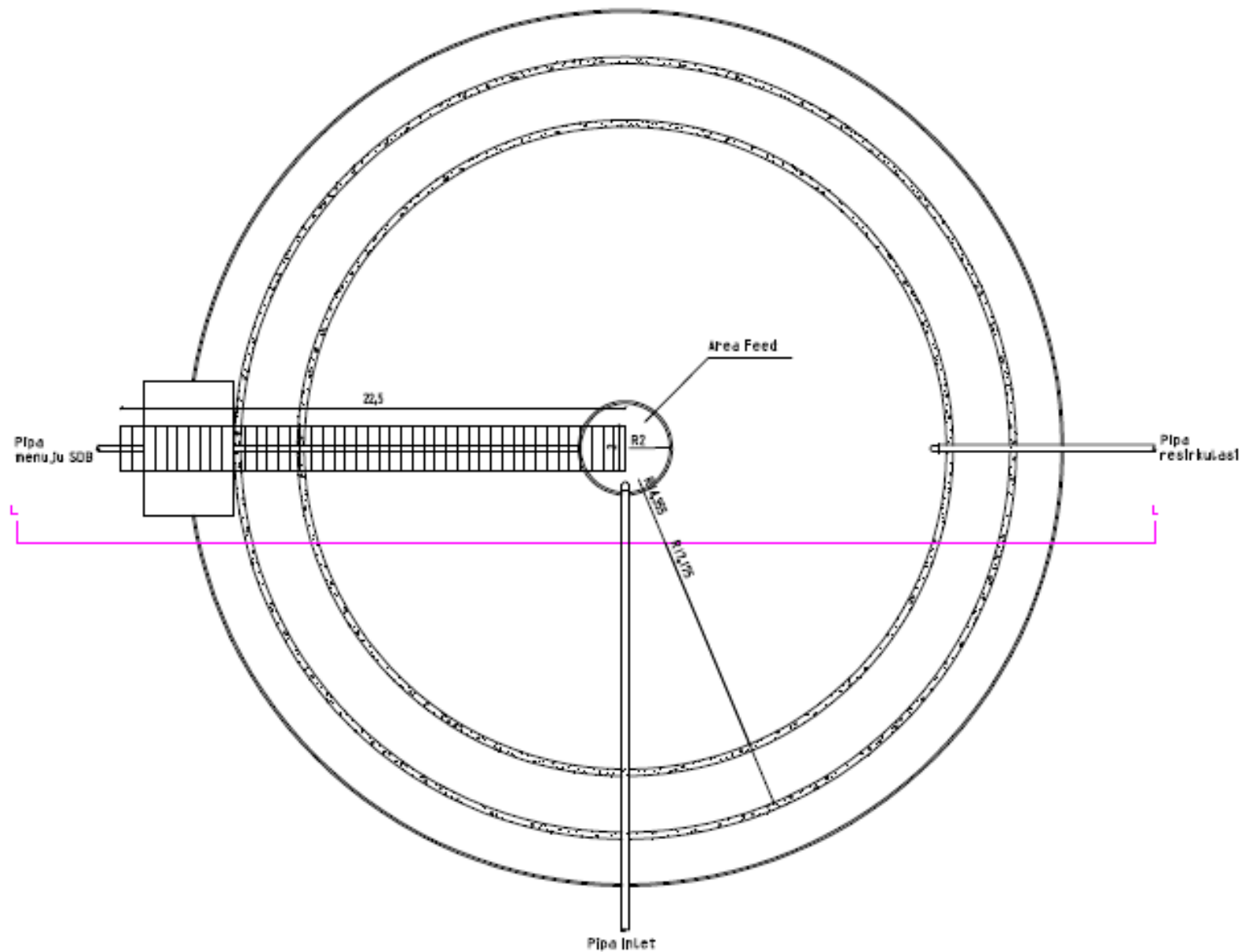
 Beton

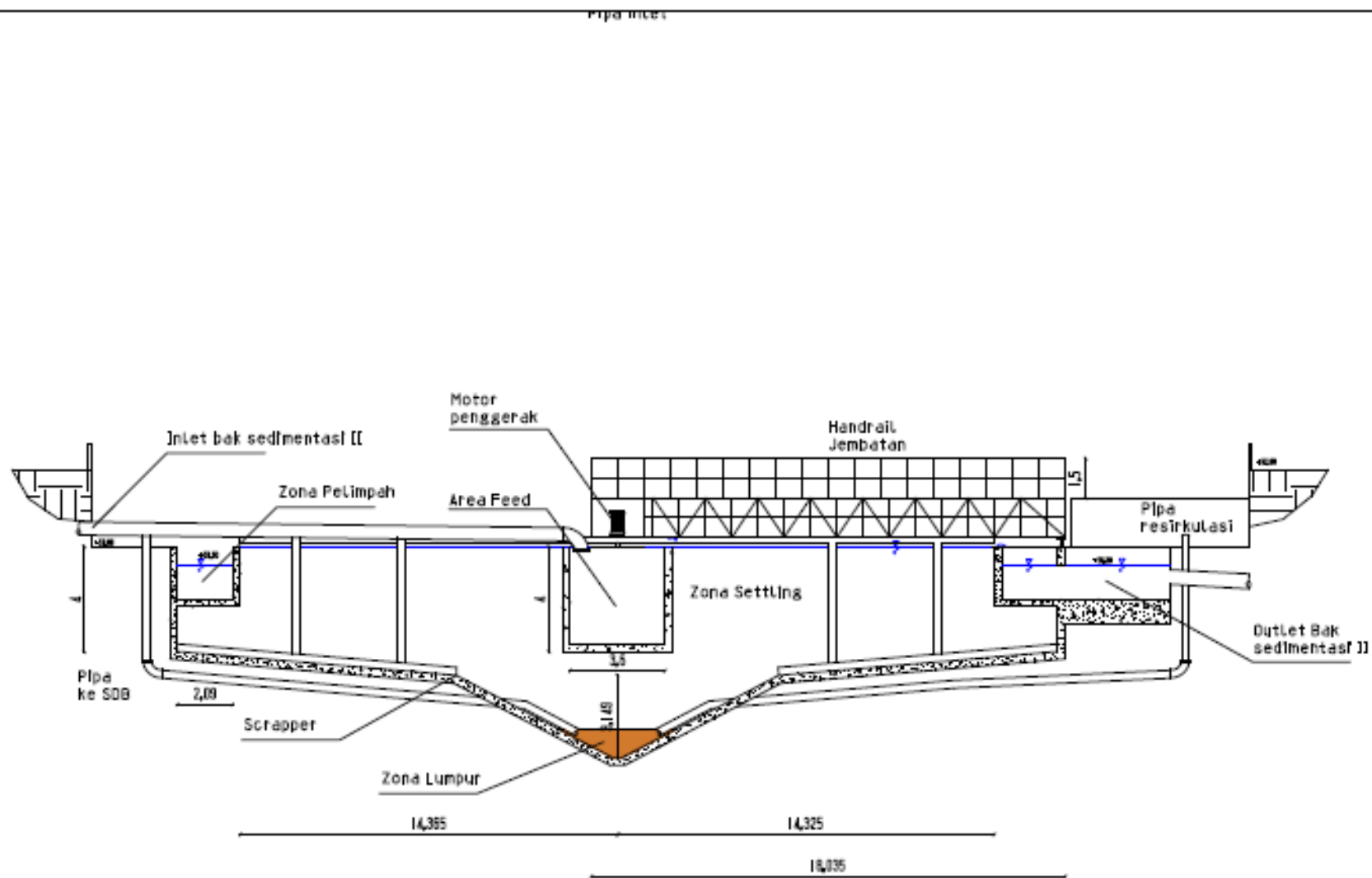
NO. LAMPIRAN

16

SKALA

1:30





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMAHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

Potongan Bak Sedimentasi I

LEGENDA

-  Beton
-  Tanah
-  Lumpur

NO. LAMPIRAN

SKALA

17

1:30



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMAHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

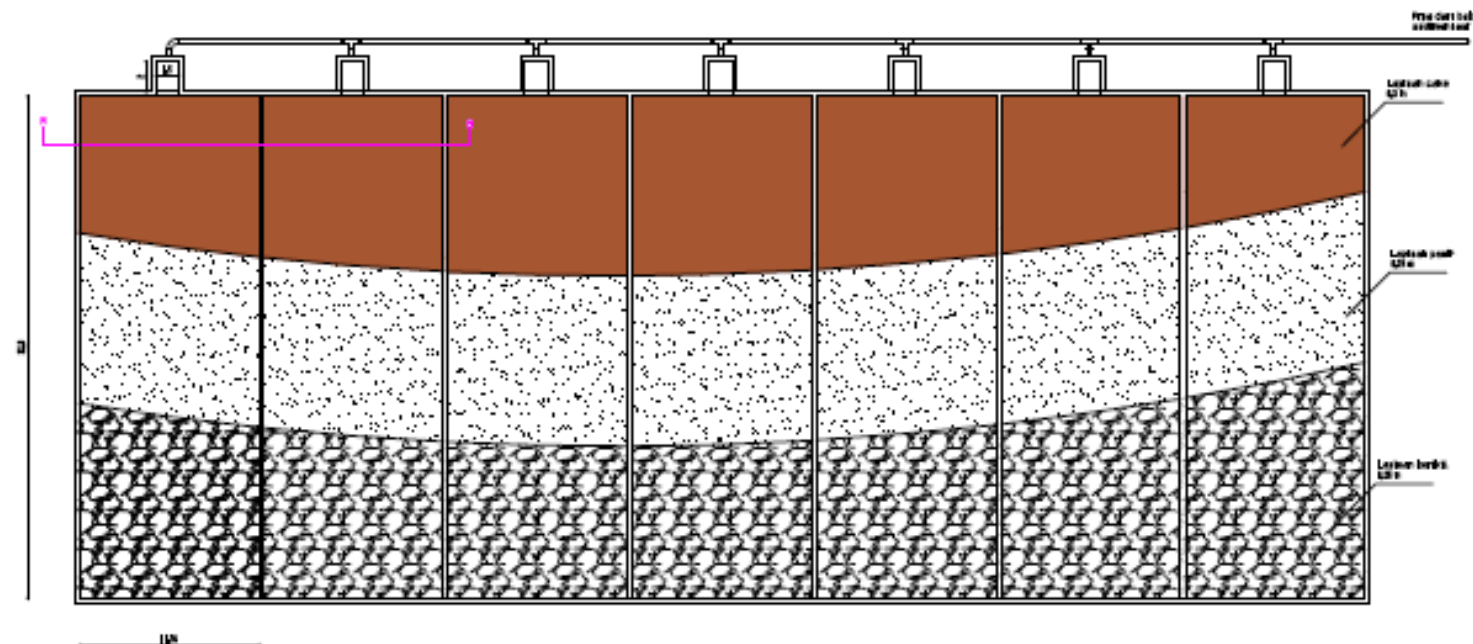
Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

LAYOUT SOB

LEGENDA

 Beton	 Kerikil
 Pasir	
 Lumpur	



NO. LAMPIRAN

18

SKALA

1:50



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
DAN KEBUMAHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIJA PRADANA
NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

POTONGAN SDB

LEGENDA

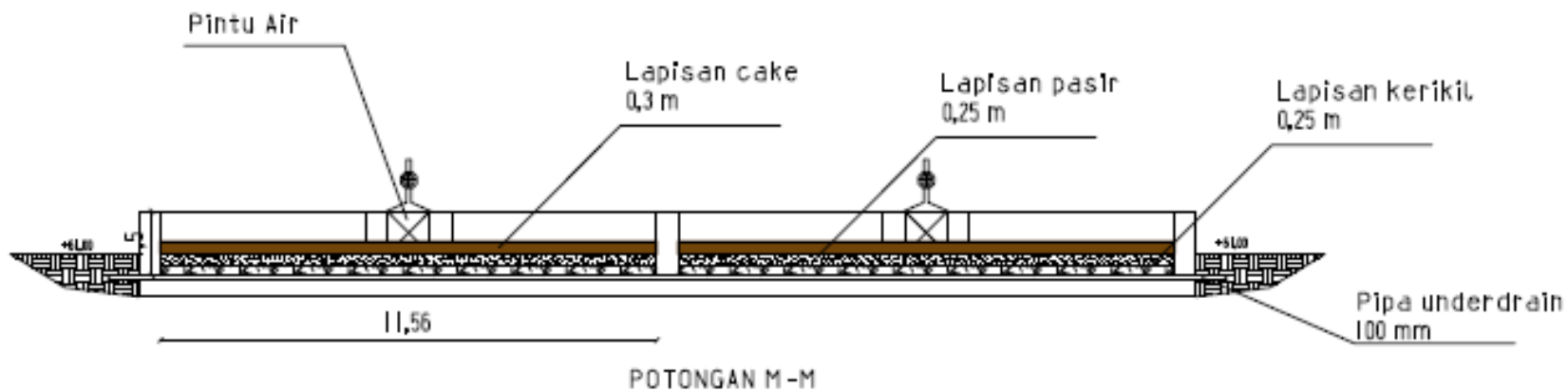
Beton	Kerikil
Pasir	
Lumpur	

NO. LAMPIRAN

19

SKALA

1:20





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

Layout Desinfeksi

LEGENDA

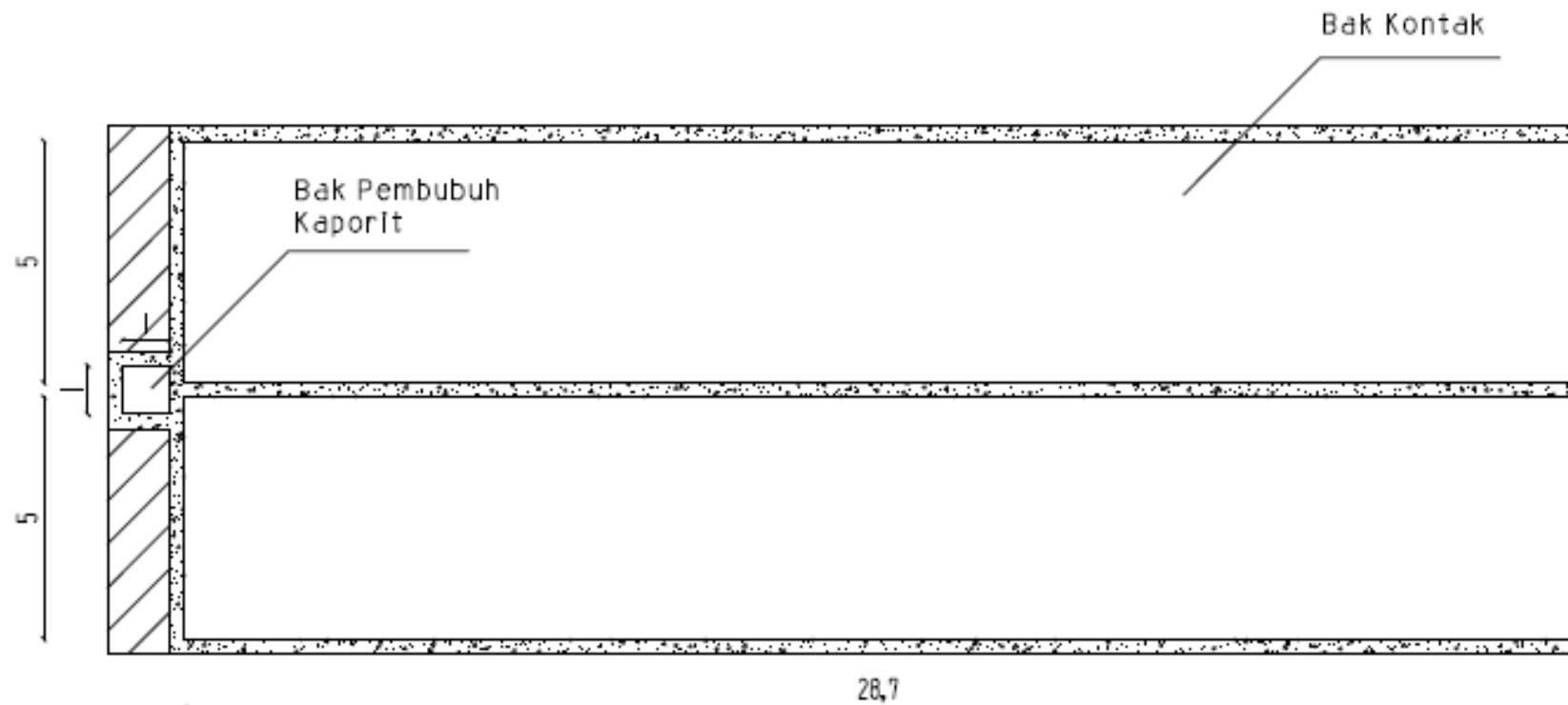
-  Beton
-  Batu Bata
-  Tanah

NO. LAMPIRAN

20

SKALA

1:15





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
SURABAYA

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
NRP 0321164000026

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

Potongan Bak Desinfeksi

LEGENDA

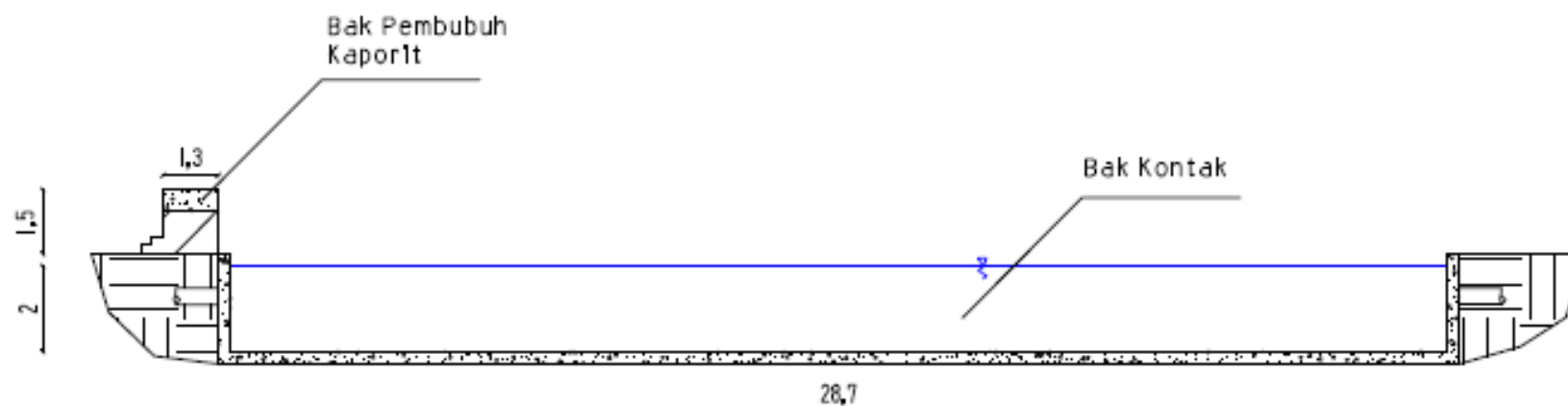
-  Beton
-  Batu Bata
-  Tanah

NO. LAMPIRAN

21

SKALA

1:20





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN
 DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
 NOPEMBER
 SURABAYA

TUGAS AKHIR
 PERENCANAAN PENINGKATAN KAPASITAS
 PENGOLAHAN IPAL DOMESTIK SEWON,
 BANTUL, YOGYAKARTA

MAHASISWA

MAULANA DYANDI SATRIA PRADANA
 NRP 0321164000026

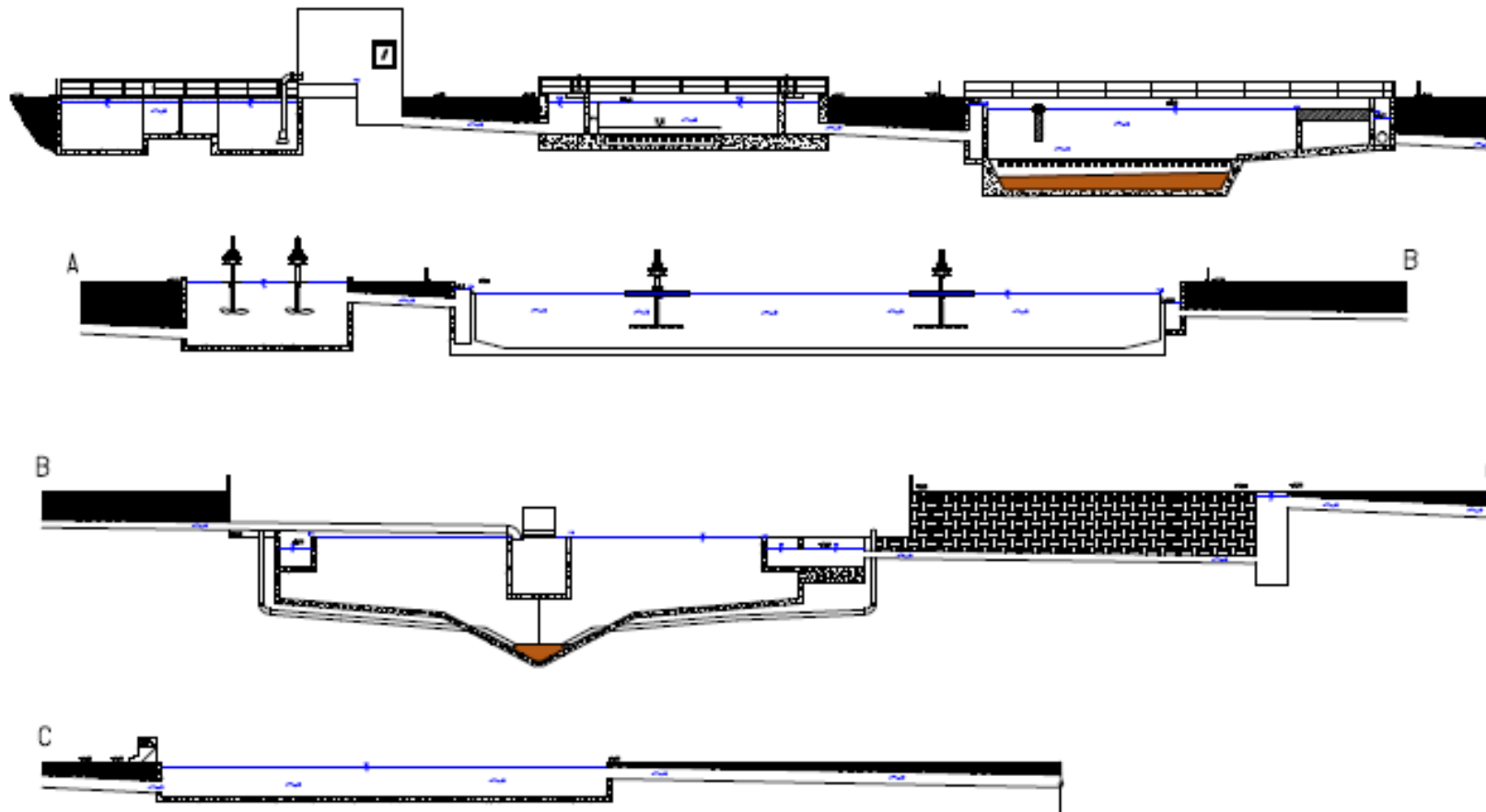
DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. AGUS SLAMET, M.Sc

JUDUL GAMBAR

PROFIL HIDROLIS

LEGENDA



NO. LAMPIRAN

22

SKALA

1:100

BIOGRAFI PENULIS



Penulis merupakan mahasiswa kelahiran Magelang, 3 Juli 1998, anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah lulus dari pendidikan dasar pada tahun 2004-2010 di SD Negeri Kedungsari 3 Kota Magelang. Kemudian dilanjutkan menempuh sekolah menengah pertama di SMP Negeri 2 Kota Magelang pada tahun 2010-2013. Lalu menempuh pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Kota Magelang dari tahun 2013-2016. Setelah lulus SMA, penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan, ITS, Surabaya, terdaftar dengan NRP. 03211640000026.

Selama perkuliahan, penulis aktif di berbagai kegiatan di internal maupun eksternal Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) sebagai *Steering Committee* (SC) HMTL dan AI Kaun sebagai Kepala Divisi Kaderisasi. Penulis juga aktif berpartisipasi dalam kegiatan perlombaan dan seminar internasional di ITS maupun luar ITS. Penulis pernah menjadi asisten Laboratorium Teknologi Pengolahan Air pada mata kuliah Kimia Lingkungan. Berbagai pelatihan sering dilakukan dalam rangka pengembangan diri. Penulis berharap dengan penulisan dari laporan tugas akhir ini dapat menjadi rekomendasi kepada pihak instansi terkait, Balai PIALAM untuk bisa melakukan pengembangan sanitasi khususnya di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Penulis dapat di hubungi melalui email pradanadyandi@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Maulana Dyandi Satria
Pradana
NRP : 0321164000026
Judul : Perencanaan Peningkatan
Kapasitas Pengolahan IPAL
Sewon, Bantul, Yogyakarta

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	10-02-20	Penentuan titik sampling IPAL Sewon	
2	12-02-20	Diskusi dan penentuan metode sampling	
3	13-02-20	Diskusi terkait metode sampling (2)	
4	24-03-20	Pemaparan hasil survei lapangan	
5	28-03-20	Pemaparan hasil uji kualitas air limbah dan analisis awal	
6	15-04-20	Asistensi perhitungan dan preliminary sizing	
7	28-04-20	Asistensi analisis perhitungan	
8	03-05-20	Asistensi BAB IV Hasil dan Pembahasan	

9	12-05-20	Asistensi perhitungan detail unit pengembangan IPAL Sewon	
10	26-05-20	Asistensi persiapan seminar kemajuan TA	
11	05-06-20	Asistensi dan persiapan presesntasi seminar kemajuan TA	
12	06-07-20	Diskusi dan penentuan unit pengolahan biologis	
13	02-08-20	Diskusi terkait penyadapan sumur pengumpul baru	
14	05-08-20	Asistensi Draft POMITS	

Surabaya, 7 Agustus 2020
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc.

SARAN DAN PERBAIKAN

Lisan Air

Lab Teknologi Pengolahan Air

Input NRP anda (tanpa spasi, format: 32xxxxxxxxxx)

321164000026

Maulana Dyandi Satria Pradana (321164000026)

Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc

Saran:

Ikuti saran perbaikan dari Bapak - bapak penguji

LULUS

Dosen Penguji 1: Adhi Yuniarto, ST., MT., PhD

Saran:

Lihat lebih lanjut

LULUS

Dosen Penguji 2: Alfian Purnomo, ST, MT:

Saran:

Lihat lebih lanjut

LULUS